



Fraunhofer

IFF

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FABRIKBETRIEB UND -AUTOMATISIERUNG IFF,
MAGDEBURG

DIGITALE METHODEN UND MODELLE IM ANLAGENBAU



25. INDUSTRIEARBEITSKREIS 2016
KOOPERATION IM ANLAGENBAU

25. Industriearbeitseis »Kooperation im Anlagenbau« 21. Juni 2016

NUTZUNG DIGITALER METHODEN UND MODELLE IN ENGINEERING AND CONSTRUCTION IM ANLAGENBAU

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult. Michael Schenk

In Kooperation mit:



INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult. Michael Schenk, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF	Seite 5
Internet of Things und Traceability Cathrin Plate und Hon.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF	Seite 7
SODALIS-FIELD SERVICE COLLABORATION – mobile Zusammenarbeit zwischen Außendienst und Innendienst im Zeitalter von Industrie 4.0 André Baur, Beeware GmbH	Seite 13
Technologie vorisolierter Rohre im Anlagenbau Thadeus-Yitzchack Hoss, Jabitherm Rohrsysteme AG	Seite 17
Dokumentenflussanalyse im Lebenszyklus von technischen Anlagen Johannes Schmidt, Christian Zinke und Andreas Nareike, Universität Leipzig	Seite 21
Big-Data: Bestimmung der Big-Data-artigkeit von Projekten Matthias Volk und Stefan Willi Hart, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	Seite 29
Anwendungsbeispiele für Datenanalysen in der Prozesstechnik Dr.-Ing. Nico Zobel, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF	Seite 43
Maschinen und Anlagen auf dem Weg zu Cyber-Physical Systems Thorsten Westermann, Dr.-Ing. Roman Dumitrescu Fraunhofer IEM Peter Iwanek, Heinz-Nixdorf Institut Paderborn	Seite 47
Anlagenbau 4.0 – Integration und Aufbau eines interaktiven, dynamischen Systems zur Verknüpfung verschiedener Wertschöpfungsketten Dominic Hecht, BU LIBAL® - Internet of Plant Parts® der HECHT - cryo & gas expert gmbh	Seite 55
Industrie 4.0 – Technologien für die Baubranche in Form von Multiprojektplanung »BAU ZEIT« Anne Götte, Stefanie Kabelitz, Sergii Kolomiichuk, Andreas Schöppler und Andreas Wiedemann Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF	Seite 59

VORWORT



*Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult.
Michael Schenk
Institutleiter des Fraunhofer-Instituts für
Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
Foto: Dirk Mahler*

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

Industrie 4.0 ist der Zukunftsweg zur intelligenten Produktion, dem sich vor allem Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau nicht entziehen können. Nur so gelingt es ihnen, die Wettbewerbsfähigkeit zu halten und auszubauen. Besonders interessant sind dazu Überlegungen und Lösungsansätze, Fabrikprozesse ganzheitlich zu digitalisieren. Für den Anwender besteht darin ein wesentlicher Vorteil.

Das Thema des 25. Industriearbeitskreises lautete »Nutzung Digitaler Methoden und Modelle in Engineering and Construction im Anlagenbau«. Somit wurde inhaltlich an die letzten Industriearbeitskreise vom November 2015 sowie 2014 mit den Themen »Digitale Baustelle« und »Digitalisierung der Wertschöpfungskette/Industrie 4.0 im Anlagenbau« angeknüpft.

Im Schwerpunkt der Veranstaltung wurden unternehmensinterne und -externe Anforderungen an die Geschäftsprozesse herausgearbeitet sowie aktuelle Methoden und Technologien anhand von Best-Practice-Beispielen aufgezeigt.

Des Weiteren spielt bei der Digitalisierung im Unternehmen der Umgang mit Daten, deren Erfassung und Sicherung, eine entscheidende Rolle. Auch diese Themen wurden im Laufe des Veranstaltungstags besprochen.

Den Teilnehmern und Experten bot sich die Gelegenheit, Chancen und Probleme kontrovers zu diskutieren und gemeinsam nach Umsetzungsmöglichkeiten und Potenzialen zu suchen.

Ziel war es, durch fachlichen Input und praxisnahe Diskussionen, der Idee der durchgängigen Digitalisierung im Maschinen- und Anlagenbau näher zu kommen.

Ihr

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof.
E. h. Dr. h. c. mult.
Michael Schenk,
Institutleiter

INTERNET OF THINGS UND TRACEABILITY

Dipl.-Ing. Cathrin Plate,
Hon.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter,
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

LEBENS LAUF



Dipl.-Ing. Cathrin Plate

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF,
Kompetenzfeld Materialflusstechnik und -systeme
Sandtorstraße 22
39106 Magdeburg

Telefon: +49 391 4090 423
E-Mail: cathrin.plate@iff.fraunhofer.de

1985 – 1989

Studium der Elektrotechnik, Otto-von-Guericke Universität, Magdeburg

1989 – 1995

Inbetriebnahmeingenieurin in Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus für Walzwerksbau und Verseilmaschinen

seit 1995

Projektmanagerin, Fraunhofer IFF, Kompetenzfeld Materialflusstechnik und -systeme

seit 1998

- Mitglied im VDI-Fachausschuss Instandhaltung (Gesellschaft für Produktion und Logistik GPL)
- Mitarbeit an der Erstellung verschiedener VDI-Richtlinien auf dem Gebiet der Instandhaltung
- Mitarbeit in der Initiative FOKUS Instandhaltung
- Mitarbeit im DIN Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG), Arbeitsausschuss Instandhaltung sowie im DIN Normenausschuss Informationstechnik und Anwendungen (NIA), Auto-ID-Technologien und Rückverfolgung von Produkten

LEBENS LAUF



Hon.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung, Kompetenzfeldleiter
Sandtorstr. 22
39106 Magdeburg

Telefon: +49 391 4090 420

E-Mail: klaus.richter@iff.fraunhofer.de

- | | |
|-----------|--|
| 1978 | Studium der Fachrichtung Fördertechnik/Maschinenbau sowie anschließendes Forschungsstudium an der Technischen Hochschule Magdeburg, Promotion zum Dr.-Ing. |
| 1985 | Tätigkeit als Ingenieur für rechnergestützte Projektierung von Materialflussanlagen in einem Unternehmen der TAKRAF |
| 1991 | Wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Logistik der Universität Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg |
| seit 2000 | Kompetenzfeldleiter Materialflusstechnik und -systeme am Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF) in Magdeburg |
| seit 2009 | Honorar-Professor für das Fachgebiet Materialflusstechnik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg |
| seit 2010 | Fachliche Leitung des Anwendungsschwerpunktes Logistik im Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt |

INTERNET OF THINGS UND TRACEABILITY

Dipl.-Ing. Cathrin Plate, Hon.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter

1 IoT und Traceability

In den letzten Jahren gibt es zunehmend Bemühungen in der Industrie und in der Logistik, Material- und Informationsfluss besser als bisher miteinander zu verbinden, um damit z.B. die Transparenz in der Wertschöpfung oder die Wiedererkennbarkeit und damit die Fälschungssicherheit von Objekten und Produkten zu erhöhen. Das betrifft interne Prozesse in den Unternehmen, kann aber ebenfalls unternehmensübergreifend von Bedeutung sein für die Realisierung von Track und Trace-Systemen. Dazu müssen die Objekte über ein eindeutiges Identifikationsmerkmal in übergeordneten Steuerungs- oder Leitsystemen zu relevanten Daten zuordnenbar sein.

Reale Prozessschritte am Objekt in Fertigung, Verpackung, Lagerung, Transport oder Service spiegeln sich in einem elektronischen Datenbestand nachverfolgbar wieder.

Weiterhin wird im Zusammenhang mit Industrie 4.0, der industriellen Ausprägung des Internet of Things IoT in Deutschland, die Digitalisierung der Arbeitswelt in allen Facetten und Bereichen thematisiert. Vorrangig bedeutet dies, Informationen direkt und in Echtzeit zwischen beliebigen Instanzen zum Zweck des Monitorings und der Steuerung von Prozessen auszutauschen.

2 Aktuelle Kennzeichnungskonzepte und Track und Trace-Ansätze

Die Verknüpfung einer Identifikationsnummer mit einem Produktionsteil, Fertigteile, Baugruppe, Transportobjekt o.ä. erfolgt beispielsweise durch logische Zuordnung einer Nummern- oder Zeichenkette zum Objekt (Identifikationsmerkmal) und im physischen Auf- oder Anbringen dieser Identifikationsnummer am Objekt (Markierung, Kennzeichnung). Damit verbunden sind also zwei grundlegende Fragestellungen:

- Was (welches Objekt) will ich wie (über welche Art von Identifikationsnummer) identifizieren?
- Wie will ich die gewählte Identifikationsnummer am Objekt darstellen bzw. anbringen?

Für die gemeinsame Nutzung der Identifikationsnummer mit anderen Unternehmen (Produktionsnetzwerk, Endkunden) empfiehlt sich hier der Rückgriff auf bereits vorhandene Datenbezeichner bzw. Datenidentifikatoren gemäß ISO- oder GS1-Standards bzw. Branchenstandards wie VDA- oder NAMUR-Empfehlungen.

Parallel zur Festlegung der Identifikationsnummern erfolgt die Auswahl der Kennzeichnungstechnologie. Kennzeichnen ist das Anbringen der identifizierenden Merkmale auf den Objekten. Zu den Methoden gehört z.B. das Direct-PartMarking DPM, entweder mit Klarschrift oder 2D-

Code, Barcodeetiketten oder die Kennzeichnung mit RFID-Transpondern.

Die Begriffe Markieren und Identifizieren werden oft synonym verwendet, weil sich die Art der Markierung häufig nicht von der Art der Identifikation trennen lässt. So gibt es für Barcodes, 2D-Codes und RFID jeweils bestimmte Vorgaben und auch Standards zur Strukturierung und auch Codierung der enthaltenen (identifizierenden) Inhalte für unterschiedliche Objektebenen. Objektebenen können dabei sein Rohstoffe, Halb- und Fertigteile, Baugruppen, Verpackungen, Behälter und Transporthilfen / Ladungsträger, Transportmittel selbst u.a.

Weitergehend sind in diese Vorgaben Verfahrensweisen zur automatisierten Erfassung der Inhalte einer Markierung und Bereitstellung für die Datenübertragung an weiterverarbeitende IT-Systeme integriert. Man spricht dann von AutoID-Technologien (Automatische Identifikation und Datenerfassung).

3 Voraussetzungen für Traceability im Unternehmen schaffen

Mit Blick auf die Anforderungen an AutoID-Systeme innerhalb der Wertschöpfungskette z.B. im Maschinen- und Anlagenbau können die in Tabelle 1 genannten Kriterien bei der Auswahl der Markierungstechnologie herangezogen werden. Die konkreten Systemanforderungen ergeben sich aus der detaillierten Betrachtung der Prozesse, die ggf. auch unternehmensübergreifend abgestimmt werden müssen.

Welche Art der Identifikation und Kennzeichnung ausgewählt wird, hängt bei jedem Unternehmen z.B. von der verfolgten Zielstellung, der Kompatibilität mit den Anforderungen weiterer Akteure in der Wertschöpfungskette oder den zu berücksichtigenden Kosten für die Einführung der notwendigen Gerätetechnik und der laufenden Kosten für die Anbringung von Markierungen an den Objekten ab.

Die Orientierung an Standards unterstützt bei der Einführung bereits etablierter Konzepte und Verfahren, hilft Fehler zu vermeiden und reduziert auch den Aufwand für Einarbeitung und Umsetzung [1]. Einen Überblick über das Zusammenspiel vorhandener Standards und Umsetzungsempfehlungen geben neben dem VDMA-Leitfaden „Track und Trace“ [2] z.B. die DIN 66277 „Automatische Identifikation und Datenerfassungsverfahren - Typenschild mit RFID-Transponder und/oder 2D Barcode“ [3] oder die DIN SPEC 16599 „AutoID-gestützte Rückverfolgung“ [4] sowie DIN SPEC 16589 (Entwurf) Rückverfolgbarkeit Produkt-zu-Internet-Kommunikation „Pointer to Process“ [5].

4 Produkte mit "Fingerabdruck"

Die einheitliche und eindeutige Markierung von Komponenten und Produkten als "sichere Identität" [6] verspricht auch Mehrwerte für die Kunden. Ein Mehrwert wird dabei durch Dienstleistungen generiert, die mit den Produkten bzw. den individuell zugehörigen Informationen verknüpft sind. So können durch die eindeutige Identifikation eines Bauteils Ersatzteilbestellungen einfacher abgewickelt werden. Die Unterscheidbarkeit von Originalkomponenten von Bauteilen anderer Hersteller wird verbessert. Für Kunden bedeutet dies nicht nur einen besseren Service, sondern auch eine Steigerung der Anlagenverfügbarkeit sowie Betriebssicherheit. Für das Unternehmen MAN Diesel & Turbo z.B. ist "Track und Trace ein wichtiges Element nachhaltiger Organisations- und Geschäftsentwicklung in einer zunehmend digitalisierten Welt"[7].

Allgemein	Zu kennzeichnendes Objekt	Physikalische Größen
<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der Zeichen (Daten), die gespeichert werden sollen - Technologien zur Erzeugung der Kennzeichnungen z.B. 2D-Code durch Nadelprägen / DPM / Etiketten-Druck - Konformität mit Standards - Infrastrukturbedarf für Erzeugung der Markierung am Objekt, ihre Prüfung, das Tracking, ... - Lebensdauer der Markierung - Änderbarkeit / Ergänzbarkeit der Daten am Objekt - Daten-Verschlüsselung in der Markierung - ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Max. Größe der Kennzeichnung in Abhängigkeit vom Anbringungsort der Markierung am Objekt - Wert des Objekts (Kosten der Markierung je Objekt) - Anzahl Kennzeichnungen pro Jahr - Lebensdauer des Objekts - Verbindung zwischen Objekt und Markierung (lösbar / nicht lösbar) - Prozessschritt / Zeitpunkt der Erzeugung der Markierung - ... 	<ul style="list-style-type: none"> - Betriebstemperatur, Lagertemperatur der Markierung - Resistenz gegen aggressive Substanzen (z.B. Betriebsmedien, Schmiermittel, Reinigungsmittel) - Mechanische Robustheit (Erschütterung, Vibrationen, Stoß) - Ex-Schutz - Robustheit gegenüber Beschädigung, Schmutz, Alterung, UV-Licht, Witterung - ...

Tabelle 1: Kriterien für den Einsatz von Kennzeichnungstechnologien für die Objektidentifikation

5 Engineering und Traceability

Mehrere Unternehmen nutzen bereits Traceability-Konzepte, um Informationen aus dem After Sales-Bereich oder der Betriebsphase beim Kunden gezielt in das Engineering zurück zu spiegeln. Dies ist insbesondere bei kundenauftragsbezogenen Produkten oder Unikaten von besonderer Bedeutung, weil sich über die eindeutige Identifikation eines Bauteils oder einer Baugruppe und der Zuordnung zu Betriebs- und Prozessparametern Rückschlüsse auf die Qualität der Konstruktion und Auslegung im Vorfeld ziehen lassen. Hierdurch wird Erfahrungswissen für zukünftige Projekte gewonnen oder das Serviceangebot optimiert. Vorreiter sind hier Schiffsdieselbauer. Ebenso werden in der Automobilbranche Bauteile von Prototypen bereits eindeutig gekennzeichnet, um entsprechende Analyse zwischen Performanz und Detailengineering durchführen zu können.

6 Track und Trace auf Baustellen

Die Bauglogistik beschäftigt sich u. a. mit der Ver- und der Entsorgung der Baustelle. Die richtigen Objekte sind zum richtigen Zeitpunkt, in der richtigen Qualität und Quantität, am richtigen Ort und zu den richtigen Kosten bereit zu stellen bzw. abzuholen. Damit dies effizient erfolgen kann, ist zum einen ein funktionierender Informationsaustausch und zum anderen eine Erfassung, Kontrolle, Steuerung und Dokumentation der angelieferten Materialien sowie der die Baustelle betretenden Personen in Echtzeit hilfreich. Hierfür werden entsprechende Kennzeichnungen am Objekt sowie internetbasierte Track und Trace-Systeme benötigt.

7 Nutzung von Historie-Daten

Im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) von durchgeführten Anlagenbauvorhaben können die im Baustellenportal vorhandenen Daten für weiterführende Auswertungen genutzt werden. Die Ergebnisse der Analysen können sowohl für planerische als auch organisatorische Vorgaben in zukünftigen Vorhaben genutzt werden. Den Baustellen-Planern sind bei Vorbereitung eines zukünftigen Anlagenbauprojektes die folgenden Informationen hilfreich:

- Waren die temporären Lager-, Vormontage- und Entsorgungsflächen nach Lage (Ort) und Dimension (Größe) ausreichend?
- Waren die Aufstellorte von Werkzeugcontainern wegoptimal gewählt?
- Welche Ursachen für häufige Umlagerungen gab es? Waren vielleicht die Anlieferprozesse schlecht aufeinander abgestimmt?

- Gab es Störungen / Verzögerungen mit der Ursache »Warten auf Material oder Ressource XYZ«?
- etc.

8 Zusammenfassung

Maschinen- und Anlagenbaubranche (Hersteller, Dienstleister, Generalunternehmer) zwingt Unternehmen zur Erschließung neuer Arten von Wettbewerbsvorteilen. Die Nutzung innovativer, mobiler und leitstandsgestützter Technologien zur Schaffung neuartiger mobiler Geschäftsprozesse stellt dabei zwar einerseits gerade in der traditionsbewussten Anlagenbaubranche eine deutliche Herausforderung dar. Andererseits aber können gerade durch die Schaffung einer über Zeit und räumliche Distanz hinweg integrierten Prozesskette erhebliche Verbesserungen bei Kosten, Zeit und Qualität erzielt werden, die in benötigten Wettbewerbsvorteilen resultieren. »Erfolg durch Prozessinnovation« ist somit kein leeres Schlagwort, sondern eine entscheidende Herausforderung im Wettbewerb. Die Schlüsselrolle spielen dabei die richtige Auswahl und der Mix innovativer Technologien.

9 Quellen

- [1] Plate, C., Richter, K.: Track&Trace setzt Kennzeichnung voraus. In: VDMA-Nachrichten, Sonderdruck Traceability als Basis für Industrie 4.0, 01/16, S. 30-31
- [2] VDMA Leitfaden, Traceability in Wertschöpfungsnetzwerken, VDMA-Verlag, 2016
- [3] DIN 66277 Automatische Identifikation und Datenerfassungsverfahren - Typenschild mit RFID-Transponder und/oder 2D Barcode, Beuth-Verlag, 2013
- [4] DIN SPEC 16599 (Entwurf) Informationstechnik – Automatische Identifikation und Datenerfassungsverfahren – Rückverfolgbarkeit. Beuth-Verlag, 2016
- [5] DIN SPEC 16589 (Entwurf) Informationstechnik – Automatische Identifikation und Datenerfassungsverfahren – Rückverfolgbarkeit Produkt-zu-Internet-Kommunikation „Pointer to Process“. Beuth-Verlag, 2016
- [6] Plattform I4.0: Ergebnispapier Sichere Identitäten. BMWI, Spreedruck Berlin GmbH, April 2016
- [7] Wenniger, M.: Produkte mit Fingerabdruck. In: VDMA-Nachrichten, Sonderdruck Traceability als Basis für Industrie 4.0, 01/16, S. 25

**SODALIS-FIELD SERVICE
COLLABORATION –
MOBILE ZUSAMMENARBEIT
ZWISCHEN AUßENDIENST
UND INNENDIENST
IM ZEITALTER
VON INDUSTRIE 4.0**

André Baur,
Beeware GmbH



LEBENS LAUF

André Baur

Beeware GmbH, Vertrieb
Pracherstieg 6
38644 Goslar

Telefon: +49 5321 68 32 68 0
E-Mail: andre.baur@beeware.de

seit 2004

Ausbildung zum Fachinformatiker Systemintegration inklusive Abschluss vor der
IHK SRH-Gruppe BfW Heidelberg

Vertriebsmitarbeiter im Außendienst verschiedener Firmen,
hauptsächlich in den Bereichen Geschäftskunden/ B2B

seit 2015

Vertriebsmitarbeiter der Beeware GmbH

SODALIS-FIELD SERVICE COLLABORATION – MOBILE ZUSAMMENARBEIT ZWISCHEN AUßENDIENST UND INNENDIENST IM ZEITALTER VON INDUSTRIE 4.0

André Baur

Die Beeware GmbH ist ein innovatives Tochterunternehmen der Stöbich-Gruppe im Bereich der IT - Schwerpunkt Anwendungsentwicklung - mit Firmensitz in Goslar. Aus der Motivation heraus, nicht nur EINE Lösung, sondern DIE beste Lösung für ihre Kunden zu finden, entstand ihre skalierbare, innovative Softwarelösung SODALIS. Die Flexibilität und Vielfältigkeit des Programms eröffnete den Zutritt zum externen Markt.

SODALIS stellt als Basis Anwendung Live Audio- und Videoübertragung in HD Qualität zur Verfügung. Troubleshooting, Ferninspektionen oder Abnahmen – was bisher Reisezeit und damit Bindung von qualifiziertem Personal bedeutete, kann mit SODALIS direkt vom aktuellen Standort aus zeitnah und unter Mitwirkung der notwendigen Experten erledigt werden, gleich wo diese auch sind.

Das bedeutet nicht nur kürzere Reaktionszeit sondern auch Kostenersparnis, u.a. durch weniger Zeitaufwand für Sie und Ihre Experten und kürzere Stillstandzeiten von Maschinen und Anlagen.

