

■ WHITEPAPER

Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management

BEDEUTUNG VON DATEN IM ZEITALTER DER DIGITALISIERUNG

WHITEPAPER

BEDEUTUNG VON DATEN IM ZEITALTER DER DIGITALISIERUNG

■ WHITEPAPER

BEDEUTUNG VON DATEN IM ZEITALTER DER DIGITALISIERUNG

Die wachsende Bedeutung der Ressource Daten in der Erstellung hybrider oder rein digitaler Geschäftsmodelle stellen Unternehmen stetig vor neue Herausforderungen. Die Perspektive Daten des Leistungszentrums Logistik und IT unterstützt die Unternehmen durch eine ganzheitliche und wissenschaftlich fundierte Betrachtung von der Modellierung über die Architektur und Verwendung konkreter Technologien.

FUTURE CHALLENGES IN LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Die Schriftenreihe »Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management« greift aktuelle Herausforderungen auf, beleuchtet Trends und fokussiert neuartige Technologien sowie Geschäftsmodelle.

Die verschiedenen Ausgaben der Schriftenreihe zeichnen das Zukunftsbild einer innovativen Branche, das von Forschung und Praxis gestaltet und gelebt wird.

AUTOREN

Frederik Möller, TU Dortmund
Markus Spiekermann, Fraunhofer ISST
Anja Burmann, Fraunhofer ISST
Heinrich Pettenpohl, Fraunhofer ISST
Dr. Sven Wenzel, Fraunhofer ISST

DOI

10.24406/IML-N-462115

HERAUSGEBER

Prof. Dr. Dr. h. c. Michael ten Hompel
Prof. Dr. Michael Henke
Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

KONTAKT

Fraunhofer-Institut für Materialfluss
und Logistik IML

Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2–4
44227 Dortmund

schriftenreihe@iml.fraunhofer.de
+49 231 9743-285

WHITEPAPER

BEDEUTUNG VON DATEN IM ZEITALTER DER DIGITALISIERUNG

■ WHITEPAPER

BEDEUTUNG VON DATEN IM ZEITALTER DER DIGITALISIERUNG

Von der Güter- zur Informationslogistik	1
Bedeutung von Daten im Wandel der Zeit.	2
Methoden der Perspektive Daten	3
Digital Business Engineering	4
Data Network Engineering	6
Advanced Data Processing Technologies	8
Stand der Forschung	10
Digital Business Engineering	10
Data Network Engineering	11
Advanced Data Processing Technologies	13
Ausblick auf zukünftige Themen.	16
Daten verändern die Gesellschaft	17
Literaturverzeichnis	18

Logistik als zentrale Wissenschaft der industriellen Zukunft etablieren

Der Wissenschaftsstandort Dortmund erfährt durch die Aktivitäten des **Leistungszentrums Logistik und IT** eine nachhaltige Weiterentwicklung, indem die Zukunftsfragen der Logistik und der Informationslogistik adressiert und deren Forschungsstand am Standort reflektiert werden. Dabei werden aktuelle Forschungsfelder und -fragen aufgezeigt und auf neue verwiesen.

Dazu tauchen die Akteure des Leistungszentrums Logistik und IT in unterschiedliche Rollen, indem sie die aktuellen sowie zukünftigen Herausforderungen des Themenfeldes aus vier verschiedenen Perspektiven betrachten. Der folgende Beitrag aus dem Bereich der kognitiven Ergonomie ist ein Beispiel für die Untersuchung der Logistik und Informationslogistik aus der Perspektive Mensch.

Das Leistungszentrum Logistik und IT ist eine Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft und wird mit Mitteln der Fraunhofer-Gesellschaft und des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert. Das strategisch aufgehängte Forschungsprojekt ist ein Verbundvorhaben von EffizienzCluster LogistikRuhr, TU Dortmund, Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund, Fraunhofer IML, Fraunhofer ISST und Boehringer Ingelheim.

Die Perspektiven



PERSPEKTIVE MENSCH

Die Interaktion von Mensch und Maschine ist in der Logistik ein wichtiger Bestandteil heutiger Systeme. Jetzt gilt es, die Stärke von Mensch und Technik zu kombinieren.



PERSPEKTIVE PROZESSE UND SYSTEME

Die Digitalisierung stellt Herausforderungen an die Ausführung und das Management von Prozessen – auf Ebene der Geschäftsprozesse wie auf Ebene des Shop-Floors.



PERSPEKTIVE PLANUNG, SIMULATION & STEUERUNG

Um eine effiziente Planung und Steuerung der logistischen Systeme entlang der Liefernetze zu gewährleisten, ist eine stringente Verknüpfung von Logistik und IT unabdingbar.



PERSPEKTIVE DATEN

Daten sind das neue Öl: Im Zeitalter der Digitalisierung besitzen sie einen immer größeren Anteil am Wertschöpfungsprozess von Produkten und Dienstleistungen.

BEDEUTUNG VON DATEN IM ZEITALTER DER DIGITALISIERUNG

Von der Güter- zur Informationslogistik

Daten gewinnen in Logistikprozessen immer weiter an Bedeutung. Während Anfang der 1970er Jahre Daten unterstützend eingesetzt wurden, sind Daten heute gleichzeitig wertvolle Ressource als auch finales Produkt. Im Zeitalter der Digitalisierung kommen neue Arten von Produkten und Dienstleistungen auf. Während vormals das physische Produkt im Zentrum stand, sind heute komplementäre Dienstleistungen, Softwareprodukte oder Daten als Produkte hoch gefragt. Abbildung 1 verdeutlicht die Entwicklung des Wertbeitrages von Daten über die Zeit. Um erfolgreich zu werden und zu bleiben, müssen Unternehmen auf die Digitalisierung vorbereitet sein. Infrastruktur, Kompetenzen und Technologien müssen in Unternehmen effektiv und effizient implementiert werden. Prozesse, Rollen und Organisationsstrukturen müssen evaluiert und auf die neuen Herausforderungen angepasst werden. Eine signifikante Rolle spielen dabei die Prozesse der Informationslogistik und effizienter Data Supply Chains.

Im Gegensatz zur klassischen Güterlogistik befasst sich die Informationslogistik mit Informationsflüssen in Organisationsstrukturen. Das Ziel der Informationslogistik ist die Versorgung aller erforderlichen Akteure in einer Organisation oder zwischen Organisationen mit den relevanten Daten zum richtigen Zeitpunkt ([10], S. 1).

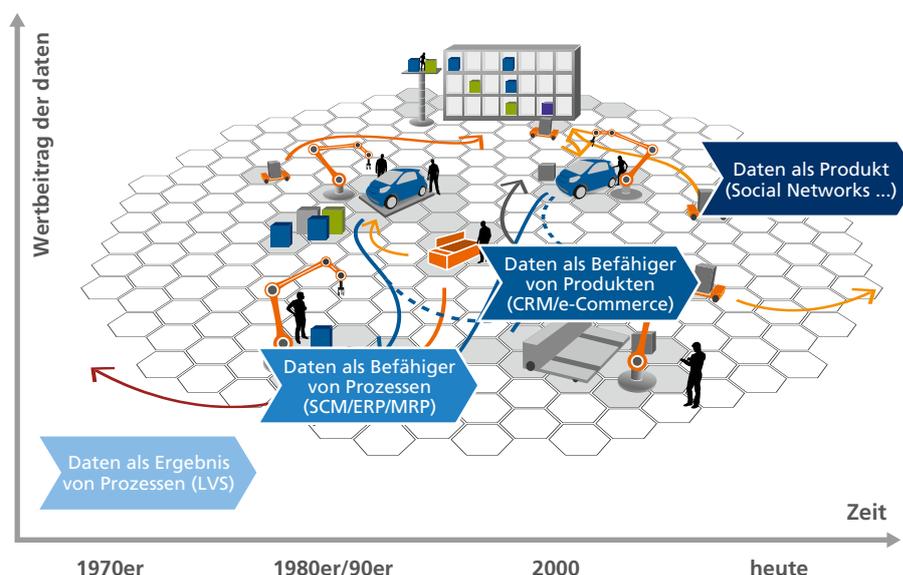


Abbildung 1
Die Rolle der Daten in
der Digitalisierung [11].

