

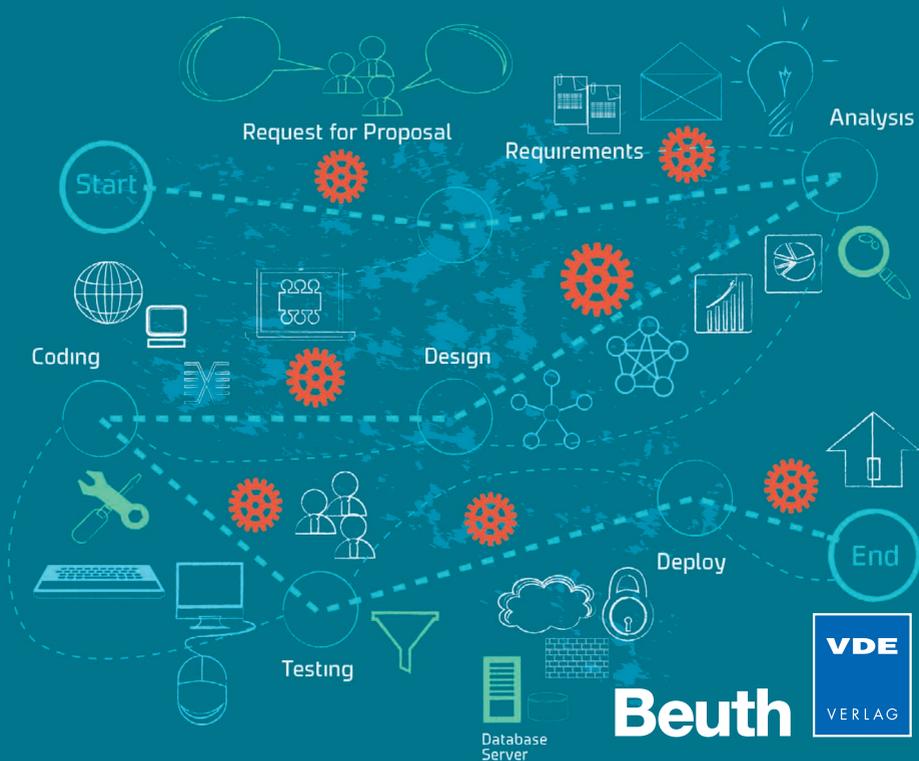
Kim Lauenroth
Fabian Schreiber | Felix Schreiber



Industrie4.0

Maschinen- und Anlagenbau im digitalen Zeitalter

Requirements Engineering als
systematische Gestaltungskompetenz
für die Fertigungsindustrie



Database
Server

Beuth



Maschinen- und Anlagenbau im digitalen Zeitalter

(Leerseite)



Kim Lauenroth
Fabian Schreiber
Felix Schreiber

Maschinen- und Anlagenbau im digitalen Zeitalter

Requirements Engineering
als systematische Gestaltungskompetenz
in der Fertigungsindustrie

1. Auflage 2016

Herausgeber:
DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

VDE Verlag

Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

© **2016 Beuth Verlag GmbH**
Berlin · Wien · Zürich
Am DIN-Platz
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin

© **VDE Verlag GmbH**
Berlin · Offenbach
Bismarkstraße 33
10625 Berlin
oder Postfach 12 01 43, 10591 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0
Telefax: +49 30 2601-1260
Internet: www.beuth.de
E-Mail: kundenservice@beuth.de

Telefon: +49 30 348001-1000 (Zentrale)
Telefax: +49 30 348001-9088
Internet: www.vde-verlag.de
E-Mail: kundenservice@vde-verlag.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

© für DIN-Normen DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin.

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden von Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

Titelbild: © Techno Vectors, Benutzung unter Lizenz von shutterstock.com

Satz: B & B Fachübersetzungsgesellschaft mbH, Berlin

Druck: CGS, Poznan

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706

ISBN 978-3-410-25932-9 (Beuth Verlag)

ISBN (E-Book) 978-3-410-25933-6 (Beuth Verlag)

ISBN 978-3-8007-4154-0 (VDE VERLAG)

ISBN (E-Book) 978-3-8007-4155-7 (VDE VERLAG)

Über die Autoren

Dr. **Kim Lauenroth** ist Competence Center Leiter und Chief Requirements Engineer bei der adesso AG. Er verfügt über mehr als 10 Jahre Erfahrung im Software und Requirements Engineering in verschiedensten Domänen. Nach dem Studium der Informatik, BWL und Psychologie an der Universität Dortmund zog es ihn 2003 an die Universität Duisburg-Essen, dort promovierte er 2009 im Bereich Requirements Engineering. Neben Beruf und Familie engagiert er sich im Vorstand des IREB e.V. für die Aus- und Weiterbildung im Requirements Engineering.