Die wichtigsten Merkmale der SODALIS Produktplattform:

- Gesicherte Audio- und Videokommunikation; bei Bedarf auch auf Ihren Servern
- Hinzunahme von Dritten/ Experten (z.B. auf mobilen Endgeräten)
- Field Service Management mit Schnittstelle zu ERP-Systemen, um Montage-, Kunden- und Auftragsdaten und andere Dokumente bereitzustellen
- Signierung und Verschlüsselungsfunktion für die im Außendienst erzeugten Dokumente, wie Videos, Bilder, etc.
- Smarte Hardware, die ein händefreies Arbeiten ermöglicht

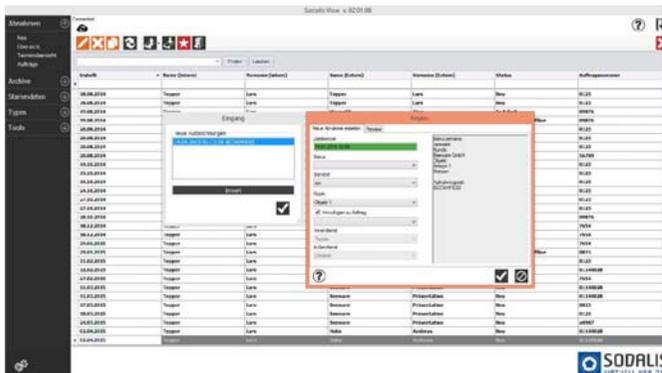
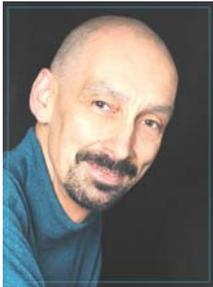


Abb. 1: Sodalıs View
Quelle: Beeware GmbH

TECHNOLOGIE VORISOLIERTER ROHRE IM ANLAGENBAU

Dipl.-Ing. Thadeus-Yitzchack Hoss,
Jabitherm Rohrsysteme AG

LEBENS LAUF



Thadeus Hoss

Jabitherm Rohrsysteme AG
Brügger Str. 6
53842 Troisdorf

Telefon: +49 2241 95 35 10
E-Mail: thadeus.hoss@jabitherm.com

Ausbildungsqualifikationen:

- Dipl.-Ingenieur Elektrotechnik
- Dipl.-Wirtschaftsingenieur
- Dipl.-Wirtschaftsinformatiker
- Psychologie-Studium/Abschluss: Dipl.-Psychologe
- Praktische Ausbildung zum Dipl.-Coach

1983 – 1987

BICC Pyrotenax, Newcastle/Prescot (UK)

1987 – 2001

HEW-KABEL Heinz Eilentropp GmbH & Co. KG, Wipperfürth

1987 – 1990

NELSON ELECTRIC Ltd., Hartford/Tulsa U.S.A.

1992 – 1998

Aufbau einer Produktion/Vertriebsnetz in Skandinavien, Standort: Skellefteå als HEW-KABEL SKANDINAVIA AB Geschäftsleiter

2001 – 2003

THERMON DEUTSCHLAND GmbH, Olpe/Bergisch-Gladbach Interim-Management/Standortverlagerung

2003 – 2007

TYCO THERMAL CONTROLS GmbH, Heidelberg Mitglied der Geschäftsleitung/Aufbau einer Engineering-Abteilung

seit 2007

JABITHERM ROHRSYSTEME AG, Troisdorf, Mitglied erweiterte Geschäftsleitung/B.d.o.L. Standort Bad Lausick
Produktentwicklung/Produktvermarktung

TECHNOLOGIE VORISOLIERTER ROHRE IM ANLAGENBAU

Thadeus Hoss

Eng mit der Entwicklung und Realisierung des Konzeptes vorisolierter Rohrleitungen verbunden, ist die rasante Entwicklung von Kunststoffen in den zurückliegenden Jahrzehnten.

Die zunehmend feinere Differenzierung deren Eigenschaften ermöglichte die Entwicklung neuer Produktkonzepte, wie u.a. der vorisolierten Rohre im Anlagenbau der Chemie, Lebens- und Genussmittelindustrie sowie in extremen Kältesituationen bis -195°C (LNG).

Die Kunststoffe eröffneten so völlig neue Möglichkeiten, spezifische Anforderungen an die Rohrtechnik zu erfüllen. Zusammen mit der Entwicklung von Spezialmaschinen zur Schaumverarbeitung entstand eine kraftschlüssige, feste und verwindungssteife Verbindung zwischen Mediumrohr, Wärmedämmung und Ummantelung.

Nach ersten Installationen in Fernwärmesystemen sind heute weltweit Systeme mit vorisolierten Rohren im Einsatz.

Der Vortrag informiert über die Entwicklung der Isolierwerkstoffe, die Umsetzung der Kundenforderungen und die Erfahrungen aus der Verwendung von modifizierten Isolierwerkstoffen auf Basis von Polyurethan.

DOKUMENTENFLUSS- ANALYSE IM LEBENSZYKLUS VON TECHNISCHEN ANLAGEN

Johannes Schmidt,
Christian Zinke,
Andreas Nareike
Universität Leipzig

LEBENS LAUF



Johannes Schmidt

Universität Leipzig, wissenschaftlicher Mitarbeiter
Augustusplatz 10
04109 Leipzig

Telefon: +49 341 97 32280

E-Mail: johannes.schmidt@uni-leipzig.de

2002 – 2005

Studium Informationstechnik an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg
Heidenheim (Dipl.-Ing. (BA))

2002 – 2005

Student, EADS Telecom Deutschland, Ulm

2005 – 2008

Softwareentwickler, IT-Informatik GmbH, Ulm

2008 – 2010

Masterstudium Informatik an der Universität Leipzig (M.Sc. Informatik)

seit 2010

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Universität Leipzig und Institut für Angewandte
Informatik (InfAI) e. V.

- Forschungsprojekte: EUMONIS, CVtec
- Forschungsinteressen: Erneuerbare-Energie-Anlagen insbesondere
Windenergieanlagen, Dokumentation, Geschäftsprozessoptimierung,
Integration, Normen und Standards, Business Collaboration

DOKUMENTENFLUSSANALYSE IM LEBENSZYKLUS VON TECHNISCHEN ANLAGEN

Johannes Schmidt, Christian Zinke, Andreas Nareike

1 Einführung

Eine technische Anlage wird nach DIN IEC 60050-351 als die «Gesamtheit der technischen Einrichtungen und Vorrichtungen zur Bewältigung einer festgelegten technischen Aufgabe» [1] definiert. Abhängig vom jeweiligen Typ unterscheiden sich technischen Anlagen hinsichtlich ihrer Komplexität, den zu berücksichtigenden Normen und Regelwerken oder auch der Unterteilung des Anlagenlebenszyklus. Für viele moderne technische Anlagen lassen sich eine zunehmende Bedeutung moderner Informationstechnologien sowie eine stärkere Dienstleistungsorientierung beobachten. In vielen Lebensphasen arbeiten unterschiedliche Unternehmen in Wertschöpfungsnetzen zusammen und tauschen anlagenbezogene Informationen digital aus, die in Form von Dokumenten oder Daten vorliegen können (vgl. DIN EN 61355-1 [2] und DIN EN 82045-1 [3]). Diese Entwicklung wird sich durch die zunehmende Verbreitung der Methoden und Techniken von Industrie 4.0 fortführen.

Insbesondere für den Anlagenbetreiber lassen sich hieraus zwei grundlegende Herausforderungen ableiten. Zum einen muss er die anlagenbezogenen digitalen Informationen effizient und strukturiert verwalten und in Abhängigkeit der spezifischen Informationsbedürfnisse der Dienstleister bereitstellen. Zum anderen ist er für das Management der Informationsflüsse zwischen den Dienstleistern verantwortlich, um eine hohe Qualität der durchgeführten Arbeiten sowie eine vollständige Gesamtdokumentation sicherstellen zu können. Mit zunehmender Größe des Wertschöpfungsnetzes und in Abhängigkeit vom Anlagentyp können die hierfür notwendigen Aufwände groß sein.

Dieser Beitrag bezieht sich auf anlagenbezogene Dokumente und befasst sich mit dem Dokumentenfluss im Lebenszyklus von technischen Anlagen. Die Methode der Dokumentenflussanalyse schafft einen begrifflichen und methodischen Rahmen, der diese Herausforderungen handhabbar macht. Ziel ist es, das Verständnis aller Beteiligten zu über- als auch innerbetrieblichen Dokumentenflüssen und -beziehungen zu erhöhen und eine Grundlage für gemeinsame Festlegungen sowie Entscheidungsunterstützungen zu bieten.

2 Dokumentenflussanalyse

In Deutschland muss der Zustand einer Windenergieanlage regelmäßig durch einen Sachverständigen geprüft

werden. Gemäß des Bundesverbands für WindEnergie e.V. sind für diese "wiederkehrenden Prüfungen" (WKP) u.a. die Genehmigung, die Typenprüfung, das Inbetriebnahmeprotokoll, Bedienungsanleitungen sowie Wartungsprotokolle und vorherige Prüfberichte vorzuhalten [4]. Der Anlagenbetreiber muss diese Unterlagen dem Sachverständigen zur Prüfung bereitstellen.

An diesem Beispiel zeigt sich, dass für die Durchführung der WKP Dokumente aus verschiedenen Lebensphasen der technischen Anlage notwendig sind, die von unterschiedlichen Beteiligten erstellt werden. Die Genehmigung wird durch die verantwortlichen Gebietskörperschaften ausgestellt. Das Inbetriebnahmeprotokoll sowie die Bedienungsanleitungen stammen i.d.R. vom Anlagenhersteller. Die Wartungsprotokolle können durch Instandhaltungsdienstleister erstellt werden, wobei für die Durchführung von Instandhaltungstätigkeiten wiederum Bedienungsanleitungen und Datenblätter benötigt werden. Hieraus ergibt sich ein Beziehungs- und Abhängigkeitsnetzwerk für Dokumente aber auch für die Beteiligten. Die Dokumentenflussanalyse ist eine Methode, um diese Beziehungen strukturiert zu erfassen und auszuwerten.

2.1 Methode der Dokumentenflussanalyse

Im Rahmen dieser Arbeit beschreibt der Dokumentenfluss die Zusammenhänge zwischen anlagenbezogenen Dokumenten entlang des Anlagenlebenszyklus. Es soll untersucht werden, wer welches Dokument wann für welche Tätigkeit an welchem Anlagenteil benötigt oder erstellt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich die Dokumentenbedarfe sowohl formal aus normativen Vorgaben und juristischen Rahmenbedingungen als auch empirisch anhand der gelebten Praxis ableiten lassen. Der in dieser Arbeit vorgestellte Ansatz berücksichtigt beide Sichtweisen und stellt sie miteinander in Beziehung.

Für beide Ausgangspunkte sind mindestens fünf grundlegende Erhebungskonzepte notwendig. Der Anlagenlebenszyklus (1) beschreibt das Leben der technischen Anlage, beginnend bei der Idee bis zur Demontage. Rollen (2) sollten anhand ihrer Kompetenzen und Verantwortlichkeitsbereiche eindeutig klassifiziert sein. Auch die Arbeitstätigkeiten (3) sind einheitlich zu definieren und voneinander abzugrenzen. Um allgemeine Aussagen über Dokumente (4) treffen zu können, sollten stellvertretend Dokumentenarten herangezogen werden, die für eine Menge gleichartiger Dokumente stehen. Weiterhin ist eine allgemein verständliche Systematik zur Beschreibung

der technischen Anlage sowie ihrer Anlagenteile (5) notwendig, um den Anlagenbezug von Dokumenten und Arbeitsaufgaben darstellen zu können. In Abbildung 1 sind diese grundlegenden Erhebungskonzepte sowie die beiden Sichtweisen zur Dokumentenflussanalyse stark vereinfacht dargestellt. Die Pfeile stellen gerichtete Inhaltsverweise zwischen den Konzepten dar.

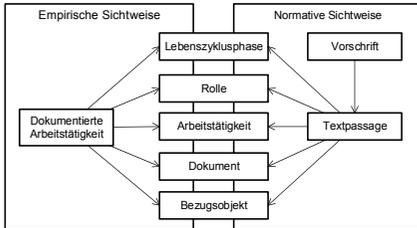


Abbildung 1: Sichtweisen und Erhebungskonzepte für die Dokumentenflussanalyse (eigene Darstellung)

Ausgangspunkt des empirischen Teils der Dokumentenflussanalyse bilden dokumentenbezogene Arbeitstätigkeiten (dokumentierte Arbeitstätigkeit genannt) an der technischen Anlage oder ihren Anlagenteilen (nachfolgend auch Bezugsobjekt genannt). Für ihre Planung und Durchführung können Dokumente unterschiedlichen Typs notwendig oder ein Arbeitsergebnis sein. Jeder dokumentierten Arbeitstätigkeit lässt sich eine verantwortliche Rolle zuordnen. Im Beispiel der WKP ist der Sachverständige in der Lebensphase "Betrieb" für die Durchführung der Arbeitstätigkeit "wiederkehrende Prüfung" der Windenergieanlage verantwortlich. Für die Prüfung sind die zuvor genannten Dokumente notwendig. Als Arbeitsergebnis stellt der Sachverständige einen Prüfbericht aus.

Aus normativer Sicht definieren Gesetze, Verordnungen sowie internationale und nationale Normen und Standards (zusammenfassend Vorschriften genannt) die Betreiber- und Dokumentationspflichten. Sie schreiben aber in der Regel nicht vor, bei welchen konkreten Arbeitstätigkeiten und mit Hilfe welcher Dokumente der Nachweis erfolgen soll. Mit dem Ansatz der Dokumentenflussanalyse können diese Informationen systematisch erfasst, ergänzt und miteinander in Beziehung gesetzt werden. Da sich einzelne Abschnitte einer Vorschrift auf unterschiedliche Arbeitsaufgaben oder auch verschiedene Bezugsobjekte beziehen können, wurde die Textpassage als verbindendes Element eingeführt.

2.2 Analyse der Dokumentenflüsse

Ein Ergebnis der Dokumentenflussanalyse ist eine Dokumentenflusslandkarte, die sich aus der Auswertung der Folgen von dokumentierten Arbeitstätigkeiten ergibt. Sie dient zur grundlegenden Orientierung für alle Beteiligten. Aus dieser Landkarte sind sowohl Rollen- als auch Dokumentennetzwerke direkt ableitbar. Durch die Gegenüberstellung mit den Anforderungen aus der normativen Sichtweise können Lücken im Dokumentenfluss identifiziert werden. Werden zusätzlich Metadaten zu Dokumenten erfasst, sind umfassende Auswertungen zu den Informationsflüssen möglich. Die Abbildung 2 stellt das Grundprinzip der Dokumentenflusslandkarten vereinfacht dar.

Mit Hilfe der Dokumentenmetadaten (siehe auch DIN EN 82045-1 [5]) können Rückschlüsse auf den Inhalt der Dokumente gezogen werden. In Wartungsanweisungen sind bspw. Vorgaben definiert, die in einem Wartungs-

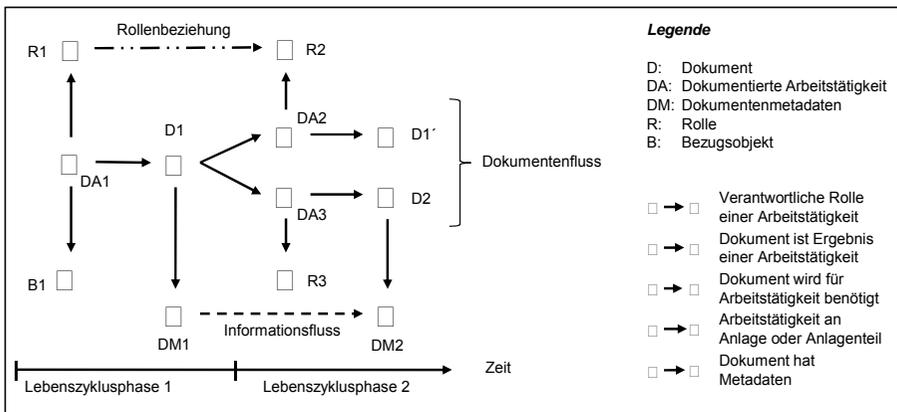


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Erhebungskonzepte für die Dokumentenflussanalyse (eigene Darstellung)

protokoll dokumentiert sind. Das bedeutet, dass die Informationen eines Wartungsprotokolls sich auf diejenigen in der Wartungsanweisung beziehen (siehe DM1 und DM2 für DA3 in Abbildung 2).

Neben der Verwendung als Wissensartefakt können Dokumente in dokumentierten Arbeitstätigkeiten auch verändert oder abgeschlossen werden. Dies ist in Abbildung 2 für die dokumentierte Arbeitstätigkeit DA2 dargestellt. D1' ist eine geänderte Version des eingehenden Dokumentes D1.

2.3 Potentiale der Dokumentenflussanalyse

Die Dokumentenflussanalyse ist eine unterstützende Methode für alle Mitglieder des Wertschöpfungsnetzes einer technischen Anlage. Anhand der logischen Folge von dokumentierten Arbeitstätigkeiten lassen sich Rückschlüsse auf die direkten und indirekten Abhängigkeiten zwischen den Beteiligten ziehen. In Abbildung 2 ist die Rolle R2 direkt von Arbeitsergebnissen von R1 abhängig. Da beide Beteiligte in unterschiedlichen Lebensphasen der technischen Anlage agieren, ist es möglich, dass dies den beiden Rollen nicht bekannt ist. Die Auswertung der Rollenbeziehungen macht diese Zusammenhänge sichtbar. Die Ergebnisse der Dokumentenflussanalyse können dadurch die Grundlage für Abstimmungsprozesse darstellen, um z.B. den Informationsgehalt von Dokumenten an die spezifischen Informationsbedarfe der nachfolgenden Rollen anzupassen.

Wird für die Dokumente eine Vertraulichkeitseinstufung erfasst, können Unterbrechungen im Dokumentenfluss identifiziert werden. Hätte D1 den Status "vertraulich", wäre der Dokumentenfluss gestört. Derartige Auswertungen sind durch den empirischen Ansatz möglich. Die Beteiligten benennen ihre jeweiligen Dokumentenbedarfe, ohne wissen zu müssen, welche Rolle diese Dokumente vorhält. Die Auswertung der Dokumentenflüsse kann somit eine Grundlage für vertragliche Festlegungen der Verfügbarkeit von Dokumenten darstellen, z.B. für die Abstimmung der Übergabedokumentation mit dem Anlagenhersteller.

Liegt ein vollständiger Dokumentenfluss für eine technische Anlage vor, lassen sich hieraus Rückschlüsse und Anforderungen an die Vollständigkeit der Gesamtdokumentation (Lebenslaufakte, siehe auch [6]) der Anlage ziehen. Ist ein Dokument sowohl aus empirischer als auch normativer Sichtweise nicht relevant, ist es auch nicht zwingend notwendig, es über eine lange Zeit vorzuhalten. Zudem können anhand der Dokumentenflusslandkarte nachfolgende Arbeitstätigkeiten eindeutig benannt werden. Dies ermöglicht Verbesserungen in der Steuerung der Arbeitstätigkeiten.

Die Erhebungsmethodik sieht vor, dass eine dokumentierte Arbeitstätigkeit durch verschiedene Rollen durchgeführt werden kann. Hiernit wird der zunehmenden Dienstleistungsorientierung Rechnung getragen. Wird eine Arbeitstätigkeit von verschiedenen Dienstleistern erbracht, kann das bedeuten, dass sich die jeweils notwendigen Dokumente oder auch die Ergebnisdokumente unterscheiden können. Mit Hilfe der Dokumentenflussanalyse lassen sich die verschiedenen Dienstleister hinsichtlich des Umfangs der Dokumentation vergleichen. Dasselbe gilt für gleichlautende Arbeitstätigkeiten für unterschiedliche Bezugsobjekte.

Ein weiteres Anwendungsgebiet der Dokumentenflussanalyse ist die (inter-)nationale oder innerbetriebliche Normung. Die Dokumentenflusslandkarte kann als ein Referenzmodell verstanden werden, aus der sich normative Festlegungen in Form von Tätigkeits- oder rollenbezogenen Dokumentenbedarfslisten ableiten lassen.

Abschließend sei das Anwendungsgebiet des Änderungs- bzw. Risikomanagements genannt. Anhand der Dokumentenflusslandkarte können Änderungen im Dokumentenfluss vorab bewertet werden. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund von sich ändernden gesetzlichen Dokumentationspflichten aber auch bei Änderungen in der Ausgestaltung des Wertschöpfungsnetzes von Interesse.

3 Dokumentenflussanalyse mit DocReq

Mit der Dokumentenflussanalyse werden anlagenbezogene Informationen miteinander in Beziehung gesetzt. Als unterstützendes Werkzeug wurde die webbasierte Software DocReq (Document Requirements) entwickelt, mit der alle Beteiligten die notwendigen Informationen kollaborativ erfassen können. Im Wesentlichen können die in Abbildung 2 dargestellten Erhebungskonzepte über Eingabeformulare erhoben werden. Die Software sieht zusätzlich zahlreiche Querbeziehungen zwischen ihnen vor, die über Links miteinander verknüpft sind. Der Zugriff auf die Software wird über ein Rollen- und Berechtigungskonzept abgesichert. Weiterhin lassen sich Änderungen an den Eingaben bis zum Bearbeiter zurückverfolgen.

Für die Auswertung der Dokumentenflüsse stehen dem Benutzer interaktive Graphendarstellungen, Matrixauswertungen sowie tabellarische Gegenüberstellungen zur Verfügung. Über eine offene Schnittstelle können Informationen im- und exportiert werden. Weiterhin können die Arbeitstätigkeiten in Form der Business Process Model and Notation (BPMN) geladen, visualisiert und exportiert werden.

3.1 Empirische Sichtweise

Um einen einfachen und verteilten Zugriff auf die Software sicherstellen zu können, wurde die Software als Web-anwendung konzipiert. Alle wichtigen Akteure sollten bei der Erhebung der Dokumentenflüsse einbezogen werden. So kann jeder Benutzer aus seiner spezifischen Sichtweise dokumentierte Arbeitstätigkeiten anlegen und die hierfür notwendigen Eingangs- und Ergebnisdokumente benennen. In der nachfolgenden Abbildung 3 ist dies für den Prüfbericht des Beispiels der WKP dargestellt. Die Dokumentenart „_DD Prüfbericht“ kann durch den Benutzer aus einer Liste ausgewählt werden. Ergebnisdokumente werden als ausgehend gekennzeichnet. Mit der Angabe „Ist Nachweis“ kann ein Dokument im Sinne einer Dokumentationspflicht als Nachweisdokument markiert werden.