Bedeutung von Daten im Wandel der Zeit

Die deutsche Wirtschaft kann ihre Wettbewerbsposition nur über Innovationen halten und weiter ausbauen. Ziel ist es, sowohl Leitanbieter für intelligente Produktion und Logistik, als auch Leitmarkt für intelligente Produkte zu sein [1]. Mit dem Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“ fördert die deutsche Bundesregierung die Erschließung dieser neuen Form der Industrialisierung und damit den digitalen Strukturwandel der gesamten Wirtschaft. Die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien wird von der Gesellschaft als selbstverständlich angesehen. Durch die ständig wachsende Menge an Daten aus verschiedensten Lebensbereichen können Produkte und Dienstleistungen digital erweitert und miteinander verknüpft werden. Dieser Entwicklung entsprechend findet auch auf wirtschaftlicher Ebene eine Kehrtwende, von der klassischen Produkt- und Servicezentrierung hin zu einer Fokussierung auf den individuellen Konsumenten und ein auf dessen Bedürfnisse maßgeschneiderten Lösung, statt. Die Schnittstellen zwischen den einzelnen Akteuren, vor allem diejenigen zum Kunden, müssen dafür neu definiert werden. Eine Durchgängigkeit der Leistungsangebote entlang des gesamten Kundenprozesses gewinnt dabei stetig an Bedeutung. Die Grenzen zwischen physischen Produkten und klassischen wie auch digitalen Dienstleistungen verschwimmen und eröffnen neue Chancen und Risiken bei der Bindung des Kunden nicht nur an ein Produkt, sondern an ein ganzheitliches Wertesystem. Daten können in diesem Zusammenspiel das Bindeglied zwischen industrieller Produktion und Dienstleistungen darstellen. Um bei der aktiven Transformation zu einem vernetzten Industrie- und Dienstleistungssektor eine führende Rolle zu spielen, sind weitere Anstrengungen notwendig. Um diesem Anspruch gerecht zu werden und immer neu konfigurierbare Wertschöpfungsketten zu ermöglichen, sind neue, digitale Infrastrukturen notwendig. Daten fallen bereits seit der dritten industriellen Revolution in den 1970er Jahren und der damit einhergehenden Einführung von speicherprogrammierbarer Elektronik zur zentralen Steuerung von Produktionsprozessen an. Im Leistungszentrum Logistik und IT beschäftigt sich die Perspektive Daten damit den Wandel der Rolle von Daten in wertschöpfenden Prozessen aus dem historischen Verlauf von Daten als Prozessergebnis, über Daten erst als Prozessbefähiger und dann als Produktbefähiger hin zu Daten selbst als Produkt zu beschreiben und aktiv zu gestalten. Ziel ist es, relevantes Systemwissen über neue datenzentrierte Geschäftsmodelle aufzubauen. Im Fokus liegen dabei die Anbindung dieser Geschäftsmodelle an physische Services, die damit einhergehenden neuen Anforderungen an Daten, sowie die Erforschung von technologischen Grundbausteinen zur Verarbeitung von Daten. Die im Rahmen der Perspektive betrachteten drei Schwerpunktthemen Advanced Data Processing Technologies, Digital Business Engineering und Data Network Engineering fügen sich zu einer ganzheitlichen Erfassung der neuen Rolle von Daten in Wertschöpfungsketten zusammen.

Methoden der Perspektive Daten

Die Arbeitspakete der Perspektive Daten haben die Zielsetzung, aktuelle Forschungsgegenstände im Bereich Daten in der Informationslogistik zu identifizieren und zu erforschen. Dazu bedarf es einer fundierten Forschungsbasis aus der Wissenschaft und Theorie. Zusätzlich bedarf es der Erfassung praxisnaher Forschungsfragen, welche in Kooperation mit der Industrie angegangen werden.

Wissenschaftliche Forschung in Kooperation mit Partnern aus der industriellen Praxis erfordert den Einsatz strukturierter Methoden. Im Folgenden werden konkrete Methoden vorgestellt, welche den Forschungsprozess prägen. Relevante Zielsetzung für die Perspektive Daten ist bei der verwendeten Methoden die nachstehende ([12], S. 274):

Transfer zwischen Wissenschaft und Praxis: Der Wissensaustausch zwischen Wissenschaft und Praxis ist ein zentrales Element der Konsortialforschung. Die Konsortialforschung wird in folgende Phasen gegliedert:

- ▷ Analysephase: In der Analysephase wird, ausgehend von einer initialen Idee, ein ganzheitlicher Forschungsplan entwickelt. Sowohl beteiligte Wissenschaftler als auch Praktiker stimmen das erklärte Forschungsziel ab. Daten werden in Einzel- und Experteninterviews erhoben, sowie in Konsortium übergreifenden Workshops diskutiert.
- ▷ Gestaltungsphase: Die Gestaltungsphase beinhaltet die Entwicklung von Artefakten nach den Prinzipien der Design Science Research Methodology. Einhergehend mit der Gestaltung, wird eine fortwährende Evaluierung der Artefakte im Einklang mit Praxispartnern vorausgesetzt. Dieser iterative Prozess ermöglicht eine kontinuierliche Überarbeitung des Artefakts bis ein Stand erreicht ist, mit dem alle Partner zufrieden sind.
- ▷ Evaluationsphase: Die Evaluationsphase prüft den erreichten Forschungsstand gegen die initial definierten Forschungsziele. Das Verhältnis von Forschungsstand zu Forschungsziel wird entweder durch praktische Pilotierung des Artefakts in der Praxis oder durch Evaluierung in Experteninterviews quantifiziert.
- ▷ Diffusion: Die Perspektive zielt darauf ab, ihre Ergebnisse in Veröffentlichungen der Allgemeinheit zugänglich zu machen. Dementsprechend zielt die vierte Phase der Konsortialforschung darauf ab, die Ergebnisse sowohl in der Wissenschaft, als auch in den beteiligten Partnerunternehmen zu veröffentlichen.

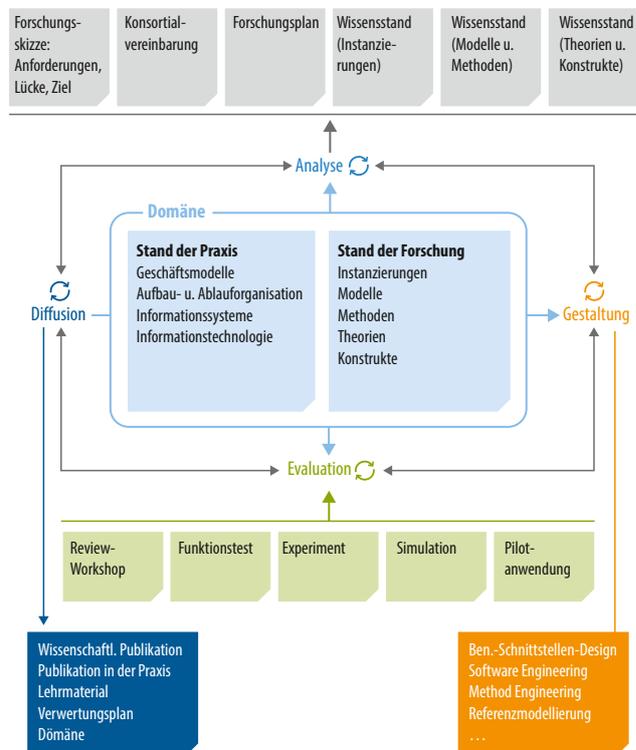


Abbildung 2
Konsortialforschung nach
Otto & Österle ([12], S. 278)

Entwicklung von Methoden auf Basis gestaltungsorientierter Prinzipien: In der Konsortialforschung gestaltete Artefakte werden basierend auf in der Literatur anerkannten Prinzipien entwickelt. Gestaltungsorientierten Ansätzen wie beispielsweise dem Methoden-Engineering wird die Konstruktion von Methoden zugrunde gelegt. Das Methoden-Engineering teilt eine Methode in ihre konzeptuellen Bauelemente Aktivitäten, Rollen, Ergebnisdokumente, Techniken und Metamodelle ein ([13], S. 13).

DIGITAL BUSINESS ENGINEERING

Im Zeitalter der Digitalisierung nehmen Daten eine zentrale Rolle in der Entwicklung von Geschäftsmodellen und Produkten ein ([2], S. 10). Eine erfolgreiche digitale Transformation von Organisationsstrukturen, Prozessen und Geschäftsmodellen ist daher essentiell, um im Zeitalter der Digitalisierung erfolgreich zu werden und zu bleiben [3–8].

Ziel der Forschung ist die Entwicklung einer Methode zur gesamtheitlichen Gestaltung von digitalen Geschäftsmodellen.