Dr.-Ing. **Fabian Schreiber** studierte Maschinenbau an der RWTH Aachen und promovierte am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen im Bereich integrativer Automatisierungstechnik. Parallel zum Studium gründete er 2003 mit Felix die Gemini Business Solutions GmbH, die schwerpunktmäßig im Bereich der IT-Beratung, Anforderungsanalyse und Prototyping tätig ist. Dort ist Fabian als Geschäftsführer im Bereich Forschung & Entwicklung tätig. Fabian ist Gründer und Vorstandssprecher der ark Industrie AG, die im Firmennetzwerk aus Start-Ups und Partnerfirmen als ark|group spezialisiert auf das Thema Industrie 4.0 ist.



Felix Schreiber LL.M. ist geschäftsführender Gesellschafter und verantwortlich für den Bereich Requirements Engineering bei der Gemini Business Solutions GmbH aus Aachen. Nach seinem rechtswissenschaftlichen Studium an der Universität Bonn und seiner Zulassung zum Rechtsanwalt absolvierte er noch einen Master of Laws in Sydney Australien. Als Certified Professional für Requirements Engineering verfügt er über mehr als 5 Jahre Beratungserfahrung im Bereich Requirements Engineering in der Fertigungsindustrie. Als Vorstandsmitglied der ark Industrie AG hilft er Jungunternehmern bei der Entwicklung ihrer Geschäftsmodelle und fertigt Wirtschaftlichkeitsanalysen an.



(Leerseite)

Vorwort

Kreativität ist kein Talent, es ist eine Art zu Arbeiten

John Cleese

Industrie 4.0, Internet of Things, Smart Factory, Smart Data, Big Data ... diese und weitere Schlagworte fallen in der Presse, auf Tagungen und in der Politik, wenn es um das Thema Digitalisierung geht. Sie alle wollen uns sagen, dass sich gerade etwas bewegt in unserer Welt. Gerne wird in diesem Zusammenhang auch von der nächsten industriellen Revolution gesprochen, die sich gerade jetzt in diesem Moment ereignet. Besonders betont wird dabei auch gerne, dass wir unbedingt mit dabei sein müssen, denn sonst hängen uns die Amerikaner, die Chinesen oder wer auch immer ab.

Nur, wo genau müssen wir denn dabei sein? Die Schlagwörter, die oben genannt wurden, skizzieren zweifelsohne eine beeindruckende technologische Entwicklung, mehr aber auch nicht. Technische Möglichkeiten machen noch keine Revolution. Die Dampfmaschine selbst war sicherlich eine geniale Erfindung, aber es waren kluge Köpfe, die die Kraft der Dampfmaschine gewinnbringend genutzt haben, um die richtigen Fabriken zu bauen und anzutreiben. Ebenso ist das Internet nichts weiter als ein großes Kommunikationsmedium oder eine Infrastruktur. Wieder waren es findige Köpfe, die das Potenzial erkannt haben und auf Basis des Internets neue Geschäftsideen entwickelt und realisiert haben.

Wir sind davon überzeugt, dass genau das Gleiche auf das digitale Zeitalter zutrifft. Es braucht findige Köpfe, die die neuen technologischen Möglichkeiten sinnvoll nutzen, um bestehende Produkte, Maschinen oder Anlagen zu verbessern oder komplett neue Ideen mit der Technologie zu realisieren. Eben Kreativität und die notwendigen Fähigkeiten, aus den guten Ideen ein Produkt zu entwickeln.

Genau an dieser Stelle kommt das Zitat von oben ins Spiel: Kreativität ist kein Talent, es ist eine Art zu arbeiten (engl. Creativity is not a talent, it is a way of operating). Dieser wunderbare Satz ist ein Zitat von John Cleese und bringt auf den Punkt, was es braucht, um kreativ zu sein. Es ist die Art, wie wir arbeiten und eben kein angeborenes Talent.