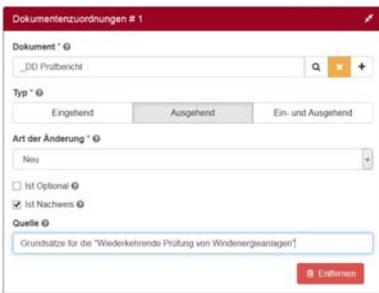


Abbildung 3: Definition einer Dokumentenzuordnung (eigene Darstellung)

Weiterhin kann individuell festgelegt werden, welcher Benutzer neue Informationen (wie Dokumente, Arbeitstätigkeiten usw.) anlegen kann. Aus allen Eingaben errechnet die Software die Dokumentenflusslandkarte als interaktive Graphendarstellung (siehe auch Abbildung 5).

3.2 Normative Sichtweise

Für die meisten zu erfassenden Informationen können und sollten Festlegungen aus Normen und Richtlinien herangezogen werden. Die DIN 28000-1 [7] definiert bspw. einen sehr ausführlichen Lebenszyklus für verfahrenstechnische Anlagen. Alternativ kann man aber auch auf den allgemeinen Produktlebenszyklus nach VDI 4500-1 [8] oder den Lebenszyklus für Erneuerbare-Energie-Anlagen nach DIN SPEC 91303 [9] zurückgreifen. Dokumentenarten sind in der DIN EN 61355-1 [2] international genormt definiert. Für Kraftwerke liegt eine erweiterte Dokumentenartenliste mitsamt spezifischen Erläuterungen als VGB-Richtlinie B 103 [10] vor. Abbildung 4 zeigt eine tabellarische Ansicht der Dokumentenarten in

DocReq. Für die Beschreibung der Anlagenstruktur kann man ebenfalls auf internationalen Normenwerken aufbauen. Durch die Verwendung einer mehrdimensionalen Anlagenstruktur können Anlagenbezüge unabhängig von der konkreten Auslegung der Anlage definiert werden (siehe DIN EN 81346-1 [11] sowie KKS und RDS-PP®). Gesetze und Normenlisten können über digitale Rechtskataloge und Normeninformationssysteme eingebunden und verknüpft werden. Hierfür kann man auf verschiedene Anbieter zurückgreifen. Für Arbeitstätigkeiten und Rollen liegen bisher keine verbindlichen Regelwerke vor (ggf. Dienstleistungsklassifikation in DIN SPEC 91310 [12]).

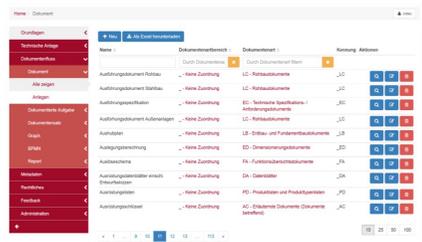


Abbildung 4: Listensicht von Dokumenten(arten) (eigene Darstellung)

Neben diesen grundlegenden Informationen existieren auch Normen und Richtlinien, die bereits Beziehungen zwischen den Dokumenten, der Anlage bzw. ihren Ausrustungsteilen oder den Anlagenlebenszyklusphasen definieren (siehe u.a. [7], [13] oder auch [14]). Für die Dokumentenflussanalyse sind die darin getroffenen Festlegungen jedoch nicht detailliert genug, da sie nicht alle notwendigen Bezüge betrachten. Weiterhin ist zu beachten, dass sich diese Richtlinien auf Grund ihres unterschiedlichen Anwendungsbereiches widersprechen können. Es ist daher notwendig, sie vor dem Import in DocReq zu prüfen und ggf. zu harmonisieren.

In diesem Jahr wurde durch den VDI ein Gremium zur Richtlinie 2770 "Digitale Herstellerinformationen" konstituiert, das verbindliche Regelungen zur Herstellerdokumentation von verfahrenstechnischen Anlagen treffen wird. Diese Richtlinie kann daher für die frühen Lebensphasen der technischen Anlage herangezogen werden.

3.3 Erfahrungen zur Dokumentenflussanalyse

Es konnten bereits erste Erfahrungen zur Anwendbarkeit der Dokumentenflussanalyse und zum Umgang mit der Software DocReq gesammelt werden. Hierzu wurden Praxis- und Wissenschaftspartner aus verschiedenen Branchen einbezogen.

Mit Hilfe der Dokumentenflussanalyse sind umfassende und aussagekräftige Auswertungen zu Dokumenten- und

Rollenbeziehungen möglich. Die zahlreichen Zusammenhänge zwischen den Erhebungskonzepten setzt jedoch eine grundlegende Auseinandersetzung mit der Methode sowie der Software DocReq voraus. Sofern Festlegungen aus Normen oder (internen) Richtlinien übernommen werden, ist die selbstständige Erfassung der dokumentierten Aufgaben nach einer kurzen Einweisung in die Software gut umzusetzen. Besonders die graphischen Darstellungen der Dokumentenflusslandkarten sowie die Möglichkeit der bedarfsgerechten Filterung wurden von den Partnern positiv bewertet. In Abbildung 5 ist eine solche Graphendarstellung abgebildet. Mit Hilfe von Farbmarkierungen werden die Lebenszyklusphasen gekennzeichnet. Die Anzeige kann individuell gefiltert und einzelne Flüsse in der Darstellung gesondert markiert und hervorgehoben werden.

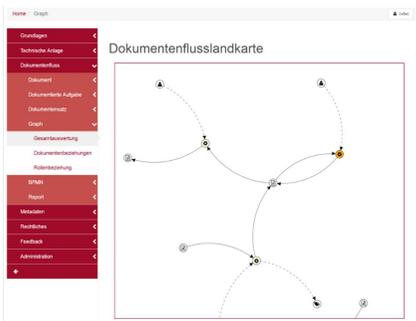


Abbildung 5: Gesamtdarstellung des Dokumentenflusses als interaktiver Graph (eigene Darstellung)

Eine große Herausforderung liegt in der Definition der Dokumente bzw. den Dokumentenarten. Zwar wird in zahlreichen Regelwerken auf die DIN EN 61355-1 [2] verwiesen, jedoch ist sie nur wenig verbreitet. Daher können in der Praxis Namen von Dokumenten(arten) unterschiedlich verstanden werden, wodurch sich die Erhebung der Dokumentenflüsse erschwert. Die große Menge an unterschiedlichen Dokumentenarten ist ebenfalls herausfordernd. Daher wird empfohlen, bei der Erfassung der empirischen Informationen Feedbackmechanismen einzusetzen und regelmäßige Besprechungen und Auswertungen von Zwischenständen durchzuführen. Weiterhin sollte die Dokumentenflussanalyse durch die verantwortlichen Dokumentationsstellen oder einen erfahrenen Experten fachlich begleitet werden.

Die Dokumentenflussanalyse bezieht sich lediglich auf Tätigkeiten mit Dokumentenbezug. Daraus ergibt sich, dass zwei aufeinanderfolgende dokumentierte Arbeitstätigkeiten nicht zwingend eine direkte Folge im Arbeitsablauf beschreiben müssen. Das Inbetriebnahmeprotokoll ist ein Ergebnisdokument der Arbeitstätigkeit "Errichten der

technischen Anlage" und wird in der Betriebsphase für die WKP benötigt. Dazwischen werden noch zahlreiche andere Tätigkeiten durchgeführt, die aber aus Sicht des Dokumentenflusses irrelevant sein können.

Ähnlich wie in der Geschäftsprozessmodellierung ist die Festlegung der Granularität der Arbeitstätigkeiten schwierig. Zu grob granulare dokumentierte Arbeitstätigkeiten können zu viele eingehende und ausgehende Dokumente besitzen. Sie wären damit nur wenig aussagekräftig. Sind die Arbeitstätigkeiten zu fein definiert, können die Aufwände für die Erhebung zu groß sein. Ähnliche Herausforderungen sind bei der Festlegung der Rollen zu bedenken.

4 Zusammenfassung

Die in dieser Arbeit vorgestellte Dokumentenflussanalyse sowie die Software DocReq wurden als Hilfsmittel für die Erfassung von relevanten Dokumenten für die (digitale) Lebenslaufakte für technische Anlagen entwickelt. Um die Relevanz eines Dokumentes bewerten zu können, sollten entweder die Dokumentationspflicht oder die Rollen mit dem entsprechenden Informationsbedarf bekannt sein. Durch die normative und empirische Sichtweise auf die Dokumentenflüsse können beide Anforderungen abgedeckt werden. Bisher sind keine Richtlinien bekannt, die im Sinne dieser Arbeit die Dokumentenbedarfe über den gesamten Anlagenlebenszyklus systematisch beschreiben. Einige Gremien, bspw. beim VDI, der FGW, dem DIN oder auch der GEFMA, greifen inzwischen diese Problematik (in Teilen) auf.

Die Methode der Dokumentenflussanalyse ist auf verschiedene Arten von technischen Anlagen anwendbar, zumal sich viele von ihnen eine gemeinsame normative Basis teilen. Um spezielle Anforderungen in Abhängigkeit vom Anlagentyp abdecken zu können, wurde die Software DocReq so flexibel konzipiert, dass mit geringem Aufwand neue Erhebungskonzepte hinzugefügt (z.B. Stoffe bei verfahrenstechnischen Anlagen) und die Eingabefelder einfach angepasst werden können. Die bisherigen Einschätzungen aus der Praxis sind grundlegend positiv. DocReq soll aber in weiteren Anwendungsfällen erprobt und optimiert werden.

Grundsätzlich schafft die Analyse der Dokumentenflüsse eine verbesserte Übersicht zu den Rollen- und Dokumentenbeziehungen. Dies ist insbesondere im überbetrieblichen Umfeld wichtig, um eine effiziente Kooperation sowie eine hochwertige und vollständige Gesamtdokumentation sicherstellen zu können - und das in allen Anlagenlebensphasen. Aus diesem Grund wird aktuell geprüft, in wie weit die Ergebnisse der Dokumentenflussanalyse und die Software DocReq in die Arbeiten des

Unternormenausschusses zur "Lebenslaufakte für technische Anlagen" eingesetzt werden können.

5 Literatur

1. DIN (2014) Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch - Teil 351: Leittechnik (IEC 60050-351:2013)(DIN IEC 60050-351)
2. DIN (2009) Klassifikation und Kennzeichnung von Dokumenten für Anlagen, Systeme und Ausrüstungen - Teil 1: Regeln und Tabellen zur Klassifikation (IEC 61355-1:2008); Deutsche Fassung EN 61355-1:2008(DIN EN 61355-1; VDE 0040-3:2009-03)
3. DIN (2001) Dokumentenmanagement - Teil 1: Prinzipien und Methoden (IEC 82045-1:2001); Deutsche Fassung EN 82045-1:2001(DIN EN 82045-1)
4. Bundesverband WindEnergie e.V. (2012) Grundsätze für die "Wiederkehrende Prüfung von Windenergieanlagen": Verabschiedet durch den technischen Sachverständigenbeirat des BWE 2012, Berlin
5. DIN (2005) Dokumentenmanagement - Teil 2: Metadaten und Informationsreferenzmodelle (IEC 82045-2:2004); Deutsche Fassung EN 82045-2:2005(DIN EN 82045-2)
6. Schweitzer C, Krause F, Rantzsch P et al. (2015) Die digitale Lebenslaufakte für den effizienten Anlagenbetrieb in der Zukunft. In: Schenk, Michael (Hg.) Digitale Intelligenz im Maschinen- und Anlagenbau: 22./23. Industriearbeitskreis 2014/2015 Kooperation im Anlagenbau, Magdeburg, Seite 71–78
7. DIN (2011) Chemischer Apparatebau - Dokumentation im Lebensweg von Prozessanlagen - Teil 1: Erfassung der grundlegenden und ergänzenden Dokumentation(DIN 28000-1)
8. VDI (2006) Technische Dokumentation: Begriffsdefinitionen und rechtliche Grundlagen(VDI 4500 Blatt 1)
9. DIN (2015) Bestandteile und Struktur einer Lebenslaufakte für Erneuerbare-Energie-Anlagen(DIN SPEC 91303)
10. VGB PowerTech (2010) Kennbuchstaben für Dokumentenartklassen in Kraftwerken (DCC-Schlüssel)(VGB B 103)
11. DIN (2010) Industrielle Systeme, Anlagen und Ausrüstungen und Industrieprodukte - Strukturierungsprinzipien und Referenzkennzeichnung - Teil 1: Allgemeine Regeln (IEC 81346-1:2009); Deutsche Fassung EN 81346-1:2009(DIN EN 81346-1)
12. DIN (2014) Klassifikation von Dienstleistungen für die technische Betriebsführung von Erneuerbare-Energie-Anlagen(DIN SPEC 91310)
13. VGB PowerTech (2015) Lieferung der Technischen Dokumentation (Technische Anlagendaten, Dokumente) für Anlagen der Energieversorgung(VGB-S-831-00 (EX R 171))
14. VGB PowerTech (2012) Instandhaltungsgerechte Dokumentationen(VGB-S-029-T-00;2012-03-DE)

6 Danksagung

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundprojekts CVtec (FKZ: 01IS14016C). Unser Dank gilt allen Projektpartnern sowie den assoziierten Partnern für die wertvollen Einschätzungen und Erweiterungsvorschläge.

BIG-DATA: BESTIMMUNG DER BIG-DATA-ARTIGKEIT VON PROJEKTEN

M. Sc. Matthias Volk,
M. Sc. Stefan Willi Hart
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

LEBENS LAUF



M. Sc. Stefan Willi Hart

Otto-von-Guericke Universität, wissenschaftlicher Mitarbeiter
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg

Telefon: +49 391 67 52869
E-Mail: stefan.hart@ovgu.de

01/2009 - 06/2009

Mitarbeit am Webseitenprojekt für die
Godi l'arte GmbH Staatsoper Hamburg
Hauptaufgaben: Programmierung von Web Applikation

03/2010 – 10/2010

Mitarbeit am Webseitenprojekt für die
Show Palace Catering GmbH Friedrichstadtpalast
Hauptaufgaben: Projektleitung und Programmierung von Web
Applikation

04/2010 – 03/2011
11/2011 – 09/2012

Studentische Hilfskraft am „Fraunhofer – Institut für Fabrikbetrieb und –
automatisierung IFF Magdeburg“ Abteilung Logistik- und Fabrikssysteme
Hauptaufgaben: Programmierung von Instandhaltungssoftware

04/2011 – 10/2011

Praktikum am „Fraunhofer – Institut für Fabrikbetrieb und –
automatisierung IFF Magdeburg“ Abteilung Logistik- und Fabrikssysteme
Hauptaufgaben: Konzeption einer Warehouse Management Lösung
und Programmierung von Instandhaltungssoftware

09/2011

Bachelor of Science der Wirtschaftsinformatik an der Otto-von-Guericke
Universität Magdeburg

04/2012 – 10/2012

Mitarbeit am Web Applikation Projekt für die
FörderService GmbH der Investitionsbank Sachsen-Anhalt
Hauptaufgaben: Programmierung einer Web Applikation zur
Verwaltung von Projektdaten

10/2013

Master of Science der Wirtschaftsinformatik an der Otto-von-Guericke
Universität Magdeburg

seit 11/2013

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Otto-von-Guericke Universität
Magdeburg Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik
Hauptaufgabe: Lehre und Forschung im Bereich Very Large Business
Applications, In-Memory Datenbanken, Big Data Technologien,
Modellierung und Projektmanagement

LEBENS LAUF



M. Sc. Matthias Volk

Otto-von-Guericke Universität, wissenschaftlicher Mitarbeiter
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg

Telefon: +49 391 67 58389
E-Mail: matthias.volk@ovgu.de

11/2012 – 01/2014

Studentische Hilfskraft bei der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg an der Fakultät für Informatik für die Arbeitsgruppe CSE

- Fortführende App-Entwicklung in Android
- Aufstellen von Anforderungen und Lösungskonzepten
- Tests und Validierung der entwickelten Lösungen
- Pflege und Aktualisierung von Datenbanken

08/2013 – 11/2013

Berufspraktikum bei der Volkswagen AG in Wolfsburg in der Abteilung Group Service Bus

- Entscheidungsfindung über die Einführung eines CRM Systems zur Unterstützung der Kunden Kommunikation
- Mitwirkung bei der Einführung einer geeigneteren Alternative
- Entwicklung einer Komponente für das interne Monitoring Tool

06/2014

Bachelor of Science der Wirtschaftsinformatik an der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg

12/2013 – 12/2015

Studentische Hilfskraft bei der Volkswagen AG in Wolfsburg in der Abteilung Group Service Bus

- Fortführende Entwicklung einzelner Komponenten von intern erstellten und verwendeten Applikationen

02/2016 – 04/2016

Studentische Hilfskraft bei der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg an der Fakultät für Informatik für die Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik I

- Unterstützung verschiedener Tätigkeiten
- Verfassung eines wissenschaftlichen Beitrages

01/2016

Master of Science der Wirtschaftsinformatik an der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg

seit 04/2016

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik
Hauptaufgabe: Lehre und Forschung im Bereich Very Large Business Applications, Big Data, Modellierung und Projektmanagement

BIG-DATA: BESTIMMUNG DER BIG-DATA-ARTIGKEIT VON PROJEKTEN

M. Sc. Matthias Volk, M. Sc. Stefan Willi Hart

1 Einleitung

Im Zeitalter von Industrie 4.0, dem Internet der Dinge, sozialen Medien, mobilen Endgeräten und im Allgemeinen der zunehmenden Digitalisierung der Welt, steigen die Mengen an Daten von Jahr zu Jahr nahezu exponentiell an. Aus immer neuen Quellen besteht die Notwendigkeit die meist verschiedenartig strukturierten Daten zu akquirieren, zu konsolidieren, zu verarbeiten und auszuwerten. Immer neue Potentiale werden entdeckt, die sich aus diesen Daten ergeben und dazu führen, dass sowohl in der Wissenschaft als auch in der Wirtschaft das Interesse zunehmend steigt. Oftmals versagen an diesem Punkt herkömmliche Techniken und Technologien.

Der Begriff Big-Data hat sich aus diesem Grund in den letzten Jahren, im Zusammenhang der massenhaften Datenverarbeitung, wie kein anderer hervorgehoben. Der Ruf nach immer neuen Möglichkeiten, neuartigen Technologien und effizienten Methoden zur Bewältigung der gewaltigen Datenmengen hat dazu geführt, dass insbesondere in den letzten Jahren bei Organisationen ein regelrechter Hype um den Einsatz entstanden ist. Häufig ist es das Ziel bisher ungenutzte Informationen zu verarbeiten, um einen wirtschaftlich sinnvollen Nutzen zu erzielen und sich im harten Konkurrenzkampf im Wettbewerb zu etablieren. Zuverlässige Prognosen, neue Geschäftsmodelle, Steigerung von Umsätzen, Kosteneinsparung und die Erhöhung der Produktivität sind nur einige der Möglichkeiten, die dazu beitragen können. Kritisch im Kontext dieser Betrachtung ist, dass noch heute eine Vielzahl von Problemen existieren, die als gewisse Hemmnisse bei einem potentiellen Einsatz fungieren.

Dazu gehören Wissenslücken in diesem Bereich, die sich in einem Defizit bei der Identifikation des notwendigen Expertenwissens, infrastrukturelle Anpassungen, monetäre Aufwendungen und Migrationen, widerspiegeln. Die Folge ist das Projekte aufgrund mangelhafter Kenntnisse scheitern oder fehlerhaft umgesetzt werden, wenn unter anderem ein solcher Einsatz nicht erforderlich gewesen wäre. Dabei ist der Ursprung meist in einer mangelhaften Anforderungsermittlung und Auseinandersetzung, der zu prozessierenden Daten, zu finden. Die aus dem Misserfolg resultierenden Fehlinvestitionen von Ressourcen, in Hinblick auf Zeit und Geld, hinterlassen einen negativen Eindruck bei den Verantwortlichen. Retrospektiv führt es bei Organisationen dazu, dass die Unwissenheit und Unsicherheit in Bezug zu Big-Data weiter steigt. Doug Laney, der als Urheber der drei Charakteristiken der Menge, der Geschwindigkeit und der Struktur der Daten

gilt, hat mit seinem Modell zum Gartner Data-Magnitude-Index einen ersten Ansatz geliefert, der sich dieser Problemstellung annimmt. Ausgehend von den von ihm postulierten Charakteristiken und den zu prozessierenden Daten in IT Projekten lassen sich die empfohlenen Technologiegenerationen bestimmen. Aufgrund des Jahres der Veröffentlichung in 2012, dem stetigen Wandel Big-Data's, den immer neuen Charakteristiken die hinzugekommen sind und der fehlenden Beschreibung seitens Laney's, wurde eine entsprechende Anpassungen vorgenommen. Dazu wurde mittels der Forschungsmethodik einer Design-Science nach Hevner und Pepper ein Artefakt in der Form eines quantitativen Klassifikationsframeworks entwickelt, welches in einem Prozess zur spezifischen Ermittlung von nicht funktionalen Anforderungen integriert ist[23].

Auf Basis des von Laney geschaffenen Modells, einer strukturierten Literaturrecherche und der Untersuchung von 51 Fallstudien des amerikanischen National Institute of Standards and Technology (NIST) wurden die dazu benötigten Charakteristiken sowie deren Einteilungen identifiziert und abgeleitet. Zur entsprechenden Überprüfung der Brauchbarkeit, Qualität und Effektivität des konstruierten Artefaktes wurde eine Evaluierung anhand dreier Anwendungsfälle durchgeführt, die durch eines der größten europäischen Consultingunternehmen bereitgestellt wurden. Anwender sollen mithilfe dieser Lösung nicht nur die reine Einsatzfähigkeit von Big-Data Technologien bestimmen können, auch die Ableitung von Expertenwissen, Kosten und möglichen technologischen Ausrichtungen soll in jedweder Phase eines Projektes durchgeführt werden können.

Die Arbeit ist folgendermaßen strukturiert. Im Kapitel 2 erfolgt die Definition der benötigten Wissensbasis. Dem Leser wird des Weiteren ein umfangreicher Überblick über die aktuell existierenden Eigenschaften gegeben. Im darauffolgenden Kapitel wird das Evaluierungsmodell zur Bestimmung der Big-Data-artigkeit vorgestellt.