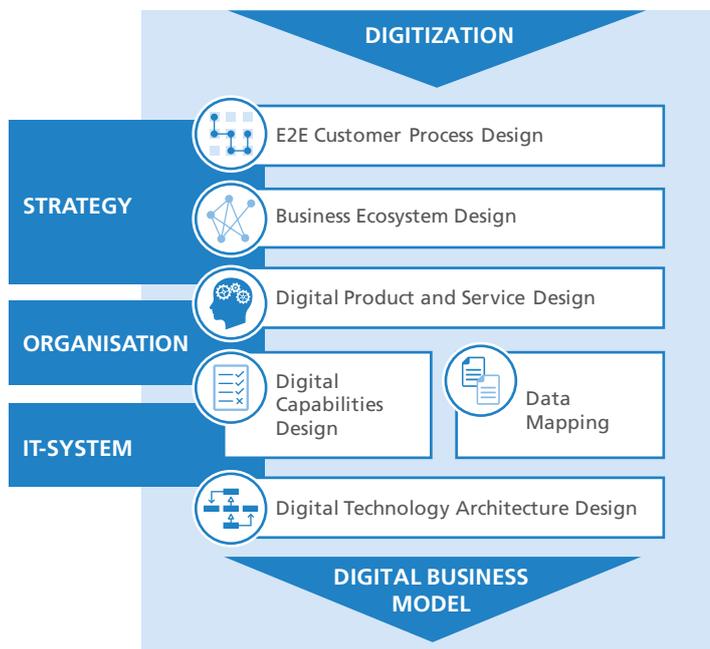


Abbildung 3
Die Methode Digital Business Engineering unterstützt Unternehmen bei der digitalen Transformation.

Ausgangslänge für die Forschung an der Methode Digital Business Engineering (DBE) ist die Identifikation von Forschungslücken bereits bestehender Ansätze des Business Engineering. Dazu werden etablierte Ansätze ausgewählt und auf ihr Anwendungspotenzial hinsichtlich konkreter Anforderungen der Digitalisierung überprüft. Anforderungen werden unter anderem aus der Umsetzungsempfehlung Smart Service Welt von der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften und aus der Erfahrungen in der praktischen Anwendung abgeleitet [9].

Forschungsgegenstände im Digital Business Engineering umfassen die Identifikation sowie ökonomische Bewertung von Daten. Weiterhin werden Techniken entwickelt, welche das Design von digitalen Produkten und Dienstleistungen ingenieurmäßig unterstützen. Die Produktion hybrider Leistungsbündel fordert von klassischen Unternehmen ein neues Repertoire an digitalen und organisationalen Kompetenzen (Capabilities). Capabilities müssen einerseits aufgebaut oder durch Vernetzung mit weiteren Unternehmen komplementiert werden. Die Erforschung der Verknüpfungslogik zwischen Product Service Systems und zu ihrer Produktion notwendiger Capabilities ist eine zentrale Fragestellung des Digital Business Engineering. Die Bereitstellung und Produktion hybrider Leistungsbündel, digitaler Produkte oder digitaler Dienstleistungen bedarf der Konstruktion von Informations- und Datenarchitekturen. Dem zugrunde liegt die Entwicklung strukturierter Data-maps, mit welchen interne und externe Datenquellen identifiziert und visualisiert werden.

Die Forschung im DBE erstreckt sich weiterhin auf die Identifikation und Entwicklung geeigneter Techniken, um Ergebnisse für jede Aktivität zu produzieren. Techniken fungieren dem Anwender als Anleitung. Beispiele für Techniken sind Customer Journey Analysis, Network Analysis, Business Model Canvas, Capability Reference Modeling, Data Mapping oder Digital Architecture Design.

DATA NETWORK ENGINEERING

Das Data Network Engineering unterstützt bei der Umsetzung von digitalen Geschäftsprozessen. Ziel ist der möglichst einfache Aufbau von Datennetzwerken, um die Daten von ihrer Quelle zum Verarbeitungs- oder Verwertungsort zu bringen. Wir sprechen in diesem Fall auch von der Data Supply Chain – Datenlieferkette. Wie bei einer klassischen Lieferkette für Güter können auch Daten angepasst, umgewandelt, gelagert, verkauft und verarbeitet werden. Wie eine solche Data Supply Chain in Gänze aussieht und wie man sie erstellt ist Ziel des Data Network Engineerings. Hierzu sind folgende Teilziele gesetzt worden:

- ▷ Archetypen und Musterkomponenten von Data Supply Chains identifizieren und deren Rolle für Optimierungspotenziale herausarbeiten
- ▷ Betrachtung der zugrundeliegenden Daten als Wirtschaftsgut um digitale Geschäftsmodelle zu fördern
- ▷ Verbesserungen der Methodik bei Integration, Transformation und Auffindbarkeit von Datenquellen
- ▷ Berücksichtigung interdisziplinärer Aspekte des Leistungszentrums zur Förderung von Synergieeffekten

Aus den Zielen ergeben sich folgende Eckpunkte:

1. Beschreibung von Datengütern

In allen Bereichen von Datennetzwerken ist ein einheitliches Verständnis zur Beschreibung von Daten notwendig. Vor allem bei der Optimierung von Data Supply Chains spielt eine standardisierte Beschreibung, genauer der Metadaten, eine wichtige Rolle. Eine Verbesserung der Beschreibung von Metadaten unter anderem durch Entwicklung einer Taxonomie für Daten bildet das Fundament weiterer Aspekte des Data Network Engineering.

2. Erkundung von Datengütern

Der aktuelle Trend von Big Data zeigt auf, dass „vermeintlich irrelevante“ Daten einen konkreten Nutzen haben können. Hierbei spielt die Auffindbarkeit von Daten eine große Rolle. Um (bisher unbekannt) Quellen für die Nutzung in nachfolgenden Geschäftsprozessen aufzufinden und strukturiert bereitzustellen

müssen Methoden entwickelt werden, die diese Daten in heterogenen Landschaften auffindbar machen.

3. **Inventarisieren von Datengütern**

Häufig stehen Datennutzer vor der Herausforderung sich über ein vorhandenes Datenangebot zu informieren. Trotz Technologien wie Enterprise Data Warehousing, cloudbasierten Datenspeichern und Data Lakes bilden sich einzelne Datensilos. Hier müssen praxisorientierte Methoden geschaffen werden, um die Metadaten der Silos zu verbinden und für eine Nutzung verfügbar zu machen. Ein wichtiger Aspekt des Managements von Datenangeboten ist hierbei die Pflege und Verwaltung (Inventarisierung) von Datengütern.

4. **Bewerten von Datengütern**

Der Wert der Daten muss wie in der materiellen Welt messbar sein. Um dies zu erreichen, müssen Indikatoren definiert und Methoden entwickelt werden, die dies für Datengüter ermöglichen. Hierbei sind Indikatoren aus verschiedenen Bereichen zu berücksichtigen. Eine Bewertung ökonomischer Werte, technischer Anbindbarkeit und Qualität der Daten innerhalb von Datennetzwerken bilden die Basis einer systemgestützten Konfiguration von Datenwertschöpfungsketten und Abbildung digitaler Geschäftsmodelle.

5. **Bereitstellung von Datengütern**

Durch die Inventarisierung und Bewertung wird es Anwendern ermöglicht, den konkreten Nutzen einzelner Datengüter für sich zu bestimmen. Daran anschließend müssen die Datengüter in die entsprechenden Wertschöpfungsketten der Anwender integriert werden können. Hierzu ist es notwendig, die entsprechenden Mechanismen bereit zu stellen, die eine Anbindung von Datengütern vereinfachen und somit durch ein gezieltes Scaffolding den Anwender unterstützen.

6. **Konfiguration von Wertschöpfungsketten für Datengüter**

Services und datenintensive Prozesse bilden für neue digitale Geschäftsmodelle die Grundlage unternehmerischen Handelns. Hierbei ist es wichtig, dass eine einfache Möglichkeit besteht, um Digitale Services aus Geschäftssicht zu definieren und diese automatisiert über eine effiziente Anbindung der Infrastrukturen zu erstellen. Dazu sollen Methoden und Werkzeuge entwickelt werden, die auf Basis der Metadaten der Datengüter eine abstrakte Konfiguration der Wertschöpfungsketten ermöglichen.