Die Art zu Arbeiten, an diesem Punkten möchten wir mit unserem Buch ansetzen. Wir wollen zeigen, dass das digitale Zeitalter für den Maschinen- und Anlagenbau vor allen Dingen bedeutet, dass es eine neue Gestaltungskompetenz braucht, die eine Brücke zwischen der Softwareentwicklung und dem Maschinen- und Anlagenbau schlägt, um die neuen Technologien wirklich gewinnbringend einzusetzen.

Ans Ende eines Vorworts gehört eine Danksagung an alle, die uns bei der Erstellung dieses Buches geholfen haben. Dank geht an Swetlana Bechler, Stefan Gärtner, Bernd Gertzen, Oliver Hehlert und Nils Kubischok von der adesso AG, Simone Bürsner von der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Oliver Stypa, Florian Drescher und Katharina Felk von der Gemini Business Solutions GmbH und Kathrin Bandow vom Beuth Verlag.

Dank gebührt ebenso den Menschen, die sich mit uns auseinandersetzen oder auf uns verzichten mussten, während die Texte für dieses Buch entstanden sind ... für Kim sind dies Pamela, Jonathan und Robin, für Fabian sind dies Sara, Katharina, Kiana und Eliah und für Felix sind dies Janina, Frida und Karl.

Das Schreiben dieses Buches hat uns dreien großen Spaß bereitet und viele neue Erkenntnisse beschert. Wir hoffen, dass Ihnen das Lesen ebenfalls Spaß macht und neue Erkenntnis bringen wird. Wir würden uns freuen, wenn Sie Ihre Erkenntnisse mit uns teilen würden.

Bönen, Neuss und Aachen im Januar 2016

Kim Lauenroth,
Fabian Schreiber
und Felix Schreiber

Inhaltsverzeichnis

Teil I	Auftakt	1
1	Schöne neue digitale Welt	2
1.1	Industrie 4.0 und Internet of Things	2
1.2	Every budget is an IT-Budget	5
1.3	Digitale Geschäftsmodelle	6
1.4	Der digitale Zwilling	9
1.5	Warum wir umdenken müssen	12
1.6	Und was tun wir als Nächstes?	13
2	Aufbau dieses Buches	15
Teil II	Grundlagen	17
3	Einführung Requirements Engineering	18
3.1	Was ist Requirements Engineering?	18
3.2	40 Jahre RE in der Softwareentwicklung – Eine kurze subjektive Zusammenfassung der Geschichte des RE	24
3.3	Einbettung von RE und seine Bedeutung für erfolgreiche Softwareentwicklung	25
3.4	Haupttätigkeiten und Arbeitsergebnisse im Überblick	27
4	Konzepte und Denkwerkzeuge im RE	30
4.1	Denken in Systemen	30
4.2	Trennung von Problem, Anforderung und Lösung	33
4.3	Denken in Abstraktionsebenen	41
4.4	Das PAL-Modell	45
4.5	Gestaltungsverantwortung explizit machen	55
5	Konzepte und Denkwerkzeuge im MB	57
5.1	Produktgestaltung in der Mechanik	57
5.2	Produktgestaltung in der Mechatronik	59
5.3	Handhabung von Anforderungen	60
Teil III	Das Anforderungsdokument	61
6	Anforderungsdokumente im RE	62
6.1	Qualitätskriterien für die Anforderungsdokumentation	62
6.2	Eine kleine Stilkunde	67

6.3	Templates zur Strukturierung der Dokumentation.....	73
6.4	Use Cases als besondere Form der Dokumentation	75
6.5	Modelle im RE – kurz und knapp	80
6.6	Dokumentation der Nutzeroberflächen	93
6.7	Glossar.....	98
6.8	Referenzstrukturen für Anforderungsdokumente.....	99
6.9	Zusammenfassung und Tipps für den Alltag	113
7	Anforderungsdokumente im Maschinenbau	115
7.1	Die Anforderungsliste	115
7.2	Das Lasten- und Pflichtenheft.....	116
7.3	Gliederung von Lasten- und Pflichtenheft	116
7.4	Beschreibungsmittel	117
7.5	Qualitätsmerkmale	117
7.6	Checklisten und Anhänge	118
Teil IV	Requirements-Engineering-Aktivitäten	119
8	Ermittlung von Anforderungen	120
8.1	Systematische Identifikation von Anforderungsquellen	121
8.2	Techniken zur Ermittlung von Anforderungen nach IREB.....	122
8.3	Design Thinking als Beispiel für einen weitergehenden Ansatz ...	128
8.4	Tipps für den Alltag	129
9	Dokumentation von Anforderungen	132
9.1	Über das Handwerk der Dokumentation	132
9.2	Planung der Dokumentationsstruktur	133
9.3	Wahl des Werkzeugs	136
9.4	Tipps für den Alltag	137
10	Prüfung von Anforderungen	140
10.1	Fehler ist nicht gleich Fehler	140
10.2	Drei Qualitätsaspekte für die Prüfung von Anforderungen	141
10.3	Sechs Prinzipien zur Prüfung von Anforderungen	142
10.4	Techniken zur Prüfung von Anforderungen	144
10.5	Tipps für den Alltag	149
11	Abstimmung von Anforderungen	151
11.1	Konflikte im RE	151
11.2	Identifikation und Analyse von Konflikten	152