2 Grundlagen

2.1 Definition

Aufgrund der Menge unterschiedlicher Ansätze, die versuchen den Begriff Big-Data auf entsprechende Art und Weise zu beschreiben, ist es schwer eine eindeutige Definition zu finden. In den letzten Jahren hat sich die Definition von Big Data stark verändert.

So beschrieb das Analystenhaus Gartner den Begriff wie folgt: »Big data is high-volume, high-velocity and high-variety information assets that demand cost-effective, innovative forms of information processing for enhanced insight and decision making« [1]. Initial wurden, die von Laney identifizierten Eigenschaften, als wesentlicher Bestandteil Big-Data's hervorgehoben, sowie die Notwendigkeit diese kosteneffizient auf unterschiedlichen Wegen umzusetzen, um beispielsweise eine Unterstützung bei der Entscheidungsfindung zu erzielen.

Auch der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V (BITKOM), der insbesondere im Zusammenhang mit deutschsprachigen Beiträgen aufgetaucht ist, hat sich mit dem Thema Big-Data auseinandergesetzt. Dabei wird der Begriff folgendermaßen beschrieben: « Big Data bezeichnet die Analyse großer Datenmengen aus vielfältigen Quellen in hoher Geschwindigkeit mit dem Ziel, wirtschaftlichen Nutzen zu erzeugen.« [2, S.7]. Anders als in der zuvor genannten Version Gartners wird hier zusätzlich von der Analyse gesprochen, die laut dem in 2012 veröffentlichten Leitfa-den eine besondere Merkmalsausprägung Big-Data's darstellt [2, S.19]. Im Vordergrund stehen hier zahlreiche Methoden zur Erkennung und Nutzung von Mustern, bei denen bisherige Datenanalyse-Verfahren erheblich erwei-tert wurden und insbesondere die Geschwindigkeit bei der Umsetzung ausschlaggebend ist [2, S.21].

An dieser Stelle ging die mehrfach in der Literatur erwähnte NIST-Big-Data-Working-Group (NBD-WG) noch einen Schritt weiter und beschrieb den Begriff folgendermaßen: »Big Data consists of extensive datasets, primarily in the characteristics of volume, velocity, and/or variety that require a scalable architecture for efficient storage, manipulation, and analysis« [3, S.5]. Anders als die vor-herige Definition wird zusätzlich die Skalierbarkeit der zugrundeliegenden Architektur hervorgehoben, um eine effiziente Speicherung, Manipulation und Analyse der Daten zu erreichen. Genauer wird dazu in der jüngst veröffentlichten Publikation des NIST Stellung bezogen [3]. In der mehrteiligen Reihe zur Thematik Big-Data wird sich innerhalb von sieben Bänden sehr stark mit einzelnen Themengebieten auseinandergesetzt [3, S.2]. Neben einer allgemeinen Definition wird innerhalb des ersten Bands - Definitionen auch auf weitere Charakteristiken eingegan-gen, die den Begriff ausmachen und insbesondere auf die dahinterliegende Architektur abzielen. So wird verlangt, dass der zugrundeliegenden Konzeptionierung des Sys-tems eine entsprechende horizontale Skalierbarkeit unter-liegt, da nur diese mit den Big-Data relevanten Daten umgehen kann [3, S.5–6]. Anders als bei der vertikalen Skalierung wird hier nicht versucht die Ressourcen eines bestehenden Systems stetig zu erweitern, zum Beispiel durch zusätzlichen Festplattenspeicher.

Bereits bei der Gegenüberstellung dieser geringen Anzahl, der wohl bekanntesten Definitionen zum Thema Big-Data, wird abermals offensichtlich, dass heutzutage noch immer keine allgemeingültige Begriffsbeschreibung existiert. Auffällig wird bei der Betrachtung der Veröffentlichungszeitpunkte, dass diese mit zunehmender Aktualität immer spezifischer werden, wie die Definition des NIST aus dem Jahr 2015 gezeigt hat. Zusammengefasst werden aus diesem Grund alle ermittelten Bestandteile, wie sie zu Teilen im weiteren Fortgang des Kapitels erläutert werden und den Begriff Big-Data beschreiben, in Tabelle 1 dargestellt.

Bestandteil	Beschreibung
Eigenschaften	Eine Vielzahl von Eigenschaften charakterisieren die Daten mit denen im Kontext Big-Data gearbeitet wird.
Skalierbarkeit	Zur effizienten Verarbeitung, der auf den Eigenschaften basierenden Daten; sind architekturrelevante Aspekte von wesentlicher Bedeutung.
Analyse	Umfangreiche Analysemethoden erlauben es, die Menge der zugrundeliegende Daten zu untersuchen und einen Mehrwert daraus zu gewinnen.
Neuartige Technologien	Die Menge der Daten und deren Eigenschaften können mittels klassischer Technologien nicht mehr umgesetzt werden. Neuartige Ansätze und deren effizientes Zusammenspiel sind notwendig.

Tabelle 1: ermittelte Bestandteile

Mit dieser Problematik beschäftigte sich auch der Beitrag Defining architecture components of the Big-Data Ecosystem von Demechenko et al. [4]. Ähnlich dem hier vorgestellten Ablauf versuchte dieser eine aktuelle und umfassende Definition zu liefern. Als Ergebnis wurde die bereits bestehende Beschreibung Gartners dahingehend umformuliert, dass dieser noch zusätzliche Inhalte aufgriff und wie folgt lautete:

»Big Data (Data Intensive) Technologies are targeting to process high-volume, high-velocity, high-variety data (sets/assets) to extract intended data value and ensure high-velocity of original data and obtained information that demand cost-effective, innovative forms of data and information processing (analytics) for enhanced insight, decision making, and processes control; all of those demand (should be supported by) new data models (supporting all data states and stages during the whole data lifecycle) and new infrastructure services and tools that allow obtaining (and processing) data from a variety of sources (including sensor networks) and delivering data in a variety of forms to different data and information consumers and devices«[4]

Da diese sehr ausführliche Definition und deren Inhalte nahezu deckungsgleich mit den zuvor ermittelten Bestandteilen ist, besteht nicht die Notwendigkeit einer eigens kreierte Definition für den Umfang dieser Arbeit.

2.2 Eigenschaften

Als wesentlicher Bestandteil des Begriffes Big-Data werden die Eigenschaften beschrieben, die sich grundsätzlich mit den dahinterliegenden Daten beschäftigen.

Ausgehend von den grundlegenden Kerneigenschaften: der Größe, der Struktur und der Geschwindigkeit der Daten und deren Verarbeitung, wurde seit etwa 2013 bemerkt, dass immer neue Eigenschaften hinzugekommen sind.

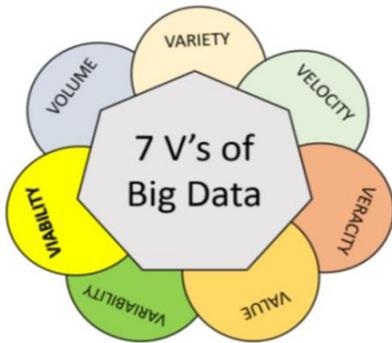


Abbildung 1: 7-V- Modell

Als der wohl wichtigste Faktor, wenn es im Umgang mit Big-Data geht, wird wohl die Menge oder auch Masse der Daten, kurz Volume, angesehen. In der Literatur oftmals unterschiedlich betrachtet, wird damit beispielsweise die Größe der Datenmenge [5, 6 S.4] oder die Menge der Daten, die an einem Tag generiert werden, bezeichnet [7, S.296]. Demchenko et al. haben in ihrem Beitrag sowohl die Größe als auch den Umfang und die Menge der Daten als ausschlaggebend hervorgehoben. Dabei sollen, die aus verschiedenen Quellen stammenden Daten, bei ihrer Sicherung in einzelnen Dateien oder Datenbanken so gut es geht zugänglich, durchsuchbar, bearbeitbar und kontrollierbar gemacht werden [8, S.2]. Einigkeit besteht in der Literatur bei der Verarbeitung und Verwendung dieser großen Mengen in Zusammenhang mit Analysen. Mithilfe dieser soll aus den Daten ein Mehrwert generiert werden, welcher sich beispielsweise in Form von Entscheidungsunterstützungsfindungen bemerkbar macht [9, S.138; 10, S.4]. Zu welchem Zeitpunkt von groß oder großen Datenmengen gesprochen werden kann, ist häufig unklar und hängt unter anderem von dem jeweiligen Einsatzzweck ab und kann sich im Zeitverlauf verändern [9, S.138]. Im Rahmen einer Befragung der IBM, im Jahr 2012, wurden 1144 Geschäfts- und IT-Experten inter-

viewt [10]. Bei der Frage nach einer allgemeingültigen Grenze wurde herausgefunden, dass rund ein Drittel der Befragten nicht wusste, zu welchem Zeitpunkt von großen Datenmengen sprechen könnte. Indes gab weiterhin die Hälfte an, dass dieser zwischen einem Terabyte und einem Petabyte liege. [10, S.4]. Als Beispiel könnte hier das von Oracle vorgestellte Datenaufkommen von Flügen aufgezeigt werden, welches allein durch eingesetzte Triebwerke generiert wird. Bereits ein einfaches Flugzeugtriebwerk kann in etwa 30 Minuten 10 Terabyte an Daten erzeugen. An einem einzigen Tag wären dies bei 25.000 Flügen Daten im Petabyte Bereich [11, S.3]. Als eine weitere Kerneigenschaft, die von Laney im Jahre 2001 geprägt wurde [12, S.2], lässt sich die Geschwindigkeit der Daten, mit Velocity, bezeichnen. Bei dieser spielt sowohl die Geschwindigkeit der Generierung der Daten, als auch die Speicherung, Verarbeitung und Visualisierung dieser eine maßgebliche Rolle [13, S.12; 3, S.15]. Oftmals werden in diesem Zusammenhang verschiedene Arten wie Batch-Verarbeitung, Stream-Processing oder allgemein Echtzeit und Nahe-Echtzeit-Verarbeitung genannt. Während es sich bei der Batch-Verarbeitung oder zu Deutsch Stapelverarbeitung um eine sequentielle Abarbeitung einer bestimmten Menge von Daten handelt [6], findet beim Stream-Processing die kontinuierliche Verarbeitung dieser mittels Parallelisierung statt. Ziel dabei ist die Verarbeitung der großen Datenmengen in Echtzeit oder Nahe-Echtzeit [8, S.3]. In Zusammenhang dessen können diese Geschwindigkeitsangaben auch in Relation zurzeit gesehen werden, bei der eine Verarbeitung von einigen Stunden bis hin zu wenigen Sekunden und schneller reichen kann. Aufgrund der daraus resultierenden Problematik und der dazukommenden Latenz, also die Zeit zwischen der Verarbeitung und Präsentation, die es gilt so gut es geht zu verringern, sind spezifische Lösungen notwendig [10, S.4]. Wie auch bei den anderen Eigenschaften zählen dazu besondere Technologien, Frameworks und Architekturen, die notwendig sind, um die zugrundeliegenden Anforderungen zu erfüllen [3, S.15]. Bereits während der Literaturrecherche konnte dies anhand verschiedener Beiträge festgestellt werden. Gezeigt hat sich hierbei, dass laut des ersten Bands der NBD-WG insbesondere virtualisierte Ressourcen, die beispielsweise durch Clouds zur Verfügung gestellt werden, von immer größerem Interesse erscheinen. Steigt beispielsweise der Bedarf zu bestimmten Spitzenzeiten, können zusätzliche Ressourcen während dieser Zeit ohne große Aufwendungen hinzugezogen werden [3, S.15]. Die letzte der drei identifizierten Kerneigenschaften beschreibt, mit Variety, die Vielfalt der Daten. Heutzutage liegen Daten nicht länger nur in strukturierter Form vor, die durch etablierte Modelle und traditionelle Daten-schemen verarbeitet werden können [11, S.3]. Eine Vielfalt an neuen Formen und Strukturen aus verschiedenen Quellen gilt es heute zu verarbeiten, da auch diese ungeahnte Potentiale inne halten und einen erheblichen Nut-

zen liefern können. Aus diesem Grund wird mit der Vielfalt häufig die Struktur der Daten angesprochen [7, S.296–297]. Diese kann sowohl strukturiert, semistrukturiert, unstrukturiert oder polystrukturiert vorliegen [13, S.12]. Bei den strukturierten Daten handelt es sich typischerweise um fest definierte Datensätze, wie sie beispielsweise im relationalen Datenmodell, den klassischen Datenbanken zu finden sind. Die semistrukturierten Daten dagegen beinhalten teilweise Informationen über die zugrundeliegende Struktur und lassen sich, wie beispielsweise das Austauschformat der Extensible-Markup-Language (XML), verändern und erweitern. Ganz im Gegenteil dazu stehen die unstrukturierten Daten, diese lassen sich in aller Regel nur durch spezifische Analysen handhaben und stellen beispielsweise Audio-, Video- und Bilddateien dar [14, S.3; 9, S.138]. Da aber auch die Herkunft der Daten mit der Vielfalt angesprochen wird [3, S.4], hat sich heute der teilweise Begriff der polystrukturierten Daten gebildet, bei denen verschiedenartig strukturierte Daten aus beispielsweise internen und externen Daten verbunden werden [13, S.12]. Zu beachten ist bei der Verarbeitung, vor allem von unstrukturierten Daten, dass diese in unterschiedlichen Formaten vorliegen können, wodurch beispielsweise Bilddateien aufgrund dessen nicht immer gleich prozessiert werden. Insbesondere semistrukturierte und unstrukturierte Daten finden heute immer mehr Anwendung. Getrieben durch die Nutzung von sozialer Medien oder intelligenten mobilen Endgeräten, steigt dieses Aufkommen von Jahr zu Jahr [10, S.4]. Das relationale Modell, wie es bei den strukturierten Daten Anwendung findet, versagt bei der Verarbeitung dieser Daten [3, S.12]. Big-Data bietet dazu zahlreiche Analysemethoden um diese auswerten zu können und ähnlich den strukturierten Daten einen Mehrwert zu bieten [9, S.140]. Zusammengefasst bilden die drei zuvor genannten Eigenschaften das 3V-Modell, wie es auch in der Literatur weitestgehend anerkannt ist.

Als eine der wohl am häufigsten vorkommenden Eigenschaften, die ergänzend im Verbund mit den drei Kerneigenschaften Big-Data's genannt werden, lässt sich die von IBM vorgestellte Richtigkeit der Daten, mit Veracity, bezeichnen. Als vierte Dimension gibt diese Informationen über die Datenqualität und damit die Zuverlässigkeit der zugrundeliegenden Daten, unabhängig des Datentyps, wieder [10, S.5]. Wie bei den vorherigen Eigenschaften existieren auch hier wieder verschiedene Ansichten und Diskrepanzen zwischen den einzelnen Definitionen. So haben, wie bei der Menge der Daten, Demchenko et al. den Begriff noch genauer gestaltet. In ihrer Ausführung setzt sich die Richtigkeit der Daten aus der Widerspruchsfreiheit und der Vertrauenswürdigkeit zusammen. Während ersteres sich durch statistische Zuverlässigkeit stützt, wird letzteres durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Zu diesen zählen beispielsweise die Herkunft, Sammlung und Verarbeitungsmethoden. Außerdem wird explizit auf die

infrastrukturelle Sicherheit der Datenquellen, deren Unveränderbarkeit und Schutz vor unautorisierten Nutzern beschrieben. [8, S.3]. Anlehnend an erstere Definition kann das, ebenfalls von der IBM vorgestellte, Beispiel von Daten Stimmungs- und Meinungsäußerungen genannt werden. Deren Qualität lässt sich nicht durch herkömmliche Datenbereinigungsmethoden bestimmen, dennoch können diese einen gewissen Mehrwert liefern. Aus diesem Grund gilt es, solchen Sachverhalte zur Nutzbarmachung immer mit einer gewissen Unsicherheit gegenüberzutreten, die in diesem Fall beispielsweise durch die Betrachtung der Quellen oder den Anonymitätsgrad manifestiert werden könnte. IBM schlägt an dieser Stelle vor, unterschiedliche Quellen zu kombinieren oder höherer Mathematik zum Nutzen, wie zum Beispiel durch Fuzzy-Logik [10]. Im Fall des Ansatzes von Demchenko et al. müssten hier zusätzliche Betrachtung der Quellen und deren Sicherheit einbezogen werden.

Der Wert der Daten, mit Value bezeichnet, gilt als eine weitere bedeutende Ergänzung des bereits bestehenden 3V-Modells. Die von Oracle geschaffene Eigenschaft bezieht sich auf den ökonomischen Wert, der zu verarbeitenden Daten. Insbesondere bei semi- und unstrukturierten Daten, die sich von traditionellen Datenstrukturen abheben, lassen sich möglicherweise Informationen finden, die bisher verborgen schienen und die es zu identifizieren gilt [11, S.4]. Oftmals beinhalten diese in ihrer Reinform keinen nennenswerten Nutzen, wodurch Analysen notwendig sind, um einen solchen zu erzeugen [9, S.139]. Abhängig von der Herkunft, der Verwertung und der Verweildauer der Daten selbst, können diese dann einen Einfluss auf verschiedene »Prozesse, Aktivitäten, Zukunftsprognosen und Hypothesen« [8, S.3], beispielsweise von Organisationen, haben [3, S.7]. Aufgrund dieser unterschiedlichen Anforderungen, sollte bei der Ermittlung des Wertes nicht nur eine gewisse Menge an Daten vorliegen, sondern möglichst auch verschiedenartig strukturiert. Abermals wird dadurch deutlich das alle Eigenschaften in einer gewissen Abhängigkeit gesehen werden sollten, wie hier in Zusammenhang mit Volume und Variety [8, S.3] Das 5V-Modell bildet dabei eine Erweiterung, der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Kerneigenschaften, um die Richtigkeit und den Wert der Daten.

Als eine der von der Statistical-Analysis-System (SAS) geschaffenen Eigenschaften Big-Data's gilt die Veränderung der Durchflussrate der Daten im Zeitverlauf, kurz Variability [15; 9, S.139]. Wie auch schon bei anderen Definitionen festgestellt werden konnte, existieren auch hier verschiedene Begriffsdefinitionen. Häufig lassen sich abseits der von SAS geschaffenen Beschreibung, vor allem auf diversen Internetseiten, jene finden, die sich beispielsweise mit der Änderung der Sinnhaftigkeit und Bedeutung im Zeitverlauf beschäftigen [16; 17; 18]. Die Beiträge, die während der Recherche ermittelt und unter-

sucht wurden, setzten sich ähnlich mit der vom SAS beschriebenen Eigenschaft auseinander. Entstanden ist dies aus der Problematik, dass die mit der Velocity adressierten Geschwindigkeit der Daten und deren Verarbeitung nicht immer konstant ist. Oftmals entstehen verschiedenartige Spitzen, die beispielsweise »saisonal und Ereignisgesteuert« [107] auftreten können [10, S.3]. Problematisch wird dies nicht nur in Zusammenhang mit der zu verarbeitenden Menge der Daten, sondern womöglich auch mit deren unterschiedlicher Struktur, die es zu beachten gilt [107]. Mit Viability wurde einzig und allein in Beginning with Big-Data simplified [10] die Brauchbarkeit der Attribute der Daten angesprochen. Ausgehend von der Multidimensionalität einzelner Datensätze sind im Kontext von Analysen nicht immer alle Attribute notwendig. Je größer und komplexer diese sind, desto mehr Zeit und auch Speicher sind bei deren Verarbeitung notwendig. Gerade in Zusammenhang mit der Geschwindigkeit und der Menge der Daten sind deshalb Einbußen zu erwarten, die sich beispielsweise in einer möglichen Latenzveränderung und Speicherplatzproblemen bemerkbar machen könnten. Aus diesem Grund gilt es, nur die Attribute bzw. Dimensionen zu identifizieren, die den größten Wert besitzen und damit allgemeinhin am brauchbarsten sind. Um ein besseres Verständnis für diese Eigenschaft zu erhalten, kann das ebenfalls in diesem Beitrag vorgestellte Beispiel von Global- Positioning-System (GPS) Daten angebracht werden. Dabei wird hervorgehoben, dass lediglich die Attribute der Identifikationsnummer, das Aufnahme datum sowie die geographischen Länge und Breite brauchbar sind. Alle weiteren Eigenschaften sollten nur bei spezifischen Problem, bei denen diese Attribute von Nutzen sind, hinzugezogen werden.[10, S.3]. Zusätzlich zu den bisher bekannten Eigenschaften, die kurz unter dem Akronym der V's bekannt sind, existieren noch weitere, die sich insbesondere seit etwa 2013 geprägt haben. Als eine weitere von SAS geschaffene Eigenschaft gilt die Komplexität der Daten, mit Complexity. Darin wird die Notwendigkeit beschrieben, die aus verschiedenen Quellen stammenden Daten »zu verbinden, zu vergleichen, zu säubern und zu transformieren« [107] um »Verbindungen, Korrelationen und Hierarchien« [107] aufzeigen zu können, ohne die die Daten schnell außer Kontrolle geraten können. Auch in anderen Beiträgen, die während der Literaturrecherche ermittelt wurden, konnten ähnliche Beschreibungen vorgefunden werden. Genauer wird dort beschrieben, dass »die Komplexität den Grad der Vernetzung und der Wechselwirkung in Big-Data Strukturen misst« [19, S.997]. Dies führt dazu, dass »selbst kleine Änderungen zu korrespondierenden Veränderungen bei anderen Daten führen könnten oder nicht« [14, S.3]. Ausgehend von dieser Eigenschaft wurde in einem der Beiträge ein weiteres Modell Big-Data's gebildet, wie schon das 7V-Modell (vgl. Abbildung 1), bei dem diese Komplexität als ein Bestandteil des 3C-Modells gilt [14, S.3]. Als weitere Bestandteile

dieses Modells werden dabei Cost und Consistency identifiziert. Während die Kosten (Cost), die tatsächlichen monetären Aufwendungen beschreiben, die für den Einsatz neuer Technologien notwendig sind, wird bei der Konsistenz auf die Korrektheit der Daten eingegangen. Ausgehend von der Problematik mehrerer Quellen und verschiedener Nutzer gilt es, einen konsistenten Zustand bei allen Datenspeichern zu schaffen, insbesondere parallele Lese- und Schreibzugriffe müssen in diesem Kontext beachten werden [14, S.4].