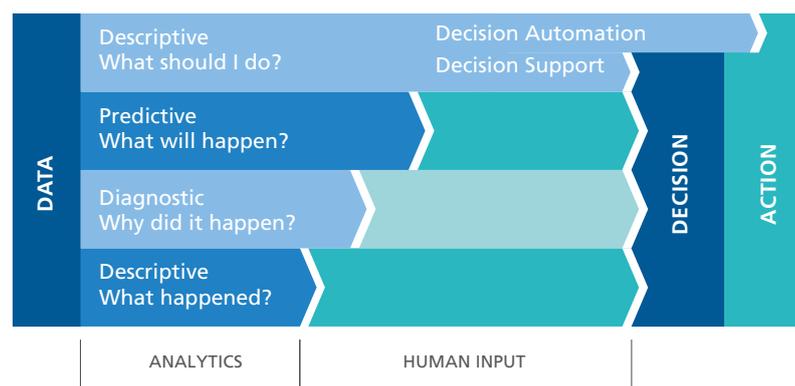
7. Synthese von Datengütern

Zur zielgerichteten und effektiven Verwendung von Daten ist eine bedarfsgerechte Aufbereitung von zentraler Bedeutung. Basierend auf einer umfassenden taxonomischen Beschreibung der Datengüter soll kombinatorische Logik zur automatischen Konfiguration und Synthese von Datengütern und den nachfolgenden Geschäftsprozessen verwendet werden. Dabei sollen die Daten und Prozesse für jeden Anwendungsfall bedarfsgerecht zusammengestellt und orchestriert werden.

ADVANCED DATA PROCESSING TECHNOLOGIES

Im Fokus der Advanced Data Processing Technologies steht die Strukturierung und Bewertung bestehender Verfahren der Datenverarbeitung, die strukturierte Extraktion von Informationen aus Daten und die Modellierung von Informationsbereitstellung im jeweiligen Kontext zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen. Ziel hierbei ist es, nicht mehr nur eine deskriptive Analyse zu erlauben, sondern maßgeblich prädiktive und präskriptive Analysen zu ermöglichen, aus denen direkte Handlungsempfehlungen oder automatisierte Reaktionen abgeleitet werden können. Neben dem „Decision Support“ geht es hauptsächlich, im Sinne der Automatisierung und dem Industrie-4.0-Ansatz, um eine dezentrale „Decision Automation“.

Abbildung 4:
Vom Datum zur Handlung,
nach Gartner



Weiterhin sind rechtlich-regulatorische Aspekte bei der Anwendung datenverarbeitender Verfahren zu berücksichtigen. So ist eine Übertragung von Daten zwischen zwei Akteuren entlang einer Wertschöpfungskette nicht immer oder nur eingeschränkt möglich. Die Erfassung und Einordnung technischer Hürden, z.B. im Internet of Things oder im Bereich Distributed Data Processing, erfordern ebenfalls einer Betrachtung und Bewertung. Ein Ziel der Advanced Data Processing Technologies

aus diesem Bereich heraus ist die Erarbeitung von strukturierten Verfahren zur Erhebung von Daten- und Informationsbedarfen, Anforderungen an diese um eine hochwertige Information zur Verfügung stellen zu können und die Ableitung dafür notwendiger Datenstrukturen unter Berücksichtigung branchenspezifischer Standards. Im Zuge dessen werden verschiedene Methoden der Extraktion von Informationen aus Daten, beispielsweise über die Nutzung natürlicher Sprache mithilfe eines Chatbots, angewandt und evaluiert. Weiterhin sollen Verfahren zum Einsatz gebracht werden, die über den Stand der Deskription hinaus eine Entscheidungs-Automatisierung mithilfe von Prädiktion und Präskription erlauben und somit eine direkte Wertschöpfung im Rahmen von Industrie 4.0 Prozessen ermöglichen. Im Zuge dessen wird eine Einordnung von Entscheidungsautomatisierungsverfahren in den wertschöpfenden Prozess hinsichtlich der Punkte Vertrauen, Zuverlässigkeit und Transparenz nötig sein, um auch branchenspezifische Anforderungen und Standards adressieren zu können. Ein weiterer zu nennender Schwerpunkt ist die Bewertung des Ortes der Datenverarbeitung: die Vor- und Verarbeitung von Daten am Ort der Datenerzeugung gewinnt aus datenschutzrechtlicher und wirtschaftlicher Sicht stetig an Bedeutung. Aus der immer weiter wachsenden Menge an auftretenden Daten ergibt sich bei ökonomischer Betrachtung, d.h. hinsichtlich der auftretenden Kosten sowie der beanspruchten Zeit, der Bedarf Daten nicht erst zentral zu sammeln, sondern am Ort der Datengenerierung einer Verarbeitung zu unterziehen. Aus diesem Grund sollen Verfahren des Remote Processing und Edge-Computing umgesetzt und hinsichtlich der Einordnung in eine Modellstruktur zur Informationsbereitstellung bewertet werden.

Der Bereich Datenverarbeitung bietet heute eine Bandbreite an Methoden und Techniken, um aus Daten Informationen zu extrahieren. Für jeden Anwendungsfall müssen dafür, entsprechend des gegebenen Kontextes, Methoden ausgewählt und bewertet werden, um ein passendes Konzept zu identifizieren. Die Advanced Data Processing Technologies sollen im Rahmen der Perspektive Daten anhand von Anwendungsfällen eine informationslogistische Grundstruktur herausarbeiten, die unter Berücksichtigung von branchenspezifischen Anforderungen entscheidungsunterstützende Informationen und Möglichkeiten zur strukturierten Entscheidungsautomatisierung bedarfsgerecht und entsprechend eines zu beachtenden Kontextes bereitstellt. Herausforderungen wie örtliche und zeitliche Einschränkungen gilt es dabei einzuordnen, zu bewerten und um passende Konzepte zu erweitern. Das umfasst den Ort einer Verarbeitung von Daten und Informationen sowie ökonomische Fragestellungen bei Datenströmen und der Notwendigkeit von Informationsextraktion in Echtzeit.

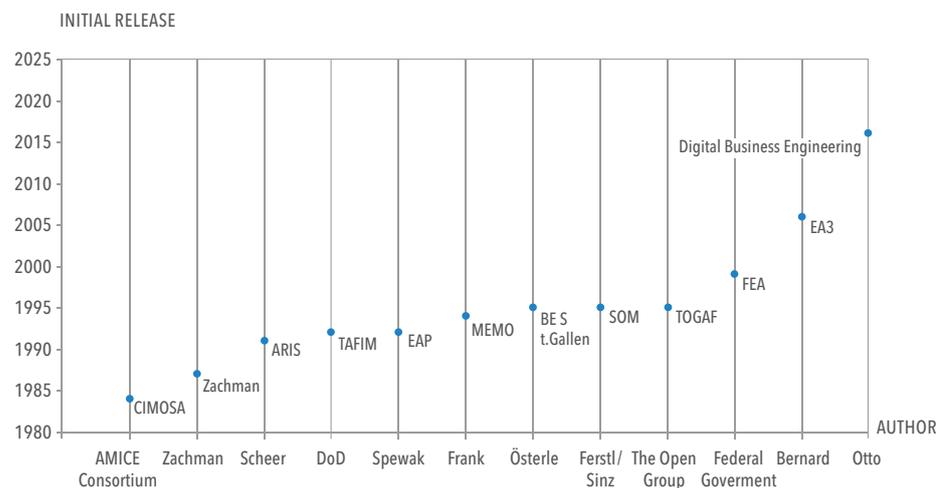
Stand der Forschung

DIGITAL BUSINESS ENGINEERING

Das Business Engineering beschreibt die ingenieurmäßige Gestaltung von Geschäftsmodellen im Informationszeitalter ([14], S. 7). Über die letzten dreißig Jahre entstand eine Vielzahl an Ansätzen des Business Engineering, sowohl im Praxisumfeld als auch in der Wissenschaft. Abbildung 3 zeigt einen Ausschnitt aus dem Repertoire an Methoden und den Zeitpunkt ihrer Veröffentlichung.

Bereits entwickelte Methoden unterscheiden sich hinsichtlich ihres Applikationsspektrums. Methoden wie TOGAF (The Open Group Architecture Framework) unterstützten die Modellierung und Strukturierung der Unternehmensarchitektur, verzichteten aber auf eine detaillierte Definition der Unternehmensstrategie. Im Gegensatz dazu wird die Unternehmensstrategie im St. Galler Ansatz des Business Engineering in einer spezifischen Sicht Geschäftsstrategien mit den zwei Aktivitäten Strategie entwickeln / analysieren und Zielsystem entwerfen entwickelt. Die Ausarbeitung der Unternehmensstrategie wird durch Techniken wie der Balanced Scorecard oder der Identifizierung des Geschäftsnetzwerkes unterstützt ([15], S. 15).