11.3	Lösung von Konflikten	152
11.4	Tipps für den Alltag	153
12	Verwaltung von Anforderungen	156
12.1	Attributierung von Anforderungen	156
12.2	Priorisierung von Anforderungen	160
12.3	Nachverfolgung von Anforderungen	163
12.4	Versionierung	166
12.5	Änderungsmanagement	168
12.6	Tipps für den Alltag	169
13	Planung und Durchführung des RE	171
13.1	Der Begriff des RE-Projektes	171
13.2	Das Henne-Ei-Problem der Planung im RE	172
13.3	Drei Phasen für ein RE-Projekt	173
13.4	RE-Aktivitäten als kleinste Planungseinheit	176
13.5	Grundsätzliche Herangehensweise zur Planung von RE-Projekten	181
Teil V	RE & MB in der Praxis	191
14	Was dem MBler bekannt vorkommen sollte	192
15	Projektkategorien aus Sicht des RE für MB	193
15.1	Requirements Engineering aus Kundensicht	193
15.2	Neuentwicklungsprojekte	194
15.3	Weiterentwicklungsprojekte und Anpassung des Produktdesigns	194
15.4	Innovationsprojekte	195
15.5	Kostenreduzierung durch professionelles RE	195
16	Was kann ich kurzfristig tun?	199
16.1	Strategie	199
16.2	Change Management	201
16.3	Qualifizierungsorganisationen	202
16.4	Agile Entwicklungsmethoden	203
17	Langfristiger Paradigmenwechsel	204
17.1	Start-Up Culture	204
17.2	Das Business Model Canvas	205

18	RE-Pilotprojekte im MB	215
18.1	Innovationsprojekt eines Medizintechnik-Herstellers	215
18.2	Digitalisierungsstrategie im Produktentwicklungsprozess eines Textilmaschinenbauers	218
19	Fazit und Ausblick	225
	Stichwortverzeichnis	227
	Abbildungsverzeichnis	233
	Quellenverzeichnis	235

Teil I Auftakt

Wenn von Revolutionen oder einer Zeitenwende gesprochen wird, dann lohnt es sich, einmal in Ruhe hinter die Begriffe zu schauen, die dort gerade verwendet werden. Und genau dies soll im ersten Teil dieses Buches in Bezug auf das gerade anbrechende digitale Zeitalter passieren.

Dabei werden uns die wesentlichen Schlagworte begegnen, die das digitale Zeitalter ausmachen. Weiterhin werden wir der Frage nachgehen, warum es eine neue Gestaltungskompetenz braucht, um Maschinen und Anlagen für das digitale Zeitalter zu bauen. Zum Abschluss dieses Teils wird es dann noch einen Überblick über den weiteren Aufbau des Buches geben.

1 Schöne neue digitale Welt

Maschinen- und Anlagenbau auf der einen und Softwareentwicklung auf der anderen Seite. Diese Trennung wird häufig gesehen und ist nicht so unnatürlich, handelt es sich doch um zwei Disziplinen mit eigenen Ausbildungswegen, Studiengängen und Karrierepfaden.

Feststeht jedenfalls, dass durch das Internet der Dinge und die Industrie 4.0 nunmehr diese beiden Disziplinen wieder verschmelzen. Wie den wenigsten Leuten heute noch bekannt ist, ist die CeBIT, die größte deutsche IT-Messe, ursprünglich der Maschinenmesse „Hannover Messe“ entsprungen. Die CeBIT ist die größte Computerausstellung mit Vertretern von IT-Herstellern und IT-Dienstleistern aus aller Welt. Sie gilt als ein Barometer für aktuelle Trends und ein Maß für den Stand der Technik in der Informationstechnologie.