Nicht alle beschriebenen Eigenschaften lassen dabei einen tatsächlich Mehrwert, bei der Behandlung der Anfangs beschriebenen Problematik, erwarten.

2.3 Gartner Data Magnitude Index

Es stellt sich somit die Frage: Wie lässt sich die Tauglichkeit von Projekten auf deren Einsatz von Big-Data Technologien ermitteln? Doug Laney, der bereits als Urheber der drei Kerneigenschaften Big-Data's identifiziert wurde und als langjähriger Mitarbeiter Gartners gilt, hat sich in seinem Vortrag: Information Economics, Big Data and the Art of the Possible with Analytics [20] zum Einsatz Big-Data's anhand der von ihm postulierten Eigenschaften geäußert [20, S.26]. Unter der gleichzeitigen Verwendung der drei Eigenschaften Velocity, Variety und Volume beschreibt er die Einsetzbarkeit verschiedener Technologiegeneration zur Umsetzung von Big-Data-Vorhaben. Ausgegangen wurde dabei vom Ansatz, dass diese sich aus einem Wert, den sogenannten Gartner-Data-Magnitude-Index (DMI), ermitteln lassen. Verantwortlich dafür sind die dabei beteiligten Eigenschaften und deren Grad der Ausprägung. Dazu wird mittels eines entsprechenden Bereiches oder Grenzwertes für jede Eigenschaft der Daten, die geschaffen oder verarbeitet werden, ein Summand festgelegt. Je nach Umfänglichkeit der zugrundeliegenden Eigenschaft kann dieser zwischen null und drei liegen, wobei bei der nachträglichen Summation aller ermittelten Summanden das Resultat zwischen eins und neun liegen kann. Die Klassifizierung der Technologiegenerationen erfolgt gemäß dem berechneten Wert, dem DMI. Während ein Wert von eins bis drei keine Notwendigkeit besonderer Technologien mit sich zieht, sind für die Werte vier bis sechs aktuelle Technologieansätze nötig. Ab einem Wert von sieben bis neun versagen auch aktuelle Technologien [20, S.26].

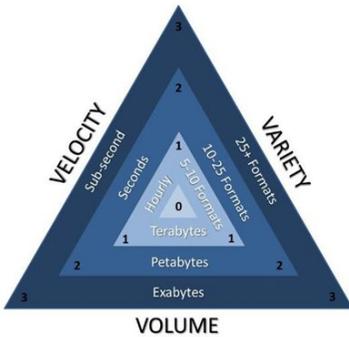


Abbildung 2: 7-V-Modell

Inwiefern die Zuordnung dabei in Zusammenhang mit den Daten steht, ist unbestimmt. Anhand der vorherigen Veröffentlichung Laney's [12] und der daraus ableitenden Definition Gartners ist anzunehmen, dass mit den jeweiligen Daten beispielsweise im Bereich Volume die Gesamtmenge, der zu handhabenden Daten gemeint ist. Inwiefern das Format festgelegt wurde und bei einer möglichen Einteilung in dieses Modell zu identifizieren ist, steht offen. Aufgrund der Beschreibung Variety's und damit der Vielfalt der Daten ist anzunehmen, dass dahinter die jeweiligen Dateiformate liegen. Diese würden entsprechend der Definition Variety's eine Einteilung in die verschiedenen Strukturen und Formate erlauben, so beispielsweise für unstrukturierte Audiodateien MPEG-Audio Layer-III (MP3) oder Waveform (WAV). Weitere kritische Betrachtungen, die trotz einer möglichen Relevanz für das zu entwickelnde Modell existieren, ergeben sich vor allem aus der Konstruktion selbst. Laney ist dabei weder auf die Findung noch auf die Examinierung der geeigneten Klassifizierung eingegangen und damit den schichtförmigen Aufbau. Es kann damit nicht vollständig ausgesagt werden, woran die Einteilung der jeweiligen Technologien mittels des Data-Magnitude-Index festgemacht wurde.

3 Evaluierungsmodell zur Bestimmung der Big-Data-artigkeit

3.1 Erweiterung des Modells

Eine adäquate Zusammensetzung, Berücksichtigung und Gewichtung der einzelnen Schwellwertkriterien erweist sich als sinnvoller. Diesbezüglich wurde bereits das Modell von Doug Laney identifiziert, der zur Ermittlung der Technologiegeneration ein Modell inklusive einer geeigneten Berechnungsvorschrift geschaffen hat (vgl. Abbildung 2).

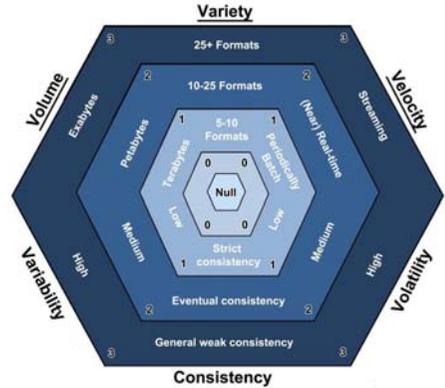


Abbildung 3: Vergleichsmodell der Schwellwert-kriterien

Angesichts dieser Erkenntnis scheint eine ähnliche Nutzung der Schwellwertkriterien als sinnvoll. Das Ergebnis zielt allerdings nicht auf die Einsatzfähigkeit von Technologien ab, sondern auf die Beurteilung ob ein Einsatz bei einem bestimmten Projekt denkbar erscheint. Eine Erweiterung und Umformung des von ihm geprägten Modells, um die identifizierten Schwellwertkriterien, erscheint deshalb als logisch.

Das geschaffene Vergleichsmodell, wie in Abbildung 3 dargestellt, baut sich aus den sechs Eigenschaften: Volume, Velocity, Variety, Volatility, Variability und Consistency auf. Einzig die Kosten wurden nicht bei der Konstruktion des schichtenförmigen Modells berücksichtigt. Diese stehen, wie eine Vielzahl anderer auch, in einer engen Verbindung zu den Eigenschaften Big-Data's, insbesondere aber zu der Menge der Daten. Explizit fand die Darstellung dieser Abhängigkeit durch die Angabe der monetären Aufwendung, von 1000\$ pro prozessierten Terabyte, statt. Da eine Bemessung anhand der anderen Ausprägungen fehlt und keine expliziten Bezugswerte, beispielsweise zu Velocity und Variety, existieren, fällt eine Nutzung innerhalb des Modells schwer. Auch weil keine genaue Einteilung für die jeweiligen Schichten ermittelt werden konnte. Nichtsdestotrotz sind die Kosten von essenzieller Bedeutung für die Durchführbarkeit eines Projektes. Durch die Relation zu der ausschlaggebenden Eigenschaft Volume gilt eine Prüfung deshalb als unerlässlich. Sollte ein Big-Data-Vorhaben identifiziert worden sein, wird der etwaige Kostenvergleich im Nachgang durchgeführt.

Die unterstrichenen Eigenschaften, die Menge, die Struktur und die Geschwindigkeit der Daten wurden als Kerneigenschaften Big-Data's bereits mehrfach identifiziert. Eine alleinige Identifikation der zu verwendenden Technologiegenerationen wurde bereits auf Basis dieser drei Eigenschaften, wie durch die Untersuchung des Modells von Laney erkannt wurde, festgestellt. Aus die-

sem Grund sind diese als Pflichtangaben durch den Benutzer zu sehen. Eine Markierung innerhalb des Modells erfolgte durch das Unterstreichen dieser Eigenschaften. Alle weiteren gekennzeichneten Eigenschaften sind additiv und werden, wenn angegeben, bei der Berechnung, berücksichtigt. Die Einteilung der Ebenen und die damit korrespondierenden Summanden orientierte sich ebenfalls an dem von Laney gehaltenen Modell. Anders als der reine Technologiebezug wird hier vorrangig die Big-Data-artigkeit adressiert, welche aufgrund der determinierten Referenzwerte mit der zweiten Ebene einhergeht. Alle identifizierten Werte fanden in Form einer Einteilung in den verschiedenen Ebenen Einzug. Divergent zu Laney's Basismodell ist die zusätzliche Ebene, die hier durch die unterste Schicht mit der Null-Ebene angegeben wurde. Während der Beschreibung des Handlungsschrittes zur Anforderungsbestimmung wurde die Notwendigkeit hervorgehoben, die einzelnen Eigenschaften und deren projektspezifische Informationen zu identifizieren. Konnte oder wurde seitens des Benutzers ein solcher Wert nicht ermittelt, kann dieser mit Null angegeben werden und fällt aus der Beurteilung heraus. Im Allgemeinen gilt, dass die Beurteilung eines Einsatzes von Big-Data umso spezifischer wird, desto mehr Eigenschaften und deren projektspezifische Ausprägungen benannt und angegeben wurden. Bei Ausbleiben verschiedener projektspezifischer Informationen bzw. deren Angabe durch Null-Werte, ist eine Beachtung bei der Berechnungsvorschrift notwendig. Eine einfache Summation, wie es bei der Berechnung des DMI der Fall war, ist deshalb an diesem Punkt nicht ausreichend. Vielmehr gilt es, infolge der möglichen Null-Werte einen Durchschnittswert zu bilden. Gemäß dieser Bedingungen ist leicht zu erkennen, dass bei einem Vergleich nicht immer gleichermaßen die Werte der zweiten Ebene (Referenzwerte) überschritten werden müssen, um einen Einsatz Big-Data's zu rechtfertigen. Umfassend zählt nur der Gesamtwert, wodurch eine Berechnungsvorschrift, wie in Abbildung 4 dargestellt, lauten kann.

$$\text{Beurteilungswert} = f(x) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

mit $\begin{cases} x = \text{Vektor der zugeordneten Eigenschaften} \\ n = \text{Anzahl der Elemente des Vektors} \\ x_i = k_{\text{er}}, \text{Eintrag des Vektors, der den Zahlenwert enthält} \end{cases}$

Abbildung 4: Berechnung des Beurteilungswertes

Es gilt zu beachten, dass ein Ausbleiben einzelner Eigenschaften den errechneten Durchschnittswert verfälschen kann. In diesem Fall bestände die Möglichkeit, dass falsche Schlussfolgerungen über den Einsatz Big-Data's getätigt werden könnten, wenn beispielsweise ausschlaggebende Eigenschaften keine Berücksichtigung bei der Anforderungsermittlung erhalten. Dem Benutzer sei deshalb nahe gelegt möglichst alle projektspezifischen Informationen zu erfassen, die für einen Vergleich erfor-

derlich sind, um eine fehlerfreie Funktionalität zu gewährleisten.

Die letztendliche Beurteilung, die sich aus dem Vergleich der einzelnen Informationen und der Errechnung des Wertes ergibt, kann dabei wie in Tabelle 2 stattfinden. Grundlegend wird der Beurteilungswert in den dafür vorgesehenen Wertebereich eingeordnet. Als entsprechende Untergrenzen wurden die Durchschnittswerte der kompletten Ebene genutzt. Die Obergrenzen orientierten sich an den nächstgelegenen Untergrenzen. Eine ähnliche Vorgehensweise wurde bei der näheren Betrachtung, der zuvor beschriebenen Einteilung nach Laney verwendet, die sich an den hervorgehobenen Kerneigenschaften ausgerichtet hat. Gegenätzlich zu der dortigen Berechnung reichte es nicht aus, die einzelnen Werte der Ebenen zu summieren. Die Notwendigkeit die Obergrenzen an den nächstgelegenen Untergrenzen festzulegen, istertiert aus einer möglichen Lücke. Diese entstünde wenn die Durchschnittswerte entsprechend Laney's Einteilung errechnet wären.

Gemäß der Verteilung der ermittelten Ausprägungen einer jeden Eigenschaft ergibt sich weiterhin eine Zweiteilung, zu welchem Zeitpunkt ein Einsatz als sinnvoll erscheint. Ab einem Wert von 1,33 erscheint, gemäß den errechneten Grenzwerten, ein Einsatz von Big-Data als sinnvoll. Dies resultiert aus den Big-Data relevanten Ausprägungen und damit den determinierten Schwellwertkriterien, die vor allem mit der zweiten Ebene, angesprochen werden. Alles darunter scheint keine umfassende Verwendung von Big-Data zu besitzen. Zu beachten ist, dass einzelne Technologieansätze nicht immer konsequent ausgeschlossen werden sollten und die Ausprägungen der jeweiligen Eigenschaften gute Orientierungsmöglichkeiten für denkbare Lösungen liefern können. Wird beispielhaft die allgemeine Aussage getroffen, dass umfassende Big-Data Lösungen nicht praktikabel sind, können bei einer hohen Ausprägung von Volume dennoch NoSQL-Datenbanken einen erheblichen Mehrwert liefern. Der Nutzer dieses Modells kann damit implizit etwaige problematische Eckpunkte identifizieren, die es durch neuartige Technologien gezielt zu bekämpfen gilt. Bei dem obersten Wertebereich, der mit einem Durchschnittswert zwischen 2,33 und 3 deklariert wurde, ist weiterhin auszusagen, dass bei einer möglichen Tangierung des Maximalwertes auch Big-Data Lösungen versagen können. Die Projektanforderungen können in diesem Bereich derart hoch sein, dass ein Einsatz von Big-Data nur unter Hinzuziehung zusätzlicher Ressourcen oder Technologien zu einer Lösung führen könnte. Bei der Analyse der Anwendungsfälle konnten derartige Extremfälle nicht identifiziert werden, wodurch die Betrachtung nur ergänzend ausfällt. Nichtsdestotrotz sollte der theoretisch angelegte Wertebereich der obersten Ebene für künftige Entwicklungen kritisch angesehen und nicht außen vorgelassen werden.

Sinnhaftigkeit	Beurteilung	Wertebereich
Nicht sinnvoll	Bestehende Technologien können das Problem nicht oder schwer lösen.	$0 \leq f(x) < 1,33$
Sinnvoll	Neuartige Technologien im Bereich Big-Data können diesem Problem gerecht werden.	$1,33 \leq f(x) < 2,33$
	Neuartige Technologien können aufgrund der Umfanglichkeit der Problemstellung keine vollständige Umsetzbarkeit garantieren.	$2,33 \leq f(x) \leq 3$

Tabelle 2: Aufschlüsselung der Einsatzfähigkeit von Big-Data

3.2 Evaluierung des Modells

Die für die Evaluierung notwendige Auswahl der Anwendungsfälle fiel aufgrund der bereits mehrfach hervorgehobenen Problematik, der Wahrung firmeninterner Informationen, sehr begrenzt aus. Trotz mehrfacher Versuche an geeignete Fälle, sowohl in der Literatur, als auch durch die direkte Kommunikation mit Unternehmen zu erlangen, konnten lediglich drei Fälle identifiziert werden. Limitierend kommt hinzu, dass infolge von betrieblichen Richtlinien weder eine genaue Benennung der Anwendungsfälle noch die explizite Darstellung von Informationen möglich ist. Auch die für die Anwendung der Standardprozedur notwendigen Ziele, Visionen und Anforderungen konnten aufgrund solcher Regularien nicht übergeben und veröffentlicht werden. Allein eine Einordnung der projektspezifischen Informationen in das Vergleichsmodell, durch Verantwortliche, wurde unter Verwendung dazu benötigter Informationen und Anleitungen ermöglicht. In dem entwickelten Prozessmodell würde dies dem dritten Pfad entsprechen, bei dem eine Sinnhaftigkeit ausschließlich auf Basis der Zuordnung in das Vergleichsmodell und der Berechnung des Wertes vorgenommen wird. Da vornehmlich die Kernkomponente adressiert ist, ergibt sich trotz der restriktiven Durchführung eine gewisse Anwendbarkeit. Aus statistischer Sicht kann eine Anwendungsfalluntersuchung mit solch einer geringen Anzahl an Fällen als impraktikabel erscheinen, dennoch können sie laut Robert Yin K. ihre Relevanz besitzen [21, S.46]. Gerade wenn es sich um kritische Fälle handelt, bei denen eine bestehende, wohl formulierte Theorie geprüft oder ein Experiment durchgeführt werden soll. Weiterhin ergibt sich ein Mehrwert, wenn eine gewisse Einzigartigkeit der Fälle gegeben ist [21, S.47]. In beiden Fällen treffen diese Begründungen zu. Einerseits handelt es sich um ein zu evaluierendes Modell, dessen theoretische Basis

implizit getestet wird. Andererseits konnten bisher keine Fälle gefunden werden, die eine solche Evaluation ermöglichen könnten und somit als kritisch zu betrachten sind.

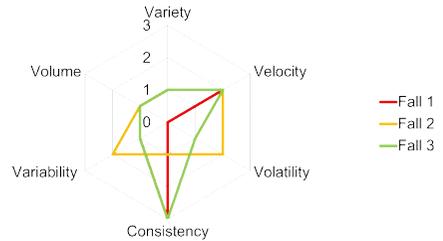


Abbildung 5: Auswertung der Fallstudie

Die Untersuchung der Anwendungsfälle zeigt, dass unter der Verwendung des Vergleichsmodells in allen drei Fällen eine Sinnhaftigkeit nachgewiesen werden konnte. Mit einem Wert von 1.5 bis 1.6 haben die errechneten Beurteilungswerte den Schwellwert von 1.33 nur geringfügig übertreten. Werden die Ergebnisse in Zusammenhang mit den eingesetzten Technologien betrachtet, wird deutlich, dass ein Einsatz von Big-Data stattfand. Besonders interessant ist dies allerdings im dritten Anwendungsfall, bei dem lediglich SAP-HANA zum Einsatz kam. Werden die zuvor getätigten Aussagen hinzugezogen, die die Notwendigkeit des effizienten Zusammenspiels mehrerer Kerntechnologien hervorheben, handelt es sich der Definition nach um kein Big-Data-Projekt. Tatsächlich wurde bei der Übermittlung der Informationen durch den Projektverantwortlichen bereits die Aussage getätigt: »das die Technologie vorrangig aus strategischen Gründen zum Einsatz kam und weniger aus technischen Überlegungen heraus«. Weiterhin bestand schon im Vorfeld die Vermutung, dass in diesem Fall kein Einsatz sinnvoll erscheint. Bei der näheren Begutachtung der, in den beiden anderen Anwendungsfällen, eingesetzten Technologien wird deutlich, dass diese augenscheinlich die stärksten Ausprägungen der Zuordnung adressieren. Im ersten Anwendungsfall erscheint beispielsweise ein Einsatz von HBase aufgrund der starken Ausprägung der Konsistenz gegeben [22]. Dabei lässt die Interpretation der daraus gewonnenen Ergebnisse im Allgemeinen zu, dass die Behauptung bestätigt werden konnte. Im Vergleich zur durchgeführten Demonstration konnte die empfohlenen Standardprozedur nicht vollends überprüft werden, nichtsdestotrotz fand ein Nachweis der Kernkomponente statt, die im Prozessmodell von allen Pfaden verwendet wird. Zwar ließ sich in einem der Anwendungsfälle kein kombinierter Einsatz von Big-Data vorfinden, dennoch wurde ein ge-

zielter Einsatz einer einzelnen Technologie vorgenommen. Die Sinnhaftigkeit wurde in diesem Fall womöglich nur aufgrund der Ausprägung einer strikten Konsistenz erreicht. Im Kontext dessen könnte innerhalb einer großangelegten Evaluierung ermittelt werden, ob den einzelnen Eigenschaften zusätzliche Gewichtungen auferlegt werden sollten. Alle Kerneigenschaften könnten entsprechend der Erweiterung Laney's Basismodell eine größere Gewichtung als die ergänzenden Eigenschaften erhalten. Bei der Gegenüberstellung der Ausprägung der einzelnen Eigenschaften, zu den verwendeten Technologien, ist deutlich geworden, dass eine gewisse Abhängigkeit besteht. Bei der Modellierung des Prozessmodells wurde bereits darauf hingewiesen, dass bei einer fehlenden Sinnhaftigkeit fokussiert auf die größten Werte und deren Eigenschaften geachtet werden sollte. Dieser Umstand gilt offensichtlich auch bei einer gegebenen Sinnhaftigkeit. Zukünftig könnte diesbezüglich eine noch bessere Empfehlung abgegeben werden, bei den beispielsweise auf Basis von bestimmten Wertkombinationen denkbaren Technologiekombinationen aufgezeigt werden. Grundlage könnte dabei die von Pääkkönen & Pakkala existierende Klassifikationsframework sein [24].

Ergänzend zu berichten ist, dass während der Diskussion der Ergebnisse, mit den Beteiligten der jeweiligen Projekte, weitere Erkenntnisse festgestellt wurden. Im Gespräch hat sich herausgestellt, dass ein solches Modell, wie es hier konstruiert wurde, auf Akzeptanz stößt und seine Relevanz besitzt. Der Problematik geschuldet, dass heute noch großes Unwissen, insbesondere bei den Kunden herrscht, kann zukünftig eine solche Lösung unterstützend wirken. Dies kann sich sowohl im Allgemeinen bei der Ermittlung der Sinnhaftigkeit zeigen, als auch bei der Identifikation des notwendigen Wissens zu spezifischen Bereichen äußern. Kritisch betrachtet wurde in diesem Gespräch die Auswahl der verschiedenen Ausprägungen einzelner Eigenschaften. Die Einteilung in »low, medium und high« bei der Veränderung der Durchflussrate und der Unbeständigkeit der Daten kann nach Angaben der Verantwortlichen mitunter zu subjektiven Entscheidungen führen. Dabei lässt der Interpretationsbedarf an dieser Stelle zu, dass unterschiedliche Einteilungen in Abhängigkeit des Durchzuführenden vorkommen könnten. Zukünftig ließe sich die, aus der Untersuchung der NIST- Anwendungsfälle entstandene, Einteilung noch genauer und nachvollziehbarer definieren.