Abbildung 5
Historische Einordnung bestehender Ansätze des Business Engineering



Ansätze aus der Praxis: Charakteristisch für Ansätze aus der Praxis ist ein deutlich pragmatischer und observativer Zugang zur Unternehmensgestaltung. Ein Pionier unter den Methoden ist das von John Zachman entwickelte Zachman Framework. Das Zachman Framework fußt auf Beobachtungen aus der Praxis und führt eine Analogie der Unternehmensarchitektur zur Architektur von Gebäuden [16]. Weitere Ansätze sind The Open Group Architecture Framework (TOGAF) oder Federal Enterprise Architecture Framework (FEAF).

Ansätze aus der Wissenschaft: Wissenschaftliche Methoden sind z.B. der St. Gallen Ansatz des Business Engineering, Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS), Semantische Objektmodell (SOM) und die Multiperspektivische Unternehmensmodellierung (MEMO). Methoden aus der Wissenschaft verfolgen, in unterschiedlicher Strenge, die Grundsätze des Methoden-Engineering. So ist z.B. die Existenz von Metamodellen charakteristisch für Ansätze aus der Wissenschaft.

Gemeinsamkeiten: Methoden zur Gestaltung der Unternehmensarchitektur teilen die Designvorhaben in Level verschiedener Tiefe ein. Konsens unter den meisten Methoden ist eine dreistufige Top-Down Einteilung in Strategie (High-Level), Organisation (Mid-Level) und Informationssystemen (Low-Level). Ferner werden die Designebenen durch Sichten komplementiert. Sichten bieten methoden- und problemspezifische Eingrenzungen auf der Designebene. Sichten sind z.B. Umwelt, Ziele oder Daten.

DATA NETWORK ENGINEERING

Die aktuelle Forschung im Bereich der Datennetzwerke und deren Architektur, Prozesse und Rollen ist eng mit der Ressource Daten, als Hauptthema der Perspektive, verknüpft. Im Kontext des Data Network Engineering ist die Rolle von Daten und dessen Veränderung ein wichtiger Aspekt. Während Daten in den 70ern als Ergebnis von Prozessen in den Unternehmen auftraten, veränderte sich die Rolle durch den Einsatz von bspw. Enterprise Resource Planning- (ERP) und Manufacturing Resource Planning- (MRP) Tools zu einer notwendigen Ressource für die unternehmerische Wertschöpfung. Durch die weiter zunehmende Vernetzung, Schaffung von hybriden Produkten und digitalen Services, bis hin zu dem Handel mit Daten in Form eines Produktes, steigen neben den Möglichkeiten auch die Anforderungen an eine entsprechende Vernetzung. Die strukturierte Entwicklung von Datennetzwerken, deren Komponenten, Teilnehmern, Regeln und deren Konfiguration ist daher ein interessantes Forschungsfeld mit einer stark wachsenden Bedeutung für Unternehmen, aber auch für die gesamte Gesellschaft.

Wie aus der klassischen Materiallogistik bekannt, müssen die Prozesse der Beschaffung, der Verbindung, des Controlling und dem eigentlichen Austausch ähnlich der heutigen klassischen Supply Chain betrachtet und auf eine digitale Version, der sogenannten Data Supply Chain, abgebildet werden.

Das Thema der Data Supply Chain bekommt auch in der wissenschaftlichen Community eine gesteigerte Beachtung. Auf Basis der Literaturdatenbank Scopus beschäftigten sich mit dem Thema „Data Supply Chain“ in den Jahren von

2000-2004 nur 6 wissenschaftliche Artikel, während in den Jahren 2010 – 2014 15 Artikel einen klaren Fokus auf dieses Thema aufweisen. Für die Jahre 2015 bis heute sind bereits 17 Artikel in der Datenbank vermerkt (+280%). Neben einem starken Bezug auf das Prozessmanagement sind die innerhalb des Arbeitspaketes Data Network Engineering identifizierten Forschungsfelder für notwendig für eine ganzheitliche Betrachtung des Themenkomplexes.

Erkundung und Beschreibung von Datengütern ist dabei eines der grundlegenden Aspekte. Die wissenschaftliche und anwendungsgetriebene Community betrachtet hierbei neben Methoden zum Auffinden von Daten [17, 18] auch die Art der Beschreibung in Informationsmodellen und Schemata [19–21].

Hierbei wurden bereits einige Vorgehensweisen, Vokabulare und Frameworks wie beispielsweise das Resource Description Framework (RDF) [22] entwickelt um die Daten in Modellen abzubilden und so übergreifend in Prozessen einzubinden und zu verwenden. Ein weiterer Aspekt der Modellierung von Datennetzwerken ist die Inventarisierung und Ablage von Daten, die identifiziert wurden [23, 24].

Aus einer klassischen CMDB heraus wurden Inventare von Daten entwickelt, die sich vor allem um die Ablage von Metainformationen, als um die Ablage der eigentlichen Daten kümmern [23, 25, 26]

Die eigentliche Ablage der Daten wird in Artikeln und in der Praxis im Zusammenhang des Cloud-Computing, Data Lakes und Data Spaces diskutiert, bei denen unterschiedliche Ansätze zur zentralen Speicherung entwickelt werden [27]. An dieser Stelle rücken die aktuellen Entwicklungen und Technologien der Integration von Daten in die verschiedenen Unternehmensprozesse in den Fokus. Hierbei spielen neben den allgemeinen Konzepten zur Integration von Daten [28] vor allem die beiden Konzepte der Enterprise Architecture Integration (EAI) [29] und Service-Oriented-Architecture (SOA) eine gewichtige Rolle in Wissenschaft und Praxis. Während sich EAI vor allem mit der Anbindung und Verbindung von Systemen über verschiedene Topologieansätze (Stern, Bus, Vollvermascht) beschäftigt, ist der Fokus bei SOA die Bereitstellung von einheitlichen Schnittstellen für spezielle (Mikro-) Services (z.B. bei der Bereitstellung von Daten).

Während die vorangegangenen Aspekte des Data Network Engineering notwendig für die Verarbeitung der Daten innerhalb einer Data Supply Chain sind, sind die Hauptforschungspunkte des Arbeitspaketes die Visualisierung und Konfiguration.

Im Bereich der Visualisierung existieren einige Lösungen, die sich mit der Modellierung von klassischen Geschäftsprozessen beschäftigen [30, 31]. Gängige Notationen unterscheiden dabei zwischen Daten- und Kontrollfluss, als auch objektorientierten Notationen [32, 33], wobei die Kontrollflussvarianten in der Praxis am Häufigsten eingesetzt werden [33]. Die für den Kontrollfluss benötigten oder veränderten Daten sowie die beteiligten Personen werden meist erst im Anschluss der Definition hinzugefügt [34]. Bei der Visualisierung von Data Supply Chains ist die visuelle Darstellung des Austausches jedoch nur eine Seite der Medaille. Die weitere Herausforderung ist das Konzept der Validierung und das Design der Wertschöpfungsketten, wie z.B. die Einbindung von Komponenten, die Darstellung von Regeln und Analysen wie Risiken und kritischen Komponenten.

Für eine automatisierte Konfiguration von Data Supply Chains sind Methoden aus der Praxis, wie das Containermanagement und Routingsysteme [35] [36], ein interessanter Ansatz. Konfigurationen sind dabei jedoch meist spezialisiert und lassen sich für generelle und im speziellen semi-, oder autonome Prozessabläufe nicht verwenden. Erste Ansätze für eine unabhängige Konfiguration, die sich im Rahmen des Data Network Engineering einbettet, ist die typbasierte Softwaresynthese, bei der ausgewählte Werkzeuge der Typtheorie genutzt werden, um gesuchte Komponenten (z.B. Programme) zu spezifizieren und zu synthetisieren. Ein Beispiel ist hierbei das Framework „Combinatory Process Synthesis“ [37–39]. Die Relevanz des Forschungsfeldes wird durch die Beteiligten aus Forschung und Praxis in der Initiative Industrial Data Space [40, 41] ersichtlich, dessen Architektur durch die beteiligten Institutionen des Arbeitspaketes maßgeblich mitgestaltet wird.

ADVANCED DATA PROCESSING TECHNOLOGIES

Die Verarbeitung von Daten begleitet die Menschheit seitdem Entscheidungen auf Basis von Informationen getroffen werden. Bis zur Einführung von Recheneinheiten fand diese Datenverarbeitung manuell durch Anwendung menschlichen abstrakten logischen Denkens, menschlicher Intelligenz, statt. Durch die Einführung von datenverarbeitenden Recheneinheiten konnten immer größere Datenmengen computerunterstützt erfasst und exploriert werden. Frühe Formen der Informationsextraktion, die auch heute noch angewandt und für aktuelle Fragestellungen weiterentwickelt werden, stellen die Methoden des visuellen Data Minings dar [42]. Durch eine grafische Darstellung können Korrelationen multidimensionaler Daten in einer für den Menschen wahrnehmbaren Form visualisiert werden.