4 Literatur

- [1] What Is Big Data? - Gartner IT Glossary - Big Data. <http://www.gartner.com/it-glossary/big-data>. Abgerufen am 09.11.2015.
- [2] BITKOM-Arbeitskreis Big-Data (2012): Big Data im Praxiseinsatz - Szenarien, Beispiele, Effekte, Berlin
- [3] NIST Big Data Public Working Group (04.2015): DRAFT NIST Big Data Interoperability Framework: Volume 1, Definitions, Gaithersburg.
- [4] Demchenko, Y, Laat, C de, Membrey, P: Defining architecture components of the Big Data Ecosystem. In: , 2014 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS).
- [5] Alexandrov, A, Brücke, C, Markl, V: Issues in big data testing and benchmarking. In: Narasayya, V, Polyzotis, N (Hrsg), the Sixth International Workshop.
- [6] Definition » Stapelbetrieb / Batch-Verarbeitung « | Gabler Wirtschaftslexikon. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/stapelbetrieb.html?referenceKeywordName=Batch-Verarbeitung>. Abgerufen am 09.11.2015.
- [7] Rekha, JH, Parvathi, R (2015): Survey on Software Project Risks and Big Data Analytics. *Procedia Computer Science*, 50:295–300.
- [8] Demchenko, Y, Grosso, P, Laat, C de, Membrey, P: Addressing big data issues in Scientific Data Infrastructure. In: , 2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS).
- [9] Gandomi, A, Haider, M (2015): Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*, 35(2):137–144.
- [10] Schroeck, M, Shockley, R, Smart, J, Romero-Morales, Professor Dolores, Tuano, PP (2012): Analytics: Big Data in der Praxis. Wie innovative Unternehmen ihre Datenbestände effektiv nutzen, Ehningen.
- [11] Dijcks, Jean-Pierre (06.2013): Oracle: Big Data for the Enterprise, Redwood.
- [12] Laney, D (2001): 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety.
- [13] BITKOM-Arbeitskreis Big: Big-Data-Technologien–Wissen für Entscheider. BITKOM.
- [14] Bedi, P, Jindal, V, Gautam, A: Beginning with big data simplified. In: , 2014 International Conference on Data Mining and Intelligent Computing (ICDMIC).
- [15] What Is Big Data? http://www.sas.com/en_us/insights/big-data/what-is-big-data.html. Abgerufen am 09.11.2015.
- [16] Big Data 6V: volume, variety, velocity, variability, veracity, complexity | The Journey en WordPress.com. <https://wydata.wordpress.com/2014/12/24/big-data-volume-variety-velocity-variability-veracity-complexity/>. Abgerufen am 09.11.2015.
- [17] Dataflog - Why The 3V's Are Not Sufficient To Describe Big Data. <https://dataflog.com/read/3vs-sufficient-describe-big-data/166>. Abgerufen am 09.11.2015

- [18] Understanding Big Data: The Seven V's.
<http://dataconomy.com/seven-vs-big-data/>. Abgerufen am 09.11.2015.
- [19] Kaisler, S, Armour, F, Espinosa, JA, Money, W: Big Data: Issues and Challenges Moving Forward. In: , 2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS).
- [20] Laney, D (2012): Information Economics, Big Data and the Art of the Possible with Analytics.
- [21] Yin, RK (2009): Case study research. Design and methods. 4. Auflage. Sage Publications, Los Angeles, Calif.
- [22] Apache (09.12.2015): Apache HBase – Apache HBase™ Home. <https://hbase.apache.org/>. Abgerufen am 10.12.2015
- [23] Hevner, AR (2004): Design science in information systems research. MIS Quarterly, 28(1):75–105.
- [24] Pääkkönen, P, Pakkala, D (2015): Reference Architecture and Classification of Technologies, Products and Services for Big Data Systems. Big Data Research

ANWENDUNGSBEISPIELE FÜR DATENANALYSEN IN DER PROZESSTECHNIK

Dr. Nico Zobel,
Dr. Andreas Backhaus,
Dr. Andreas Herzog
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

LEBENS LAUF



Dr.-Ing. Nico Zobel

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
Sandtorstr. 22,
39106 Magdeburg

Telefon: +49 391 40 90-363

E-Mail: nico.zobel@iff.fraunhofer.de

- | | |
|-------------|--|
| 1997 – 2003 | Studium der Energie- und Verfahrenstechnik an der TU Berlin sowie am Illinois Institute of Technology, Chicago, USA. |
| 2003 – 2007 | Promotion am Fachgebiet EVUR der TU Berlin im Bereich Reaktionstechnik. |
| 2006 – 2007 | Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fritz-Haber-Institut Berlin. |
| 2007 – 2013 | Leiter der Arbeitsgruppe »Thermochemische Prozesse in Festbettreaktoren« am FG EVUR der TU Berlin |
| 2013 – 2014 | Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IFF Magdeburg, Geschäftsfeld Prozess- und Anlagentechnik |
| seit 2014 | Gruppenleiter am Fraunhofer IFF, Magdeburg, Geschäftsfeld Prozess- und Anlagentechnik |

ANWENDUNGSBEISPIELE FÜR DATENANALYSEN IN DER PROZESSTECHNIK

Dr. Nico Zobel, Dr. Andreas Backhaus, Dr. Andreas Herzog

1 Einleitung

Das Generieren von Mehrwerten aus der Analyse verfügbarer Betriebsdaten ist einer der effektivsten Schritte, welche Betreiber von Produktionsanlagen auf dem Weg zur Digitalisierung ihres Produktionsprozesses unternehmen sollten. Dies gilt in besonderem Maße für die Prozessindustrie, da hier über das Prozessleitsystem in vielen Fällen umfangreiche Betriebsdaten verfügbar sind. Hinzu kommt der Vorteil, dass durch die Analyse von vorhandenen Betriebsdaten wirtschaftlichere Fahrweisen der Anlagen ermöglicht werden, ohne dabei die Produktionsanlage apparativ verändern zu müssen. Die Investitionen sowie das technische Risiko sind als eher geringfügig einzustufen. Ziel dieses Beitrags ist es daher, anhand mehrerer konkreter Fallbeispiele aus der Prozessindustrie, die Methodik, den Aufwand und den Nutzen von Datenanalysen für den Anlagenbetrieb zu illustrieren.

2 Methodik

Die Modellierung der Daten erfolgt durch den datengetriebenen Ansatz des Maschinellen Lernens. Dazu wird ein mathematisches Modell mit historischen Daten der Anlage kalibriert. Zu diesem Zwecke wird festgelegt, welches die Eingangsgrößen zum Modell sind und welcher Zielwert geschätzt werden soll.

Der Terminus „Maschinelles Lernen“ bezieht sich dabei auf den Fakt, dass die verwendeten Modelle durch ein Optimierungsverfahren parametrisiert werden, so dass diese von Iteration zu Iteration einen geringen Schätzfehler bei der Prädiktion der Zielgröße zeigen.

Diese Herangehensweise unterscheidet sich grundsätzlich von der Modellierung von Prozessen und Anlagen auf Basis eines physikalischen Modells. Der Vorteil von datengetriebenen Lernmethoden ist der Umstand, dass hier ein detailliertes physikalisches Modell des Prozesses oder der Anlage nicht bekannt sein muss.

In den vorliegenden Beispielen wurde Methode aus der Gruppe der Künstlichen Neuronalen Netze verwendet. Für die Datenmodellierung wurden mehrere Methoden gleichzeitig antrainiert, in ihrer Performanz validiert und das beste jeweilige Modell ausgewählt. Das Training folgte einem 10-fach Kreuzvalidierungs Schema zum Modelltraining in dem die Datenmenge in 10 gleichgroße Teile geteilt wird. Auf 9 Teilen wird jeweils das Modell kalibriert auf 10ten Teil wird das Modell getestet, um eine Abschätzung der Performanz auf unbekanntem Datensätzen zu erhalten.

Zusätzlich kann das Modell seine Eingänge wichten. Die Wichtungsfaktoren sind weitere Parameter in der Optimierung auf minimalen Prädiktionsfehler. Dies führt dazu, dass dieses Wichten Eingänge mit irrelevanten oder widersprüchlichen Informationen geringer wichtet. Trägt man die Wichtung über den Eingängen auf erhält man das Relevanzprofil mit der Information über die Wichtigkeit bestimmter Inputgrößen für die Prädiktion.

3 Ergebnisse

In der folgenden Tabelle sind kurz die Ergebnisse von Datenanalysen dargestellt, die vom Fraunhofer IFF für Unternehmen aus verschiedenen Branchen der Prozesstechnik durchgeführt wurden.

Die in der Tabelle aufgeführten Ergebnisse sind nur eine begrenzte Auswahl der durchgeführten Analysen. Weitere Datenanalysen wurden (und werden derzeit) durchgeführt für Prozesse wie die partielle Oxidation zur Biotumenproduktion, die Biogas- bzw. Biomethanherzeugung sowie die Wirbelschicht-Granulation. Mit Hilfe der im Rahmen dieser Datenanalysen entwickelten Soft-Sensoren bzw. Black-Box-Modelle ist es den Anlagenbetreibern möglich, Ihre Produktionsprozesse noch wirtschaftlicher zu betreiben. So lassen sich beispielsweise aufwändige chemische Analysen vermeiden, Regelungen verbessern oder Instandhaltungsaufwände reduzieren. Angaben bzw. Abschätzungen zu Return-on-Investments der einzelnen Datenanalysen werden ebenfalls präsentiert.

Prozess	Zielstellung der Analyse	Eingangsdaten	Ergebnis																						
CO2-Abtrennung aus Rauchgas	Relevanz-analyse von Prozessparametern für die Produktgestehungskosten	Betriebs-daten aus dem Prozessleitsystem (Leistungen, Temperaturen, Drücke, Mengenströme, etc.)	<p>Relevanz für Produktgestehungskosten</p> <table border="1"> <caption>Relevanz für Produktgestehungskosten</caption> <thead> <tr> <th>Parameter</th> <th>Relevanz (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Druckvorlage</td><td>19%</td></tr> <tr><td>Druckverlust</td><td>10%</td></tr> <tr><td>Druck</td><td>9%</td></tr> <tr><td>Temperatur1</td><td>11%</td></tr> <tr><td>Temperatur2</td><td>8%</td></tr> <tr><td>Temperatur3</td><td>18%</td></tr> <tr><td>Wasserhärte</td><td>2%</td></tr> <tr><td>Füllstand1</td><td>10%</td></tr> <tr><td>Füllstand2</td><td>1%</td></tr> <tr><td>Temperatur4</td><td>10%</td></tr> </tbody> </table>	Parameter	Relevanz (%)	Druckvorlage	19%	Druckverlust	10%	Druck	9%	Temperatur1	11%	Temperatur2	8%	Temperatur3	18%	Wasserhärte	2%	Füllstand1	10%	Füllstand2	1%	Temperatur4	10%
Parameter	Relevanz (%)																								
Druckvorlage	19%																								
Druckverlust	10%																								
Druck	9%																								
Temperatur1	11%																								
Temperatur2	8%																								
Temperatur3	18%																								
Wasserhärte	2%																								
Füllstand1	10%																								
Füllstand2	1%																								
Temperatur4	10%																								
Rauchgasreinigung	Soft-Sensor Entwicklung für CO2- Gehalt im Rauchgas	Massenstrom und Temperatur des Rauchgases																							
Wirbelschichtvergasung	Soft-Sensor Entwicklung für CO-Gehalt im Produktgas	Temperaturverteilung in der Wirbelschicht																							

Tabelle 1: Übersicht der Datenanalysergebnisse

MASCHINEN UND ANLAGEN AUF DEM WEG ZU CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

M.Sc. Thorsten Westermann,
Dr.-Ing. Roman Dumitrescu
Fraunhofer IEM

Dipl.-Ing. Peter Iwanek
Heinz-Nixdorf Institut Paderborn

LEBENS LAUF



M.Sc. Thorsten Westermann

Fraunhofer-Einrichtung für Entwurfstechnik Mechatronik IEM,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter Produktentstehung
Zukunftsmeile 1
33102 Paderborn

Telefon: +49 5251 5465 342

E-Mail: thorsten.westermann@iem.fraunhofer.de

2007 – 2013

Universität Paderborn, Studium Wirtschaftsingenieurwesen

2013 – 2014

Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter Produktentstehung

seit 2014

Fraunhofer-Einrichtung Entwurfstechnik Mechatronik IEM Paderborn,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter Produktentstehung

MASCHINEN UND ANLAGEN AUF DEM WEG ZU CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

M.Sc. Thorsten Westermann, Dipl.-Ing. Peter Iwanek, Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

1 Einleitung

Der Innovationssprung von der Mechatronik hin zu Systemen mit inhärenter Teilintelligenz ist für die internationale Wettbewerbsfähigkeit des Maschinenbaus und verwandter Industrien von entscheidender Bedeutung. Vor diesem Hintergrund gewinnen Technologien in den Bereichen "Smart Products", "Cyber-Physical Systems (CPS)" und "Selbstopтимierung" verstärkt an Bedeutung. Die Möglichkeiten zur Weiterentwicklung bestehender Systeme werden dabei zunehmend aus den nicht ingenieurwissenschaftlichen Bereichen kommen [1]. Hierzu zählt z.B. der Bereich der künstlichen Intelligenz [2], aber auch der mathematischen Optimierung [3]. Dadurch können erweiterte Funktionen im Sinne von optimalen Regelungen, virtueller Sensorik oder Expertensystemen umgesetzt werden. Die Integration solcher Funktionen bietet vielfältige Potentiale; stellt Unternehmen aber auch vor Herausforderungen. Diese resultieren z.B. aus der zunehmenden Komplexität der Systeme oder der unüberschaubaren Anzahl an neuen Möglichkeiten, insbesondere aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie. Der vorliegende Beitrag zeigt auf, wie Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus ihre Systeme systematisch analysieren und verbessern können, um so den Weg für Cyber-Physical Systems und Industrie 4.0 zu ebnet. Dazu adressiert der Beitrag drei Handlungsfelder: eine Referenzarchitektur für CPS, CPS-Reifegrade sowie ein Vorgehensmodell zur Systemanalyse und schrittweisen -verbesserung.

2 Mechatronik und Cyber-Physical Systems

Ausgangspunkt vernetzter technischer Systeme sind mechatronische Systeme, die auf dem synergetischen Zusammenwirken unterschiedlicher Fachdisziplinen wie Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik beruhen [4]. Mechatronische Systeme bestehen dabei aus einem Grundsystem, Sensorik, Aktorik und einer Informationsverarbeitung. Die Systeme sind darüber hinaus eingebettet in einer Umgebung und können über Schnittstellen mit dem Menschen sowie mit anderen Informationsverarbeitungen interagieren [4].

Die Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik eröffnen zunehmend neue Möglichkeiten, um Verbesserungen zukünftiger Maschinen- und Anlagen im Sinne der Mechatronik zu realisieren: Intelligente Technische Systeme (ITS). Diese Systeme sind in der Lage, sich an ihre Umgebung und die Wünsche ihrer Anwender im Betrieb anzupassen. Intelligente Tech-

nische Systeme zeichnen sich durch vier zentrale Eigenschaften aus. Sie sind adaptiv, robust, vorausschauend und benutzungsfreundlich [1]. Darüber hinaus sind sie in der Lage mit anderen Systemen zu kommunizieren und zu kooperieren. Dadurch entstehen u.a. vernetzte Systeme, deren Funktionalitäten sich durch das Zusammenspiel der Einzelsysteme ergeben [5]. Die Vernetzung technischer Systeme und die Verschmelzung der virtuellen mit der physikalischen Welt adressiert der Begriff Cyber-Physical Systems. Nach Geisberger/Broy sind CPS offene, vernetzte Systeme, die mithilfe von Sensoren Daten zu Situationen der physikalischen Welt erfassen, sie interpretieren und für netzbasierte Dienste verfügbar machen sowie mittels Aktoren direkt auf Prozesse in der physikalischen Welt einwirken und damit das Verhalten von Geräten, Dingen und Diensten steuern können [6].

Vernetzte Systeme im Sinne von Cyber-Physical Systems haben schon jetzt Einflüsse auf weite Teile unseres täglichen Lebens. Insbesondere im Bereich der industriellen Produktion vollzieht sich derzeit ein tief greifender Wandel. Der Begriff Industrie 4.0 steht für diesen Wandel und bezeichnet eine neue Stufe der Organisation und Steuerung komplexer Wertschöpfungsnetzwerke [7], [8]. Wesentlicher Treiber der sog. vierten industriellen Revolution sind dabei Cyber-Physical Systems. Industrie 4.0 betrifft sowohl produzierende Unternehmen als auch Unternehmen der Ausrüsterindustrie, insbesondere des Maschinen- und Anlagenbaus. Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau gilt als führender Fabrikaurüster und weltweiter Technologieführer in der Produktionstechnik [9]. Damit die Unternehmen ihre Führungsposition erhalten oder sogar ausbauen können, müssen sie die rasche Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnik für sich nutzen und ihre Produkte zu Cyber-Vision Systems weiterentwickeln (vgl. Bild 1).

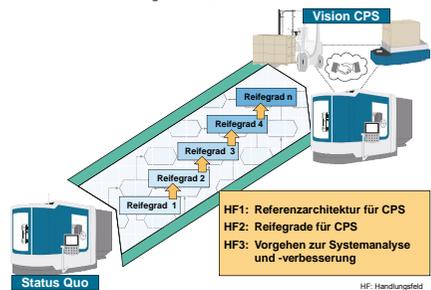


Bild 1: Handlungsfelder bei der Weiterentwicklung maschinenbaulicher Erzeugnisse zu Cyber-Physical Systems

3 Herausforderungen für den Maschinen- und Anlagenbau

Klassische maschinenbauliche Erzeugnisse sind z.B. Produktionsmaschinen, Textilmaschinen oder Verpackungsmaschinen. In der Regel sind diese Erzeugnisse Investitionsgüter mit hoher Komplexität, hohem Individualisierungsgrad, geringer Stückzahl und langer Nutzungszeit [9]. Maschinen und Anlagen repräsentieren mechatronische Systeme mit einer hohen Komplexität. Diese resultiert u.a. aus dem Zusammenwirken unterschiedlicher Disziplinen, die an der Entwicklung beteiligt sind. Die zunehmende Durchdringung mit Informations- und Kommunikationstechnik wird den Funktionsumfang bestehender Systeme drastisch erweitern. Es werden zunehmend mechanische Funktionalitäten durch Software ersetzt, während sich neue Funktionen z.B. durch die Kommunikation mit anderen Maschinen oder übergeordneten Systemen wie dem ERP-System ergeben [6]. Die zahlreichen Möglichkeiten resultieren jedoch in unüberschaubaren Handlungsoptionen für die Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus. Vor diesem Hintergrund ergeben sich für die Unternehmen folgende Fragestellungen:

Welche Komponenten eines technischen Systems gilt es zu verbessern, um Cyber-Physical Systems zu realisieren?; Welche Möglichkeiten existieren, um eine schrittweise Integration von zusätzlichen Funktionen für die Komponenten zu realisieren?; Wie kann eine systematische Analyse und Integration dieser Funktionen sichergestellt werden?

Infolge dieser Fragestellungen ergeben sich drei wesentliche Handlungsfelder bei der Weiterentwicklung der technischen Systeme im Maschinen- und Anlagenbau zu Cyber-Physical Systems (vgl. Bild 1).

Handlungsfeld 1 - Referenzarchitektur für CPS:

Durch die zunehmende Integration von IKT und den damit verbundenen Funktionen des Systems, verändert sich die Architektur, also die grundlegende Organisation der technischen Systeme. Die Funktionserfüllung basiert verstärkt auf der Kommunikation und Kooperation mehrerer Systeme unter Einbezug übergeordneter Daten und Dienste. Die Komplexität der Zusammenhänge steigt, die Systemgrenze verschwimmt. Für die Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus besteht daher der Bedarf einer Referenzarchitektur für CPS [7].

Handlungsfeld 2 - Reifegrad für CPS:

Aufbauend auf der Referenzarchitektur gilt es den unternehmensadäquaten Zielzustand zu definieren und konkrete Maßnahmen zur Verbesserung ihrer Systeme festzulegen. Die Nutzung eines Reifegradmodells ist ein vielversprechender Ansatz für eine strukturierte Leistungssteigerung. Reifegradmodelle zielen auf eine objektive Bewertung der Leistungsfähigkeit ab und liefern Lösungen für

eine kontinuierliche Verbesserung [10], [11]. Für die strukturierte Leistungssteigerung von CPS bedarf es eines Reifegradmodells für CPS im Maschinen- und Anlagenbau, das den Charakteristika der Systeme gerecht wird.

Handlungsfeld 3 - Vorgehen zur Systemanalyse und -verbesserung:

Die Weiterentwicklung der Systeme entlang der Reifegrade muss systematisch geplant werden, damit bei jeder Entwicklungsstufe bereits die richtigen Maßnahmen für aufbauende Stufen getroffen werden. Es bedarf also einem Vorgehen für Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus, das Unternehmen bei der Weiterentwicklung ihrer Systeme zu Cyber-Physical Systems systematisch unterstützt und dabei den Bedarf zur Weiterentwicklung aus Marktsicht berücksichtigt.

4 Stand der Technik

Für die Umsetzung von intelligenten Maschinen- und Anlagen im Sinne von Cyber-Physical Systems bedarf es Ansätzen, die eine systematische Integration von Intelligenz ermöglichen. Vor diesem Hintergrund wird nachfolgend ein kurzer Überblick über relevante Ansätze gegeben. Hierzu zählen insbesondere der Leitfaden Industrie 4.0 nach Anderl et al. sowie das Industrie 4.0-Readiness-Modell nach Lichtblau et al.

Der Leitfaden Industrie 4.0 von Anderl et al. unterstützt insbesondere mittelständische Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus bei der Identifikation von Potentialen im Kontext von Industrie 4.0 [12]. Der Leitfaden ist für den Einsatz im Maschinen- und Anlagenbau als geeignet einzuschätzen. Insbesondere der sog. Werkzeugkasten liefert einen guten Ansatzpunkt für die Einschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit und unterstützt bei der Definition von Zielen des Unternehmens in Bezug auf die Weiterentwicklung von Produktion und Produkten. Hinsichtlich der Lösungen zur Leistungssteigerung der Informationsverarbeitung des technischen Systems bleibt der Leitfaden jedoch unkonkret [12].