Die einfachste Form der explorativen Informationsextraktion stellen die Methoden des visuellen Data Minings dar [42]. Durch eine grafische Darstellung können Korrelationen multidimensionaler Daten in einer für den Menschen wahrnehmbaren Form visualisiert werden. Als konkrete Techniken wären hier traditionelle 2D/3D-Darstellungen wie Balken- oder Streudiagramme, Wertpfade, Sternkoordinatensysteme oder Blütenblatt-Diagramme, aber auch z.B. Metroglyphen und Chernoff-Gesichter zu nennen [43]. Bei den genannten Techniken liegen die hieraus gewonnenen Informationen implizit vor, d.h. um daraus in einem weiteren Schritt Wissen zu generieren ist ein menschliches Eingreifen erforderlich [44]. Weiterhin limitieren visuelle Explorationsmethoden durch die jeweilige Art der Darstellung die Dimension der potenziell zu analysierenden Datensätze [45]. Durch die wachsende Menge an Daten aus allen Bereichen des täglichen Lebens steigen auch die Bestrebungen nicht nur die menschliche Intelligenz durch die automatische Datenverarbeitung durch Recheneinheiten zu unterstützen, sondern diese Recheneinheiten mit einer eigenen Intelligenz auszustatten. Auf diese Weise sollen Maschinen befähigt werden einerseits Daten selbstständig zu verstehen und andererseits auf Grundlage dessen Vorhersagen für zukünftige Daten zu treffen. Das „Lernen“ einer Maschine unterscheidet heute zwischen supervised und unsupervised learning Methoden [46]. Der Begriff „supervised“ bezieht sich dabei darauf, dass die Maschine anhand von bereits gelabelten Ein- und Ausgabewerten lernt und zukünftige Eingabewerte eben diesen Labels zuordnet. Gängige Methoden dafür sind heute Support Vector Maschinen [47] und Neuronale Netze [48]. Beide Methoden können diese Zuordnung neuer Datenpunkte zu bekannten Labels nur vorhersagen, da jeweils das Labeling über die Gewichtung von Eigenschaften eines Datums in einem „black-box“-Modell stattfindet. Der Term „Lernen“ bezieht sich in diesem Zusammenhang auf die dynamische Anpassung und Optimierung dieser Eigenschaftsgewichtungen auf Grundlage von Trainingsdaten. Neuronale Netze finden heutzutage bereits vielfach Anwendung in Bereichen wie Bildverarbeitung, Spracherkennung oder Handschrifterkennung. Die Methoden des unsupervised learning beschäftigen sich mit dem Entdecken von versteckten Strukturen in Daten, deren Ausgabewerte nicht bereits bekannt sind [49]. Die am weitesten verbreitete Technik des unsupervised learnings stellt das Clustering dar. Clustering-Methoden dienen der Aufdeckung verschiedener Gruppen innerhalb einer Population durch den statistischen Vergleich verschiedener Charakteristika [50]. Auf Grundlage dieser Gruppierung können charakteristische Eigenschaften der in einem Cluster zusammengefassten Daten abgeleitet werden und Vorhersagen über zukünftig zu bewertende Daten getroffen werden. Hasenstab et al. wenden diese Methode beispielsweise auf EEG-Signale von autistischen und typisch entwickelten Kindern an, um Muster innerhalb der Hirnströme dieser beiden Gruppen unter visueller Stimulation zu extrahieren. Weiterhin galt es Charakteristika innerhalb der Gruppe von

Autisten, d.h. zwischen verschiedenen Ausprägungen von Autismus, ausfindig zu machen [51].

Eine grundsätzliche Herausforderung der Modellierung von Trainingsdaten stellen Unter- und Überanpassungen dar. Unteranpassung (Underfitting) beschreibt das Phänomen, dass eine Modellfunktion mit zu wenigen Parametern ausgelegt ist, um die in den Daten verborgene Struktur zu erkennen, während bei einer Überanpassung (Overfitting) das angelegte Modell so viele Parameter enthält, dass ein allgemeiner Trend in den Daten übersehen wird [48]. Dies tritt z.B. bei komplexen Modellen auf, die eine der vorliegenden Anzahl an Eingangswerten ähnliche Anzahl an Parametern enthalten. Neben der Herausforderung die passende Methode zur Analyse von Daten auszuwählen und dabei eine Underfitting, oder Overfitting [48] zu vermeiden sind je nach vorliegendem Anwendungsfall rechtlich-regulatorische Anforderungen zu berücksichtigen. So ist ein Datenaustausch und eine -nutzung beispielsweise im medizinischen Kontext deutlich sensibler zu behandeln als z.B. bei der Prädiktion von Kaufverhalten von bestimmten Kundengruppen. Gleichzeitig ist eine automatisierte Entscheidung auf Grundlage einer künstlichen Intelligenz je nach Sensitivität des Anwendungsgebietes mehr oder weniger heikel. Der Weg zu einer Entscheidungsfindung muss in Bereichen wie der Diagnostik und Therapie nachvollziehbar sein. Vertrauen in die Arbeitsweise und die Vorhersage eines Modells ist essenziell, wenn auf Basis dessen eine Handlung erfolgen soll. Die Rolle des Menschen in maschinellen Lern- und Entscheidungsprozessen sollte daher diskutiert und definiert werden. Das selbstfahrende Auto oder die automatisierte Läsionsdetektion in medizinischer Bildgebung liegt bereits im Bereich des Möglichen, im letztgenannten Bereich zeigte sich z.B. ein Human-in-the-loop, also eine Kombination aus maschineller und menschlicher Intelligenz als am leistungsfähigsten, um radiologische Bildaufnahmen zu beurteilen [52].

Weiterhin muss je nach Anwendungsfall der eigentliche Ort der Datenanalyse ausgewählt werden. Je nach Anforderung ist es sinnvoll Daten zentral zu verarbeiten, wofür sie erst an einen zentralen Ort transportiert werden müssen. Dies ist erstens aufwändig und zweitens übersteigt die Menge an Daten womöglich die Systemkapazitäten [53]. Der Ansatz, die Daten remote dort zu verarbeiten wo sie entstehen, bietet die Chance den Prozess effizienter zu gestalten, und zusätzlich nicht nur statische Datenbestände, sondern auch kontinuierlich Ströme von Daten in Echtzeit auszuwerten. Die Datenanalyse in Echtzeit wird beschrieben durch die Methoden des Complex Event Processing, deren Grundzyklus auf dem Erkennen von Ereignissen, dem Verarbeiten derselben durch Aggregation, Korrelation, oder Klassifizierung und letztendlich dem zeitnahen Reagieren bei Erkennen von Mustern beruht [54].

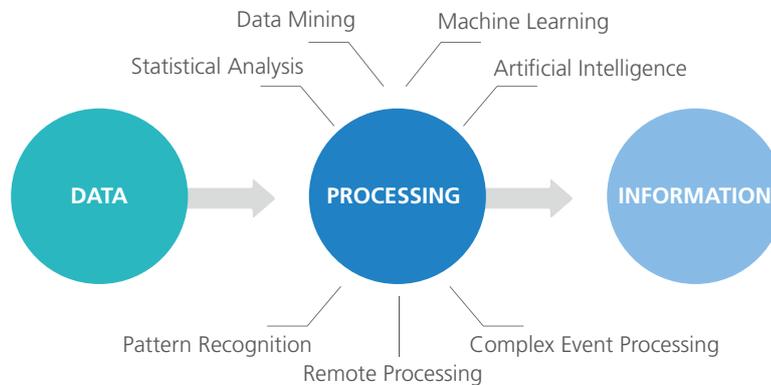


Abbildung 6
Methoden der Prozessierung
von Daten zur strukturellen
Extraktion von Informationen

Ausblick auf zukünftige Themen

Die digitale Transformation von Unternehmen nimmt stetig an Bedeutung zu. Eine Analyse der Publikationen auf Scopus mit dem Suchbegriff Digital Transformation zeigt ein immenses Wachstum an Publikationen in den letzten Jahren. Die damit einhergehende Darstellung der Relevanz in der Wissenschaft wird weiter ergänzt durch die Ergebnisse zahlreicher Studien [3–8].