Das Industrie 4.0-Readiness-Modell nach Lichtblau et al. stellt ein Hilfsmittel dar, um das Leistungsniveau des Unternehmens hinsichtlich verschiedener Dimensionen und Themenfeldern von Industrie 4.0 zu bestimmen [13]. Die Einschätzung ist dabei jedoch nicht ausreichend präzise. Beispielsweise können im Themenfeld IKT-Funktionalitäten Produkte Zusatzfunktionen oder erste Ansätze davon umfassen. Eine klare Definition von Zusatzfunktionen fehlt. Ein systematisches Vorgehen zur Analyse wird nicht beschrieben [13].

Darüber hinaus existieren noch weitere Ansätze zur Steigerung der Intelligenz technischer Systeme im Sinne von kognitiven und smarten Systemen sowie Systemen zur Umsetzung der Vision "Internet of Things" [14], [15], [16]. Diese sind aber in Teilen sehr abstrakt oder für die Anwendung im Maschinen- und Anlagenbau ungeeignet.

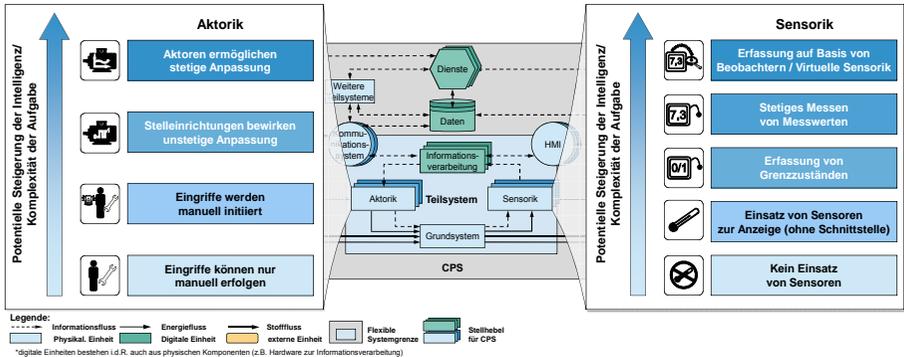


Bild 3: Beispielhafte CPS-Reifegrade für Sensorik und Aktorik

Phase 1 – Disziplinübergreifende Abbildung des Systems: Ziel ist eine ganzheitliche Spezifikation des Systems. Dafür wird das aktuelle System disziplinübergreifend abgebildet, um eine Kommunikation und Kooperation zwischen den Entwicklungsabteilungen (in der Regel aus den Disziplinen Mechanik, Elektrik/Elektronik etc. bestehend) dem Vertrieb, dem Service sowie dem Kunden zu realisieren. Hierzu wird ein sogenanntes Systemmodell im Sinne des Model-Based Systems Engineering erstellt [16]. In diesem Zuge werden verschiedene Aspekte des Systems modelliert, wie z.B. die Anforderungen, die Funktionsweise sowie die Struktur des Systems (unter Berücksichtigung der Referenzarchitektur von CPS). Die Modellierung des Systems kann mit Hilfe verschiedener Modellierungssprachen erfolgen, wie z.B. SysML, UML und CONSENS [20].

Phase 2 – Identifikation von Potentialen: Auf Basis des Systemmodells folgt die Identifikation von Potentialen des Systems. Diese bilden den Ausgangspunkt zur Systemverbesserung. Potentiale sind in der Regel bei Kunden, Mitarbeitern im Service oder der Entwicklung bekannt und zeigen den Bedarf zur Modifikation des technischen Systems auf. Dabei können Potentiale (bzw. Schwachstellen) des Systems mit Hilfe von Methoden aus dem Bereich des Qualitätsmanagements (z.B. FMEA und Fehlerbaumanalyse) sowie im Rahmen von Ideenworkshops gemeinsam mit dem Kunden identifiziert werden. Etabliert in diesem Zusammenhang haben sich z.B. Workshops, in dessen Rahmen die Kunden mitteilen, welches ungewünschte Verhalten ein System aktuell aufweist und welches Verhalten sie sich wünschen würden. Vor diesem Hintergrund stellt das Expertenwissen aus den Bereichen Service und Vertrieb ebenfalls eine wichtige Quelle für Potentiale dar. Für die Analyse werden ausschließlich Potentiale betrachtet, die in Zusammenhang mit den Komponenten der Referenzarchitektur stehen. Dabei wird stets analysiert, welche Reifegrade von CPS das Erschließen von Potentialen ermöglichen [20].

Phase 3 – Spezifikation von Lösungsideen: Nach der Identifikation der Potentiale sowie der dazugehörigen Reifegrade zur Umsetzung gilt es, diese zu dokumentieren. Die Spezifikationen der Lösungsideen bilden dabei die Grundlage zur Bewertung und Auswahl von Ideen sowie die nachfolgende Umsetzung der Ideen durch die Entwicklung. Vor diesem Hintergrund gilt es, die Spezifikation von Lösungsideen modellbasiert zu erstellen (z.B. Abbilden von möglichen Abläufen durch UML-Aktivitäten). Hierdurch kann eine interdisziplinäre Analyse erfolgen, da alle Beteiligten eine bessere Vorstellung der Idee erhalten [20].

Phase 4 – Bewertung und Auswahl der Lösungen: Nach der Spezifikation von Lösungsideen sind diese zu bewerten und zu priorisieren. Hierdurch erhält das Unternehmen einen verbesserten Überblick, um Entwicklungsprojekte zur Realisierung der identifizierten Potentiale zu initiieren (im Sinne von aufbauenden FuE-Projekten). Kriterien können sein: Realisierbarkeit, Dringlichkeit, Kostenabschätzung, Innovationsgrad etc. Nach der Bewertung, kann das Unternehmen z.B. mit Hilfe einer Technology-Roadmap (oder Technologiekalender) definieren, wann welche Funktion (Systemfeature) umgesetzt werden soll [20].

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Beitrags wurden Handlungsfelder dargestellt, welche sich für die Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus bei der Weiterentwicklung ihrer Systeme im Sinne von Cyber-Physical Systems ergeben. Um diesen Handlungsfeldern gerecht zu werden, wurde ein ganzheitlicher Ansatz vorgestellt, um eine systematische Weiterentwicklung von Maschinen- und Anlagen sicherzustellen. Der Ansatz umfasst eine Referenzarchitektur für CPS, Reifegrade von CPS sowie ein Vorgehensmodell. Dieses Vorgehen ist im Rahmen von Industriekooperation-

nen entstanden und unterstützt die Unternehmen bei der Umsetzung der Vision von CPS und Industrie 4.0. Der erarbeitete Ansatz wird im Rahmen von weiteren Projekten (z.B. im Rahmen des Spitzenclusters it's OWL) weiterentwickelt und für den Einsatz in der Praxis evaluiert. Dabei werden stets aktuelle Arbeiten in diesem Kontext berücksichtigt, um die Weiterentwicklung sicherzustellen. Hierzu zählen z.B. auch Ergebnisse der acatech-Initiative "Industrie 4.0 Maturity Index".

7 Literatur

- [1] Gausemeier, J.; Rammig, F. J.; Schäfer, W.: Design Methodology for Intelligent Technical Systems. Springer, Berlin, 2014
- [2] Rolf, M.; Neumann, K; Queißer, J.F.; Reinhart, R.F.; Nordmann, A.; Steil, J.J.: A Multi-Level Control Architecture for the Bionic Handling Assistant, *Advanced Robotics*, Special Issue: Continuum robots and manipulation, 29(13):847-859, 2015
- [3] Kallrath, J.: Gemischt-ganzzahlige Optimierung: Modellierung in der Praxis. 2. Auflage, Springer Spektrum, Wiesbaden, 2013
- [4] Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (Hrsg.): Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. VDI-Handbuch Konstruktion, VDI-Richtlinie 2206, Beuth-Verlag, Berlin, 2004
- [5] Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.; Steffen, D.; Czaja, A.; Wiederkehr, O.; Tschirner, C.: Systems Engineering in der industriellen Praxis, Paderborn, 2013
- [6] Geisberger, E.; Broy, M.: agendaCPS – Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1, 2012
- [7] Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J.: Deutschland als Produktionsstandort sichern - Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, 2013
- [8] Ramge, T.: Mehr Ding als Internet – Alle reden von Industrie 4.0. Doch was steckt hinter dem Schlagwort? Eine Antwort in sechs Thesen. In: brand eins, 07/2015, brand eins Verlag, Hamburg, 2015
- [9] Förster, M.: Variantenmanagement nach Fusionen in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München, München, 2013
- [10] Gausemeier, J.; Plass, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. Carl Hanser, München, 2. Auflage, 2014
- [11] Christiansen, S.-K.: Methode zur Klassifikation und Entwicklung reifegradbasierter Leistungsbewertungs- und Leistungssteigerungsmodelle. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 264, Paderborn, 2009
- [12] Anderl, R.; Picard, A.; Wang, Y.; Fleischer, J.; Dosch, S.; Klee, B.; Bauer, J.: Leitfaden Industrie 4.0 – Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand. VDMA Forum Industrie, Frankfurt a. M., 2015
- [13] Lichtblau, K.; Stich, V.; Bertenrath, R.; Blum, M.; Bleider, M.; Millack, A. et al.: Industrie 4.0-Readiness. IMPULS-Stiftung für den Maschinenbau, Anlagenbau und die Informationstechnik, Aachen, 2015
- [14] Metzler, T.: Models and Methods for the Systematic Integration of Cognitive Functions into Product Concepts, Dr. Hut Verlag, 2016
- [15] Perez Hernandez, Marco E.; Reiff-Marganiec, Stephan, 2014: Classifying Smart Objects using capabilities. In: 2014 International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP). Hong Kong, Hong Kong, 3.-5. Nov. 2014, 2014
- [16] Lee, J.; Bagheri, B.; Kao, H.-A.: A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 2015
- [17] Lee, E. A.: Cyber Physical Systems: Design Challenges. Technical Report No. UCB/Eecs-2008-8, Electrical Engineering and Computer Sciences University of California at Berkeley, 2008
- [18] Broy, M.: Cyber-Physical Systems – Innovation durch Software-Intensive Eingebettete Systeme. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010
- [19] Gausemeier, J.; Tschirner, C.; Dumitrescu, R.: Der Weg zu Intelligenz Technischen Systemen. *Industriemanagement* 1/2013, 2013
- [20] Iwanek, P.; Dumitrescu, R.; Gausemeier, J.: Identifikation von Potentialen zur Integration von Lösungen im Kontext der Selbstoptimierung für technische Systeme des Maschinen- und Anlagenbaus. VDI-Mechatronik-Tagung, Dortmund, 2015

ANLAGENBAU 4.0 – INTEGRATION UND AUFBAU EINES INTERAKTIVEN, DYNAMISCHEN SYSTEMS ZUR VERKNÜPFUNG VERSCHIEDENER WERT- SCHÖPFUNGSKETTEN

Dominic Hecht,
BU LIBAL® - Internet of Plant Parts® der HECHT - cryo & gas expert gmbh

LEBENS LAUF



Dominic Hecht

Geschäftsführer der BU LIBAL® - Internet of Plant Parts® der
HECHT - cryo & gas expert gmbh
Langenreute 48
88074 Meckenbeuren

Telefon: +49 75429469327
E-Mail: dominic.hecht@libal.de

2011

Friedrich Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
Chemie-Bioingenieurwesen

2014

Projektleitung/Qualifizierung/QHSE bei Hecht cryo & gas expert gmbh

2015

Geschäftsführer und Mitgründer der Businessunit LIBAL® – Internet of Plant
Parts® der Hecht cryo & gas expert gmbh

ANLAGENBAU 4.0 – INTEGRATION UND AUFBAU EINES INTERAKTIVEN, DYNAMISCHEN SYSTEMS ZUR VERKNÜPFUNG VERSCHIEDENER WERTSCHÖPFUNGSKETTEN

Dominic Hecht, Geschäftsführer der BU LIBAL® - Internet of Plant Parts® der HECHT - cryo & gas expert gmbh

1 Problemstellung Industrie 4.0 - State of the Art

Industrie 4.0 gilt als das zukünftige Heilmittel für das Wachstum vieler Unternehmen, birgt jedoch auch, wenn falsch verstanden oder nicht konsequent umgesetzt, durchaus seine Gefahren. Im heutigen Anlagenbau gibt es eine Vielzahl von Cloud- und Managed-Server-Lösungen, die allerdings nur Insellösungen darstellen, weil der komplette Lebenszyklus einer Anlage wie Planung, Ausführung, Qualifizierung, Inbetriebnahme und Betrieb, nicht komplett bzw. durchgängig abgebildet wird. So bleibt die, für den Anlagenbetreiber, notwendige Vernetzung auf der Strecke und die einzelnen Instanzen kapseln sich durch nicht vorhandene Schnittstellen voneinander ab. Nun ist die Fragestellung eine recht deutliche: Wie bekomme ich alle Beteiligten dazu, sich informationstechnisch zu vernetzen und somit eine völlige Konsistenz der Projektdaten, von der Planung über das Engineering bis zum Anlagenbetrieb zu gewährleisten? Diese Wertschöpfungsketten mögen ja vielleicht jede für sich gut verknüpft sein, jedoch verfahren Alle meist untereinander völlig unabhängig.

2 Lösungsansätze

Das Ziel muss es also sein, ein System zu generieren, in dem die alle projektbeteiligten Wertschöpfungsketten, von der Planung, Realisierung und Anlagenbetrieb, miteinander zu verknüpfen. Ausgangspunkt hierfür muss immer die spätere Anlage selbst sein, welche in dieser fiktiven Struktur im Mittelpunkt steht. »Basis ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligter Instanzen sowie die Fähigkeit aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten« [1]. Es muss ein dynamisches, echtzeitoptimiertes und unternehmensübergreifendes Wertschöpfungsnetzwerk gebildet werden, welches die integrierten Prozesse organisatorisch und informationstechnisch verkoppelt.

3 Das System

3.1 Grundidee

Die Firma HECHT - cryo & gas expert gmbh hat sich in über 20 Jahren Anlagenbau mit den oben beschriebenen

Problemen beschäftigen müssen und hat infolge dessen und der immer größer werdenden Anforderungen an die Anlagendokumentation ein System kreiert, welches weit über bislang bekannte Dokumentationstools und Datenbanken hinaus geht. Hieraus resultierte schlussendlich der Geschäftsbereich LIBAL® - Internet of Plant Parts®, welcher das gleichnamige Industrie 4.0 System LIBAL® entwickelt hat. LIBAL® ist nach unserem Wissen das erste System welches die vorherig genannten Lösungsansätze aufgegriffen hat und in einer Plattform vereint.

3.2 Umsetzung

Da bei jedem Projekt die Anlage selbst im Mittelpunkt jeglicher Daten und Dokumentation steht, kann mit LIBAL® jedes beliebige, hierarchisch strukturierte Anlagenkennzeichnungssystem erzeugt und verwaltet werden. Damit kann die Anlagendokumentation flexibel an die jeweilige Projektstruktur angepasst werden. LIBAL® bietet eine zentrale Datenplattform und ist ein ideales Werkzeug für die Dokumentation und Kommunikation bei anspruchsvollen Projekten. Modernste Datenbanktechnologien und eine konsequent objektorientierte Umsetzung in der Anwendung sorgen für jederzeit konsistente Projekt- und Anlagendaten. Dabei teilt sich die gesamte LIBAL® Datenplattform grundsätzlich in zwei unabhängige Strukturen:

In der Stammdaten-Struktur werden die Bibliotheken (Ventile, Instrumente, usw.) mit den untergeordneten Katalogen erstellt. Alle Kataloge sind nach Herstellern sortiert, wobei die herstellerbezogene Struktur der Informationen beibehalten wird. Über die jeweilige Bibliothek sind Suchfunktionen nach ausgewählten Filtern hilfreich, um mögliche Komponenten für einen definierten Einsatzzweck aus allen archivierten Herstellern auszuwählen. Die Projektstruktur ist grundsätzlich innerhalb der LIBAL®-Applikation frei konfigurierbar und wird nach Kundenvorgabe hierarchisch nach dem Baumprinzip aufgebaut. Jegliche Anpassungen an jeweilige Projekterfordernisse können somit flexibel ermöglicht werden. Innerhalb der Projektstruktur werden alle erforderlichen Projektdokumente laut Vorgabe des Kundenprozesses hinterlegt und den zugehörigen Projektbeteiligten zugeordnet. Daraus resultiert für jeden Projektbeteiligten seine, dem Projekt zugehörige, Bringschuld.

Durch die Aufteilung der zwei Strukturen wird eine Art Produktkatalog generiert, welcher in folgenden Projekten mit gleichen oder ähnlichen Komponenten die Arbeit erleichtert, oder sogar im Bereich des Engineering zu Hilfe genommen werden kann um passende Komponenten zu finden.

In der LIBAL® Projekt-Struktur arbeiten die Hersteller, Anlagenbauer und Betreiber an den gleichen Anlagenobjekten und dessen Produkten. Doppelt vorhandene Dokumente, mehrfache Bearbeitung, unterschiedliche umlaufende Revisionsstände und Datenverlust werden ausgeschlossen und der Wertschöpfungsprozess wird effizienter, da alle mit den gleichen Datensätzen arbeiten. Über das LIBAL®-System können so die Herstellerdokumente konsolidiert werden und den entsprechenden Objekten der Anlagenstruktur zugewiesen werden. Diese können dann durch die intelligente Metadatenverknüpfung verwaltet werden. Das System unterstützt alle Projektbeteiligten während der Entwicklungs-, Installations-, Inbetriebsetzungsphase und anschließendem Betrieb. Dokumente können einfach auf Ihre Vollständigkeit überprüft, mit dem Metadatenystem freigegeben und schlussendlich "as-built" den Betreiber bereitgestellt werden.

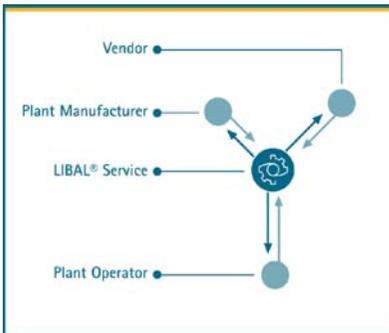


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Verknüpfungen aller Projektbeteiligten durch das LIBAL® System [2]

Ein Kernpunkt hierbei ist natürlich das komplexe Zugriffsrechtssystem. Dabei muss vom Auftraggeber klar definiert sein, was jeder Einzelne sehen, editieren oder hochladen darf. Natürlich muss hier in der Ansicht eines Anlagenbauers zu dessen Betreiber unterschieden werden. Daraus resultiert, dass der Anlagenbauer seine After-Sales-Service Tätigkeiten über das LIBAL® System abwickeln kann. In der vom Anlagenbauer vorgegebenen Anlagenstruktur kann jedem Objekt ein Wartungsintervall wie auch die entsprechenden Ersatzteile zugewiesen werden. Der Endkunde bekommt, gestützt durch das komplexe Zugriffsrechtssystem, für den Betrieb so viele Dokumente wie nötig aber so wenige wie möglich. Für den Anlagenbetreiber sind alle Wartungs-, Inspektions- und Servicearbeiten,

jeweils mit zugehörigen Intervallen und Ersatzteil- bzw. Verbrauchsmaterialbedarf definiert. Die LIBAL® Plattform bietet für Anlagenbetreiber und ausführende Unternehmen ein Kommunikations- bzw. Marktplatz, wo alle betriebsrelevanten Leistungen, einschließlich der zugehörigen Materialien, angefragt, bestellt und nach Ausführung dokumentiert werden können. Terminüberwachung und Dokumentation aller ausgeführten Arbeiten werden ebenfalls über LIBAL® effizient und eindeutig dargestellt. Durch einen an jedem Objekt angebrachten QR-Code, welcher per Direktlink mit allen relevanten Informationen verknüpft ist, wird das Objekt innerhalb der Anlage eindeutig identifiziert. Dies ist Grundlage für alle Beteiligten hinsichtlich Information, Kommunikation für alle Arbeiten, Wartungen, Austausch und Revision am Objekt.



Abbildung 2: Übersicht über LIBAL® Struktureigenschaften [2]

4 Anwendung

Bisher findet das LIBAL® System nur Anwendungen im Anlagenbau, wofür es auch entwickelt wurde. Jedoch sind in der Zukunft auch Expansionen in andere Fachbereiche denkbar, so haben intensive Gespräche mit unterschiedlichen Branchen dazu geführt, es möglich zu machen LIBAL auch auf z.B. Architektur, Hochbau etc. zu übertragen. Einer der engsten Auftraggeber ist aktuell ein renommiertes weltweit tätiges Anlagenbauer aus der Schweiz. Hier wurden und werden mit LIBAL® Heliumverflüssigungssysteme projektbegleitend abgewickelt. Unter anderem eine große Helium Verflüssigungsanlage für den Öl & Gas Sektor in Katar. Die sehr anspruchsvollen Anforderungen des "Documentation for Operation" (DFO) Prozesses der Öl & Gas Industrie wurden hierbei mit einem eigens dafür erschaffenen Plugin gelöst, welches die komplexe Listen wie z.B. die Ersatzteilliste EPL automatisch generiert. Diese kann als SPIR, SPIL „Spare part list“ für weitere Betreiber adaptiert werden.

5 Literatur

[1] www.plattform-i40.de; [2] www.libal.it

INDUSTRIE 4.0 – TECHNOLOGIEN FÜR DIE BAUBRANCHE IN FORM VON MULTIPROJEKTPLANUNG »BAU ZEIT«

Anne Götze,
Stefanie Kabelitz,
Sergii Kolomiichuk,
Andreas Schöpferl,
Andreas Wiedemann
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

LEBENS LAUF



Dipl.-Ing. Sergii Kolomiichuk

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Projektleiter

Sandtorstr. 22
39106 Magdeburg

Telefon: +49 3914090 335
E-Mail: sergii.kolomiichuk@iff.fraunhofer.de

09/1999 – 07/2003

Bachelor an der Nationaluniversität für Luft- und
Raumfahrt, Charkow, Ukraine

07/2003 – 02/2005

Magister an der Nationaluniversität für Luft- und
Raumfahrt, Charkow, Ukraine

05/2005 – 01/2008

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Nationaluniversität für Luft- und
Raumfahrt, Charkow, Ukraine

10/2006 – 01/2008

CNC-Werkzeugmaschinen Einrichter,
Betrieb «FED», Charkow, Ukraine

02/2008 – 05/2011

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Geschäftsfeld Logistik und Fabriksysteme am Fraunhofer IFF, Magdeburg

seit 06/2011

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Projektleiter
Geschäftsfeld Logistik und Fabriksysteme am Fraunhofer IFF, Magdeburg

INDUSTRIE 4.0 – TECHNOLOGIEN FÜR DIE BAUBRANCHE IN FORM VON MULTIPROJEKT-PLANUNG "BAU ZEIT"

Anne Götzte, Stefanie Kabelitz, Sergii Kolomiichuk, Andreas Schöppler, Andreas Wiedemann

1 Industrie 4.0 auf dem Bau

Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 [1] ist zum Schlagwort geworden und befindet sich mit Arbeiten 4.0 [2] und Bauen 4.0 [3] in guter Gesellschaft. Gemeint ist häufig der Einzug digitaler Medien und der virtuellen Realität in weitere Arbeitsbereiche. Von der Produktion (Industrie 4.0) über Dienstleistungen (Arbeiten 4.0) bis hin zur Baubranche (Bauen 4.0), die ihre ganz eigenen Herausforderungen mit sich bringt. Die Produktionslogistik, die beispielsweise im Hausbau benötigt wird, ist für jedes Projekt einzigartig und erfordert eine intensive Kommunikation und damit eine geschickte und möglichst einfache Weitergabe von Informationen. Im Zeitalter der Digitalisierung kann eine Fülle an Informationen in wenigen Sekunden den Besitzer wechseln. Doch ist der Empfänger auch in der Lage diese Informationen zu erkennen, zu verarbeiten und daraus entstandene neue Informationen weiterzuleiten? Wie ist es möglich diese Prozesse zu unterstützen und somit den Nutzen der Digitalisierung auf dem Bau zu verbessern?

1.1 Bau Zeit

Ein Bauvorhaben ist ein interdisziplinär durchgeführtes Projekt, an dem zahlreiche heterogene Akteure beteiligt sind. Obwohl in Zeiten der fortschreitenden Digitalisierung die Arbeit mit Modellen im Bauwesen für jeden einzelnen Beteiligten erheblich vereinfacht werden konnte, führte die hohe Vielfalt von Datenformaten und Baumodell-Typen zur mangelnden Interoperabilität zwischen den Akteuren des Bauvorhabens. Das Forschungsvorhaben Bau Zeit setzt genau hier an und hat sich zum Ziel gesetzt, die Multiprojektplanung in der Bauindustrie in ihrem Komplexitätsgrad zu reduzieren und den Planungsaufwand sowie die damit verbundenen Kosten erheblich zu reduzieren. Der Lösungsansatz ermöglicht eine optimale Integrierbarkeit in die eigene Softwarelandschaft und unterstützt so eine reibungslose Kommunikation. Das bedeutet, dass zur Durchführung der Projektplanung mittels mathematischer Optimierung alle dazu nötigen Informationen aus den verschiedenen Informationsquellen im Unternehmen zentral gesammelt werden und nach der Optimierung individuell die Ergebnisse zurückspeigelt werden können, beispielsweise in Form von Kalendereinträgen. Dieser Ansatz erfordert eine konsequente Datenpflege, allerdings in der gewohnten Softwareumgebung, von

allen Projektpartnern. Die verbesserte Zusammenarbeit über Gewerke hinweg wird bereits seit vielen Jahren über den Begriff Building Information Modeling (BIM) vorangetrieben. Hier sollen alle Informationen vom CAD-Modell des Architekten, über die Statik und TGA-Planung in einem großen Daten-Modell zusammengeführt werden. Dies ermöglicht eine bessere Planung, die in der Bauausführung mit weniger Veränderungen auskommt, entscheidend hierfür ist die Datenqualität. Gelingt es das Modell über das gesamte Projekt hinweg aktuell zu halten, kann es im Anschluss direkt für das Facility Management eingesetzt werden. Eine Verbreitung der BIM-Methode ist praktisch erstrebenswert, allerdings durch den zusätzlichen Mehraufwand nicht unproblematisch.

1.2 Multiprojektplanung

Die Multiprojektplanung dient der übergeordneten Zuordnung von Ressourcen zu Projekten. Dazu gehören Zeitfenster, Material, Personal, Werkzeuge und Maschinen. Als Ergebnis entstehen projektbezogene terminierte Projektablaufpläne.

Dazu müssen die Projekte in Einzelvorgänge gegliedert und deren gegenseitige Abhängigkeit hinterlegt werden. Die Abhängigkeit kann durch Vorgänger-Nachfolger Beziehungen gegeben sein, oder durch den Einsatz eines bestimmten Werkzeugs, durch die Art der Konstruktion oder regulativen Zwangsbedingungen. [4] Nach der Festlegung von Zielgrößen, wird die Multiprojektplanung durchgeführt und liefert automatisch den bestmöglichen Gesamtterminplan. Die Erfahrung zeigt, dass die Anwender zur Projektplanung bisher keine 3D-Gebäudedaten einsetzen. Dies bietet aber die Möglichkeit weitere Synergien zu heben. Mit der Einführung eines offenen Standardaustauschformats (IFC) für erweiterte Gebäudemodelle, d.h. CAD-Zeichnungen mit zusätzlichen Informationen über Zeiten, Kosten, Material, etc., sollen auch kleine und mittlere Unternehmen schnell von der neuen Möglichkeit der Zusammenarbeit profitieren. Architekten sollen bereits in der Entwurfsphase mit TGA-Planern und Statikern zusammenarbeiten. Dies ermöglicht eine verbesserte Kostenabschätzung, automatisiert Kollisionsprüfungen der Fachplaner und vereinfacht die Dokumentation. Doch die Informationen müssen zentral in einer Datenbank gehalten, versioniert und logisch verknüpft werden. Auch hierzu existieren bereits verschiedene Lösungsvorschläge. Beispielsweise bietet das Multimodellcontainern-

Konzept die Möglichkeit über eine Multi-Model-Querying-Language (MMQL) eine regelbasierte Verlinkung von Informationen. Dies führt dazu, dass Änderungen an einem Fachmodell über die Verlinkung, Änderungen an einem anderen Fachmodell zur Folge haben. So können entstehende Konflikte frühzeitig erkannt und behoben werden. [5, 6]

Zur zentralen Ablage der Informationen werden Datenbanken eingesetzt, die über eine Userverwaltung vorab eingestellte Modell-Filter und eingeschränkte Sicht- und Schreibrechte überwacht, in Abhängigkeit der Rolle im Bauprojekt (siehe Abbildung 1).

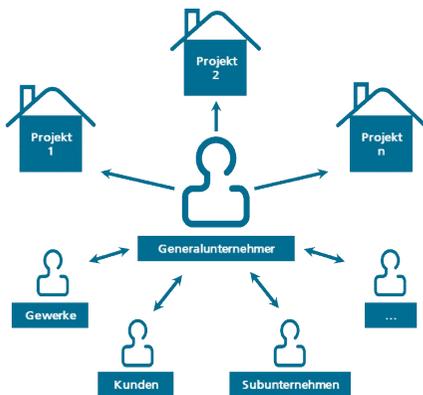


Abbildung 1: Multiprojektplanung aus Sicht eines Generalunternehmers

Über eine enge Zusammenarbeit und kontinuierliche Informationsweitergabe, zum Beispiel über den Baufortschritt gegenüber dem Kunden als Bauherren wird nicht nur die Kundenzufriedenheit erhöht, sondern können möglichst früh Änderungswünsche besprochen, im 3D-Modell visualisiert und die Kostenentwicklung daraus abgeleitet werden.

2 Einsatz in der Baustellenplanung

Die Baustellenplanung für den öffentlichen Nahverkehr in Großstädten ist eine Aufgabe von mehreren Abteilungen. Zur Abstimmung von Abhängigkeiten, wie Reihenfolgebeziehungen oder benötigte spezielle Schienenbaufahrzeuge, kommt es zu regelmäßigen Treffen. Die Planung erfolgt über Tabellen, die scheinbar beste Reihenfolge wird händisch bestimmt, durch Erfahrung und Überblick. Doch Berlin ist zu groß, um alle Zusammenhänge im Blick zu halten.

2.1 Anwendung im öffentlichen Nahverkehr

BAU ZEIT unterstützt in einer Testphase einen ÖPNV-Aufgabenträger, d.h. Auftraggeber-seitig bei der strategi-

schen Baumaßnahmenplanung. In einem ersten TestszENARIO wurde die Initialplanung für die gesamten Baumaßnahmen innerhalb eines vollen Kalenderjahres für das Gesamtnetz Berlin (U-Bahn, Straßenbahn, S-Bahn) vorgenommen.

Ziel ist die nachhaltige Reduzierung des maximalen täglichen Bedarfs und die Glättung von Schienenersatzverkehr (vor allem SEV-Busse, nachrangig auch Fahrerstunden). Darüber hinaus werden eine zeitliche und zukünftig auch eine räumliche „De-Konzentration“ der Baustellen angestrebt. Im Rahmen der hier durchgeführten strategischen Planung werden die Baumaßnahmen als einzelne aggregierte Vorgänge betrachtet (durchgeführt von Bauunternehmen).

Die Datengrundlage für den hier vorgestellten Beispielfall besteht aus Planungsdaten der durchzuführenden Baumaßnahmen für 2015. In der Testphase gibt es zwei Planungsszenarien: Maßnahmen können (1) im gesamten Jahr 2015 bzw. (2) von Februar bis Mitte Dezember 2015 eingeplant werden. Die Planungsdaten enthalten Maßnahmen für U-Bahn, Straßenbahn und S-Bahn, wobei die Daten für die S-Bahn fixiert und bisher extern vorgegeben sind. Daneben sind Dauern und legitimierte Zeitfenster für die Baumaßnahmen vorgegeben sowie Abhängigkeiten zwischen den Baumaßnahmen definiert. Diese können z.B. Reihenfolgen und Ausschlüsse der Maßnahmen sein. Letztere sind sowohl technisch als auch geographisch / linienrelevant begründet. Auch die Simultanität von Maßnahmen (z.B. Schattenmaßnahmen) stellt eine weitere Abhängigkeit dar. Neben den voran genannten Daten werden die benötigten Ressourcen wie SEV-Busse und -Fahrerstunden im Planungsprozess von BAU ZEIT berücksichtigt.

Im weiteren Verlauf der Testphase wird in einer monatlich rollierenden Form die Planung für 2016 und 2017 erprobt. Im Anschluss an die erfolgreich abgeschlossene Testphase soll ein Ereigniskalender mit allen größeren Baumaßnahmen sowie anderen Ereignissen, wie z.B. Marathons, für Berlin, den Senat, den öffentlich-rechtlichen Aufgabenträgern und größeren Unternehmen integriert werden. Der Planung stehen mit Hilfe des Ereigniskalenders dabei zusätzlich Zeit- und Geo-Daten zur Verfügung.

2.2 Umsetzung und Ergebnisse

Als Benutzeroberfläche für die Planung wird MS Project verwendet. Die Anbindung an BAU ZEIT wird dabei von einem Schnittstellen-Plugin hergestellt.

Um die Multiprojektplanung durchzuführen, werden die Daten entsprechend aufbereitet an den BAU ZEIT - Controllerservice gesendet und im BAU ZEIT - Netzwerk weiterverarbeitet. Die Planung erfolgt im BAU ZEIT - Planungsservice mithilfe einer zum Use Case - Typ passenden Heuristik, welche für eine gleichmäßige Ressourcenauslastung über den Planungszeitraum sorgt.

Fokus der Planung sind die benötigten SEV-Busse, deren Einsatz in Folge der effizienter angeordneten Baumaßnahmen möglichst geringen Schwankungen ausgesetzt sein soll. Grundlage dafür sind Planungsdaten für das Jahr 2015 (s.o.).

Abbildung 2 zeigt das Ergebnis der Planung für 2015 mit BAU ZEIT im Vergleich mit der ursprünglichen Planung des ÖPNV-Aufgabenträgers (bezeichnet als "Ausgangsdaten"). Zu erkennen ist eine gleichmäßigere Verteilung des SEV-Bedarfs für 2015 und eine erhebliche Senkung der Belastungsspitzen im Vergleich mit der Originalplanung. Die beiden beschriebenen BAU ZEIT - Planungsszenarien (1) und (2) sind in der Abbildung mit einer grün gestrichelten bzw. durchgezogenen Linie dargestellt. Das Ergebnis zeigt die enormen Potentiale, welche sich mit Hilfe der automatischen Planung mit BAU ZEIT heben lassen. In weiteren Stufen der Testphase für den hier beschriebenen ÖPNV- und weitere Use Cases wird die Planung mit BAU ZEIT nun weiter erprobt.

3 Ausblick

In vielen Multiprojektszenarien verbergen sich Potentiale. Durch die Formalisierung von Projekten und Modellierung als mathematisches Optimierungsproblem entsteht ein weiterer Nutzen der zunehmenden Digitalisierung in der Bauindustrie.

3.1 Zielstellung Bau Zeit

Das Projektmanagementtool BAU ZEIT soll die Anknüpfung an verschiedene Datenquellen ermöglichen und der Optimierungsebene zur Verfügung stellen. Daher muss das Tool entsprechend modular und flexibel aufgebaut werden.

Es wird die Möglichkeit geben die Datenquellen für einem Bauvorhaben entsprechend zuzuordnende Arbeiten und Ressourcen frei zu wählen. Dazu werden alle Informationen zentral in einer Datenbank gesammelt, versioniert

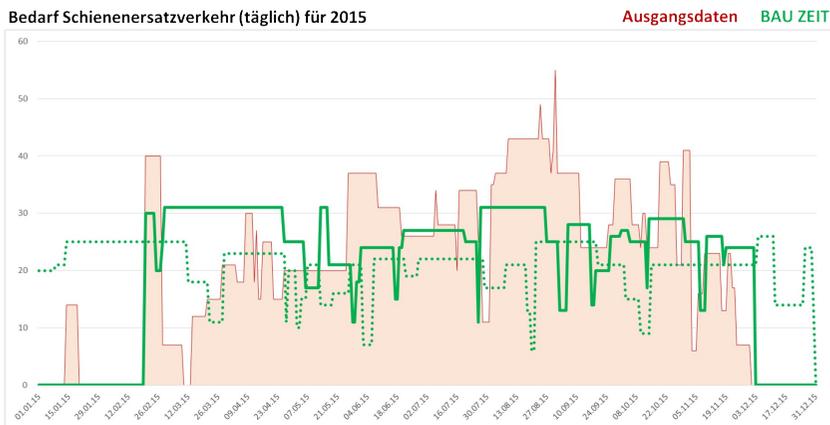


Abbildung 2: Rollierende 1-Jahresplanung von Baumaßnahmen eines ÖPNV-Aufgabenträgers und daraus resultierender Bedarf des SEV. Grafik: eigene Darstellung, Complevo GmbH

sowie Optimierungsergebnisse abgelegt. Die Fülle an Informationen, die das Generalunternehmen zum Treffen von Entscheidungen benötigt, können automatisch durch Verknüpfungen zu den geeigneten IT-Komponenten der Gewerke und Subunternehmer eingeholt werden. Dazu können auf Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt Mefisto „Eine Modell-, Informations- und Wissensplattform im Bauwesen“ zurückgegriffen werden. Im Rahmen des Projektvorhabens soll das Schnittstellenkonzept integriert und erste Schnittstellen implementiert werden. Des Weiteren sollen durch ein geeignetes Abstraktionsmodell sowohl vorhandene Datenaustauschstandards als auch spezifische Datenformate auf die interne Schnittstellenlogik abgebildet werden können. In der Optimierungs-Engine werden das Prozessmodell und alle aufgenommenen Daten zusammengeführt und weiterverarbeitet. Die Ist-Situation der Ressourcenverteilung wird in Bezug auf die individuell gesetzte Zielstellung analysiert, bewertet und verbessert. So entsteht in Abhängigkeit der zu bearbeitenden Prozesse ein Plan zur optimalen Koordination der Ressourcen über alle Schritte des Bauvorhabens.

3.2 Anbindung an das BIM-Konzept

Das Building Information Modeling wurde in den letzten Jahren vermehrt in die öffentliche Diskussion und Wahrnehmung getragen. Vor allem als Reaktion auf den Verlauf von großen öffentlichen Infrastrukturprojekten hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) den Stufenplan Digitales Planen und Bauen als Maßnahme präsentiert. Daraus geht hervor, dass sich in Zukunft an Ausschreibungen des BMVI nur beteiligt werden kann, wenn die Planungsmethode BIM unterstützt wird. [7]

Um die Anwendung von BIM als integrale Planungsmethode erfolgreich zu etablieren ist noch viel Handlungsbedarf. Defizite in der Ausbildung, in der Normierung, dem Vertragswesen sowie im Bereich der Informationstechnologie sind noch auszugleichen. Letzteres betrifft nicht nur die Gewerke übergreifende Zusammenarbeit an einem digitalen Modell, sondern auch die lebenszyklusumfassende Begleitung eines Gebäudes. Das bedeutet, dass das Modell, welches durch so eine aufwändige Planung entsteht, auch während der Bauphase gepflegt werden soll, um das Modell dann an das Facility Management übergeben zu können. Dies würde dem noch heute üblichen Planvermerk "die tatsächlichen Maße sind am Bau zu überprüfen" überflüssig machen. [8, S.33 ff.] Insbesondere Projektmanager haben sich in Interviews dazu kritisch geäußert. In der Bauausführung wird das 3D-Modell nicht mehr benötigt, sondern nur die daraus abgeleiteten 2D-Ansichten. [9, S.98]

Um den BIM-Aufwand und die damit verbundenen Kosten zu rechtfertigen, muss der Nutzen für den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes verbessert werden. Nur so

wird die Methode an Akzeptanz gewinnen. Das Change Management zu unterstützen, ist ebenfalls ein übergeordnetes Ziel von BAU ZEIT. Veränderungen an Gebäuden erfordern eine Neuplanung des Ressourceneinsatzes. Dies mündet in einer besseren Baustellenlogistik, denn auch hier ist das Lean Management gefragt. Wenn möglichst wenige Gewerke parallel am selben Ort arbeiten müssen, verringert sich die Fehlerquote und damit auch deren Einsatzzeit. [10] Über eine Zielanpassung in der BAU ZEIT Optimierungseingabe ist das einfach zu erreichen. Darüber hinaus nutzt BAU ZEIT den offenen internationalen BIM-Datenaustausch-Standard Industry Foundation Classes (IFC). Der Nutzer kann aber davon abweichend weitere Eingabeformate verwenden, muss dann aber die Verknüpfung zu den projektrelevanten Informationen mithilfe einer Eingabemaske selbst herstellen. Die Nutzerschnittstelle clever zu gestalten, sodass häufig verwendete Muster erkannt und angeboten werden, ist ebenfalls ein Anliegen des Forschungsprojektes BAU ZEIT.



4 Literatur

- [1] Bundesministerium für Bildung und Forschung (zuletzt geprüft am 08.04.2016): <https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie-4-0-848.html>
- [2] Bundesministerium für Arbeit und Soziales (zuletzt geprüft am 08.04.2016): <http://www.bmas.de/DE/Schwerpunkte/Arbeiten-vier-null/arbeiten-vier-null.html>
- [3] Planen-Bauen 4.0 GmbH (zuletzt geprüft am 08.04.2016): <http://planen-bauen40.de/bim-aktivitaeten/>
- [4] Tulke, J. (2010): Kollaborative Terminplanung auf Basis von Bauwerksinformationsmodellen (Dissertation), Verlag der Bauhaus-Universität Weimar, Professur Informatik im Bauwesen (Hrsg.)
- [5] Fuchs, S.; Kadolsky, M.; Scherer, R.J. (2011): Formal Description of a Generic Multi-Model, Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE), 2011 20th IEEE International Workshops (205-210)
- [6] Fuchs, S.; Scherer, R. J. (2014): MMQL-A language for multi-model linking and filtering. Conference: ECPPM2014, At Vienna
- [7] Bramann, H.; May, I. (2015): Stufenplan Digitales Planen und Bauen; Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
- [8] Both, P. von; Koch, V.; Kindsvater, A. (2013): BIM – Potentiale, Hemmnisse und Handlungsplan Analyse der Potentiale und Hemmnisse bei der Umsetzung der integrierten Planungsmethodik Building Information Modeling – BIM – in der deutschen Baubranche und Ableitung eines Handlungsplanes zur Verbesserung der Wettbewerbssituation; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.

[9] Eschenbruch, K.; Malkwitz, A.; et. al. (2014): Maßnahmenkatalog zur Nutzung von BIM in der öffentlichen Bauverwaltung unter Berücksichtigung der rechtlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen- Gutachten zur BIM-Umsetzung-Forschungsprogramm Zukunft Bau, BMVBS.

[10] Kracht, G. (2016): Lean Construction - Einführung ausgewählter Methoden zur Produktivitätssteigerung, Vortrag 3. Oldenburger BIMTag, 2016

IMPRESSUM

25. Industriearbeitskreis »Kooperation im Anlagenbau« 21. Juni 2016
»Nutzung Digitaler Methoden und Modelle in Engineering and
Construction im Anlagenbau«,
Magdeburg, Germany

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
Herausgeber:
Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult. Michael Schenk
Sandtorstraße 22 | 39106 Magdeburg
Telefon +49 391 4090-0 | Telefax +49 391 4090-596
ideen@iff.fraunhofer.de
www.iff.fraunhofer.de

Umschlaggestaltung: Ina Dähre
Redaktion: Andrea Urbansky
Titelfoto: Fraunhofer IFF
Fotos, Bilder, Grafiken: Soweit nicht anders angegeben,
liegen alle Rechte bei den Autoren der einzelnen Beiträge.

Bibliografische Information der Deutschen
Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind
im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.
ISSN 2192-1776

© by Fraunhofer Verlag, 2017
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Postfach 800469 | 70504 Stuttgart
Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-2500 | Telefax +49 711 970-2508
verlag@fraunhofer.de | <http://verlag.fraunhofer.de>

Alle Rechte vorbehalten
Für den Inhalt der Vorträge zeichnen die Autoren verantwortlich.
Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich
geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des
Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung
des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für
Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die
Speicherung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in
diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche
Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-
Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von
jedermann benutzt werden dürften.
Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften
oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen
zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit,
Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

© 01/2017 Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb
und -automatisierung IFF