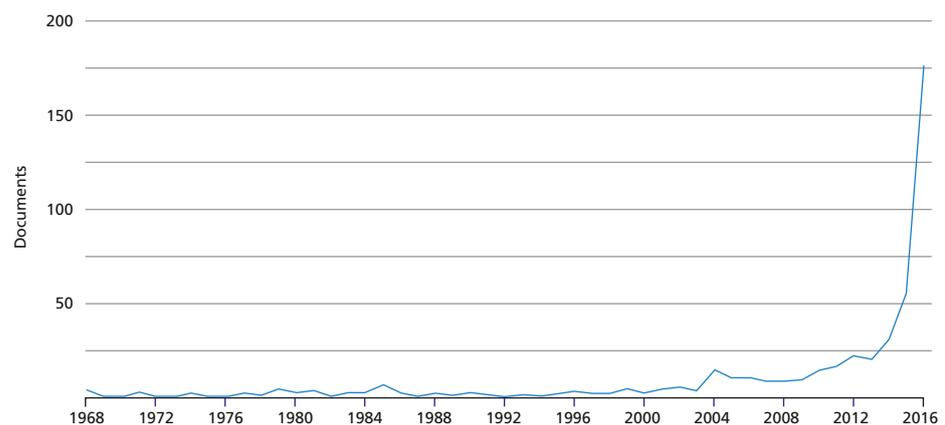


Abbildung 7
Entwicklung der Publikationen
zum Suchbegriff „digital transfor-
mation“ in der Scopus Datenbank.

Eine erfolgreiche digitale Transformation erfordert das Zusammenspiel verschiedenster Unternehmensinterner und -externer Faktoren, welche in den Arbeitspaketen der Perspektive Daten berücksichtigt werden. Das Leistungszentrum vereint Forscher verschiedenster Disziplinen, z.B. Ingenieure, Informatiker und Arbeitswissenschaftler. Damit ist die multiperspektivische Betrachtung von Problemstellungen

für einen ganzheitlichen Ansatz der digitalen Transformation gegeben. Soziotechnische Fragestellungen, wie z.B. die Mensch-Maschine-Interaktion aber auch Themenbereiche wie das der menschlichen Arbeit im Zeitalter der Digitalisierung, können somit untersucht werden.

Daten verändern die Gesellschaft

Ausdrücke wie „Daten sind das neue Öl“ und „Daten sind das neue Gold“ sind nur zwei Beispiele, mit welchen die exponierte Stellung von Daten im Zeitalter der Digitalisierung herausgestellt wird. Nicht nur in der Industrie, sondern in allen Facetten des gesellschaftlichen Lebens werden intelligente Produkte miteinander vernetzt. Smart Homes, Smart Grids und viele weitere Entwicklungen prägen das Zeitalter der Digitalisierung.



Die Perspektive Daten adressiert eben jene Forschungsgegenstände, welche die gesellschaftliche Entwicklung in den nächsten Jahren intensiv begleiten. Die Bewertung von Daten, die Erforschung von Technologien der Datenverarbeitung und die Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle geht über die Anwendung in der Logistik oder der Produktion hinaus. Vielmehr werden Grundlagen geschaffen, um die Potenziale der Digitalisierung gesamtgesellschaftlich anwendbar zu machen. Mit einem steigenden Volumen an aufkommenden Daten wird die Relevanz von Forschung in der Perspektive Daten immer unerlässlicher.

Literaturverzeichnis

[1] PRESSE- UND INFORMATIONSSAMT DER BUNDESREGIERUNG: Digitale Wirtschaft und digitales Arbeiten. URL https://www.digitale-agenda.de/Webs/DA/DE/Handlungsfelder/2_DigitaleWirtschaft/digitale-wirtschaft_node.html – Überprüfungsdatum 2017-07-17

[2] OTTO, Dr.-Ing. Boris ; JÜRJENS, Dr.-Ing. Jan ; SCHON, Jochen ; AUER, Sören ; MENZ, Nadja ; WENZEL, Sven ; CIRULLIES, Jan: Industrial Data Space : Digitale Souveränität über Daten

[3] ACATECH - DEUTSCHE AKADAMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN: Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen : Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen. URL http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Sonderpublikationen/acatech_DOSSIER_neu_Kompetenzentwicklung_Web.pdf – Überprüfungsdatum 2017-06-14

[4] DETECON CONSULTING: Digitalisierung und Internet of Things (IoT) - Anforderungen an agile Organisationen, 2016

[5] DEUTSCHER INDUSTRIE- UND HANDELSKAMMERTAG: Wirtschaft 4.0: Große Chancen, viel zu tun – Überprüfungsdatum 2017-06-10

[6] WILLMOTT, Paul ; GOTTLIEB, Josh: The digital tipping point: McKinsey Global Survey results – Überprüfungsdatum 2017-06-10

[7] MCKINSEY: Minding your digital business: McKinsey Global Survey results. URL <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/minding-your-digital-business-mckinsey-global-survey-results> – Überprüfungsdatum 2017-06-14

[8] MCKINSEY DIGITAL: Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector. URL https://www.mckinsey.de/files/mck_industry_40_report.pdf – Überprüfungsdatum 2017-07-07

[9] KAGERMANN, Henning ; RIEMENSBERGER, Frank ; HOKE, Dirk ; HELBIG, Johannes ; STOCKSMEIER, Dirk ; WAHLSTER, Wolfgang ; SCHEER, August-Wilhelm ; SCHWEER, Dieter: SMART SERVICE WELT : Recommendations for the Strategic Initiative Web-based Services for Businesses. URL http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Projekte/Laufende_Projekte/Smart_Service_Welt/BerichtSmartService_engl.pdf

[10] BUCHER, T. ; DINTER, B.: Process orientation of information logistics - An empirical analysis to assess benefits, design factors, and realization approaches. In: Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences (2008). URL <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-51449118881&doi=10.1109%2fHICSS.2008.361&partnerID=40&md5=ddac88a7a4219123c19bb02b8737026c>

[11] HEISTERMANN, Frauke ; MALLÉE, Dr.-Ing. Torsten ; TEN HOMPEL, PROF. DR. MICHAEL: Digitalisierung in der Logistik : Antworten auf Fragen aus der Unternehmenspraxis. URL https://www.techtag.de/wp-content/uploads/2017/03/BVL17_Positionspapier_Digitalisierung_in_der_Logistik.pdf

[12] ÖSTERLE, Hubert ; OTTO, Boris: Konsortialforschung : Eine Methode für die Zusammenarbeit von Forschung und Praxis in der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatikforschung. In: Wirtschaftsinformatik : WI 52 (2010), Nr. 5, S. 273–285. URL <https://www.alexandria.unisg.ch/224976/>

[13] GUTZWILLER, Thomas: Das CC-RIM-Referenzmodell für den Entwurf von betrieblichen, transaktionsorientierten Informationssystemen. Heidelberg : Physica-Verl., 1994 (Betriebs- und Wirtschaftsinformatik 54)

- [14] ÖSTERLE, Hubert (Hrsg.); WINTER, Robert (Hrsg.): Business Engineering : Auf dem Weg zum Unternehmen des Informationszeitalters. 2., vollst. neu bearb. und erw. Aufl. Berlin : Springer, 2003 (Business Engineering)
- [15] ÖSTERLE, Hubert ; HOENING, Frank ; OSL, Philipp: Methodenkern des Business Engineering - Ein Lehrburch. Working Paper. St. Gallen, 2011. – Working Paper
- [16] ZACHMAN, John A.: A Framework for Information Systems Architecture. In: IBM Syst. J. 26 (1987), Nr. 3, S. 276–292. URL <http://dx.doi.org/10.1147/sj.263.0276>
- [17] BISSON, Tim ; PATEL, Yuvraj ; PASUPATHY, Shankar: Designing a fast file system crawler with incremental differencing. In: ACM SIGOPS Operating Systems Review 46 (2012), Nr. 3, S. 11
- [18] IBM: Windows file system crawlers. URL https://www.ibm.com/support/knowledge-center/SS5RWK_2.2.0/com.ibm.discovery.es.ad.doc/iysacwin.htm – Überprüfungsdatum 27.07.17
- [19] WEST, Matthew: Developing high quality data models. Burlington, MA : Morgan Kaufmann, 2011
- [20] JARDINE, Donald A.: The ANSI, SPARC DBMS model : Proceedings of the second SHARE Working Conference on Data Base Management Systems, Montreal, Canada, April 26 - 30, 1976. Amsterdam : North-Holland, 1977
- [21] ANSI SPARC: ANSI SPARC Architektur. URL https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/84/4-2_ANSI-SPARC_three_level_architecture.svg. – Aktualisierungsdatum: 2017-06-03
- [22] BRICKLEY, Dan ; GUHA, Ramanathan: Resource Description Framework (RDF) Schema Specification 1.0: W3C Candidate Recommendation 27 March 2000. URL Resource Description Framework (RDF) Schema Specification 1.0: W3C Candidate Recommendation 27 March 2000
- [23] MAALI, Fadi ; CYGANIAK, Richard ; PERISTERAS, Vasilios: Enabling Interoperability of Government Data Catalogues, Bd. 6228. In: WIMMER, Maria A.; CHAPPELET, Jean-Loup; JANSSEN, Marijn; SCHOLL, Hans J. (Hrsg.): Electronic Government : 9th IFIP WG 8.5 International Conference, EGOV 2010, Lausanne, Switzerland, August 29 - September 2, 2010. Proceedings. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010 (Lecture Notes in Computer Science, 6228), S. 339–350
- [24] MICROSOFT: Data Catalog - Unternehmensdatenassets - Microsoft Azure. URL <https://azure.microsoft.com/de-de/services/data-catalog/> – Überprüfungsdatum 2017-03-16
- [25] MADDURI, H. ; SHI, S. S. B. ; BAKER, R. ; AYACHITULA, N. ; SHWARTZ, L. ; SURENDRA, M. ; CORLEY, C. ; BENANTAR, M. ; PATEL, S.: A Configuration Management Database Architecture in Support of IBM Service Management. In: IBM Syst. J. 46 (2007), Nr. 3, S. 441–457. URL <http://dx.doi.org/10.1147/sj.463.0441>, Titel anhand dieser DOI in Citavi-Projekt übernehmen
- [26] WINN, Joss: Open data and the academy: An evaluation of CKAN for research data management. In: IASSIST (2013)
- [27] FRANKLIN, Michael ; HALEVY, Alon ; MAIER, David: From Databases to Dataspaces : A New Abstraction for Information Management. In: SIGMOD Rec 34 (2005), Nr. 4, S. 27–33. URL <http://doi.acm.org/10.1145/1107499.1107502>, Titel anhand dieser DOI in Citavi-Projekt übernehmen

- [28] ULLMAN, Jeffrey D.: Information Integration Using Logical Views. In: Proceedings of the 6th International Conference on Database Theory. London, UK, UK : Springer-Verlag, 1997 (ICDT '97), S. 19–40
- [29] LEE, Jinyoul ; SIAU, Keng ; HONG, Soongoo: Enterprise Integration with ERP and EAI. In: Commun. ACM 46 (2003), Nr. 2, S. 54–60. URL <http://doi.acm.org/10.1145/606272.606273>, Titel anhand dieser DOI in Citavi-Projekt übernehmen
- [30] ALLWEYER, Thomas: BPMN 2.0 : Introduction to the Standard for Business Process Modeling. Norderstedt : Books on Demand, 2010
- [31] SCHEER, A. W.: ARIS — Vom Geschäftsprozeß zum Anwendungssystem : Springer Berlin Heidelberg, 2013
- [32] SNOECK, Monique: Enterprise Information Systems Engineering : The MERODE Approach. Cham, s.l. : Springer International Publishing, 2014 (The Enterprise Engineering Series)
- [33] GADATSCH, Andreas: Geschäftsprozesse analysieren und optimieren : Praxistools zur Analyse, Optimierung und Controlling von Arbeitsabläufen. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015 (essentials)
- [34] LÖFFLER, Carolin: Service-Externalisierung : Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Management IT-basierter Dienstleistungen. Wiesbaden : Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden, 2011
- [35] IBSEN, Claus ; ANSTEY, Jonathan: Camel in action. Greenwich, Conn. : Manning, 2011
- [36] SNYDER, Bruce ; BOSANAC, Dejan ; DAVIES, Rob: ActiveMQ in action. Greenwich : Manning, 2011
- [37] DÜDDER, Boris ; MARTENS, Moritz ; REHOF, Jakob: Staged Composition Synthesis. In: SHAO, Zhong (Hrsg.): Programming Languages and Systems: 23rd European Symposium on Programming, ESOP 2014, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2014, Grenoble, France, April 5-13, 2014, Proceedings. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2014, S. 67–86
- [38] DÜDDER, Boris ; MARTENS, Moritz ; REHOF, Jakob ; URZYCZYN, Pawel: Bounded Combinatory Logic, Bd. 16. In: CÉGIELSKI, Patrick; DURAND, Arnaud (Hrsg.): Computer Science Logic (CSL'12) - 26th International Workshop/21st Annual Conference of the EACSL. Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum fuer Informatik, 2012 (Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)), S. 243–258
- [39] BESSAI, Jan ; DUDENHEFNER, Andrej ; DÜDDER, Boris ; MARTENS, Moritz ; REHOF, Jakob: Combinatory Process Synthesis. In: MARGARIA, Tiziana; STEFFEN, Bernhard (Hrsg.): Leveraging Applications of Formal Methods, Verification and Validation: Foundational Techniques: 7th International Symposium, ISoLA 2016, Imperial, Corfu, Greece, October 10 - 14, 2016, Proceedings, Part I. Cham : Springer International Publishing, 2016, S. 266–281
- [40] OTTO, Boris ; LOHMANN, Steffen: Reference Architecture Model for the Industrial Data Space (2017). URL https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/Forschungsfelder/industrial-data-space/Industrial-Data-Space_Reference-Architecture-Model-2017.pdf – Überprüfungsdatum 11.05.17

- [41] BURKERT, A.: Industrial Data Space bietet Datensouveränität (2016). URL <https://www.springerprofessional.de/industrial-data-space-bietet-datensouveraenitaet/7822514> – Überprüfungsdatum 2017-05-11
- [42] KEIM, D. A.: Information visualization and visual data mining. In: IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 8 (2002), Nr. 1, S. 1–8
- [43] MIETTINEN, Kaisa: Survey of methods to visualize alternatives in multiple criteria decision making problems. In: OR Spectrum 36 (2014), Nr. 1, S. 3–37
- [44] BERTOLT MEYER ; KOZO SUGIYAMA: The concept of knowledge in KM: a dimensional model. In: J of Knowledge Management 11 (2007), Nr. 1, S. 17–35
- [45] KEIM, Daniel A.: Visual exploration of large data sets. In: Communications of the ACM 44 (2001), Nr. 8, S. 38–44
- [46] SCHMIDHUBER, Jürgen: Deep learning in neural networks: An overview. In: Neural Networks 61 (2015), S. 85–117
- [47] SUYKENS, J.A.K. ; VANDEWALLE, J.: Least Squares Support Vector Machine Classifiers. In: Neural Processing Letters 9 (1999), Nr. 3, S. 293–300
- [48] SRIVASTAVA, Nitish ; HINTON, Geoffrey ; KRIZHEVSKY, Alex ; SUTSKEVER, Ilya ; SALAKHUTDINOV, Ruslan: Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting. In: J. Mach. Learn. Res. 15 (2014), Nr. 1, S. 1929–1958
- [49] PIERRE BALDI: Autoencoders, Unsupervised Learning, and Deep Architectures. In: Isabelle Guyon; Gideon Dror; Vincent Lemaire; Graham Taylor; Daniel Silver (Hrsg.): Proceedings of ICML Workshop on Unsupervised and Transfer Learning : PMLR, 2012, S. 37–49
- [50] JAIN, Anil K.: Data clustering: 50 years beyond K-means. In: Award winning papers from the 19th International Conference on Pattern Recognition (ICPR) 31 (2010), Nr. 8, S. 651–666
- [51] HASENSTAB, Kyle ; SUGAR, Catherine ; TELESCA, Donatello ; JESTE, Shafali ; ŞENTÜRK, Damla: Robust functional clustering of ERP data with application to a study of implicit learning in autism. In: Biostatistics 17 (2016), Nr. 3, S. 484–498
- [52] AKGÜL, Ceyhun Burak ; RUBIN, Daniel L. ; NAPEL, Sandy ; BEAULIEU, Christopher F. ; GREENSPAN, Hayit ; ACAR, Burak: Content-based image retrieval in radiology: current status and future directions. In: Journal of digital imaging 24 (2011), Nr. 2, S. 208–222
- [53] RANJAN, Rajiv: Streaming Big Data Processing in Datacenter Clouds. In: IEEE Cloud Computing 1 (2014), Nr. 1, S. 78–83
- [54] BRUNS, Ralf ; DUNKEL, Jürgen: Complex Event Processing. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015

IN KOOPERATION MIT



EffizienzCluster
LogistikRuhr