Der Industrie 4.0 geschuldet, denkt man nunmehr offen darüber nach, die beiden Messen wieder zusammenzuführen, weil die physische Welt mit der digitalen Welt immer mehr verschmilzt. Maschinen sollen digitale Zwillinge bekommen, die eins zu eins in der virtuellen Welt das reale Bild live darstellen (siehe Abschnitt 1.4). Die Embedded-Systems-Branche, in der Deutschland einer der führenden Anbieter ist, gerät zunehmend durch cyberphysische Systeme (CPS) unter Druck, die eigene Mikroprozessoren besitzen und mit dem Internet verbunden sind. Innovative und leistungsfähige CPS mit pfiffigen Software-getriebenen Geschäftsmodellen aus dem Ausland greifen eine der Kernbranchen der Deutschen Industrie an. Die Embedded Systems werden „nur noch“ als Datenlieferanten wahrgenommen. Die wahre Zukunft liegt in den Smart Services, die über Internet oder Telematik-Infrastrukturen als Mehrwerte zur Verfügung gestellt werden.

Hierfür ist eine ganz neue Reihe an Maschinen und Anlagen notwendig. Maschinen, die ihre Sensordaten an IT-Systeme übergeben und dann als „Big Data“ mit innovativen Algorithmen weiterverarbeitet werden. Vorausschauende Wartung und Selbstorganisation von Maschinen sind nur zwei Schlagworte, die in diesem Umfeld immer wieder fallen.

1.1 Industrie 4.0 und Internet of Things

Industrie 4.0 bezeichnet die Informatisierung der Fertigungstechnik und der Logistik bei der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation.

Der Begriff stammt aus einem Zukunftsprojekt im Bereich der Hightech-Strategie der deutschen Bundesregierung und der Industrie („Zukunftsprojekt Industrie 4.0 des BMBF“), mit dem in erster Linie diese Entwicklungen vorangetrieben werden sollen [BMBF14]. Das Ziel ist die „intelligente Fabrik“ (Smart Factory),

welche sich durch Wandlungsfähigkeit, Ressourceneffizienz, ergonomische Gestaltung sowie die Integration von Kunden und Geschäftspartner in Geschäfts- und Wertschöpfungsprozesse auszeichnet [Böh12]. Technologische Grundlage sind cyberphysische Systeme und das „Internet der Dinge“ [Jas12B].

Die Bezeichnung „Industrie 4.0“ soll die vierte industrielle Revolution zum Ausdruck bringen. Die erste industrielle Revolution bestand in der Mechanisierung mit Wasser- und Dampfkraft, darauf folgte die zweite industrielle Revolution: Massenfertigung mit Hilfe von Fließbändern und elektrischer Energie, daran anschließend die Digitale Revolution, der Einsatz von Elektronik und IT zur weiteren Automatisierung der Produktion wurde üblich.

Der Begriff wurde erstmals 2011 zur Hannover Messe in die Öffentlichkeit getragen [KAG11]. Im Oktober 2012 wurden der Bundesregierung Umsetzungsempfehlungen des Arbeitskreises Industrie 4.0 der Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion unter Vorsitz von Siegfried Dais (Robert Bosch GmbH) und Henning Kagermann (acatech) übergeben. Am 14. April 2013 wurde auf der Hannover Messe der Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 übergeben. Gleichzeitig nahm die von den drei Branchenverbänden Bitkom (für die IT), VDMA (für die Maschinen- und Anlagenbauer) und ZVEI (für die Elektronik) eingerichtete Plattform Industrie 4.0 ihre Arbeit auf [I40]. Die Plattform wurde nunmehr zum Start des Jahres 2016 wieder eingestellt, da die verbandsübergreifende Arbeit nicht so funktionierte wie erhofft. Sie bleibt auf politischer Ebene aber bestehen. Über die Plattform wurden die Aktivitäten branchenübergreifend koordiniert und sie hatte ihren Sitz in Frankfurt am Internetknotenpunkt in Deutschland.

Kennzeichnend im Bereich der Industrieproduktion sind die starke Anpassung (bis zur Losgröße 1) der Produkte unter den Bedingungen einer hoch flexibilisierten (Großserien-)Produktion (Mass Customization). Die für Industrie 4.0 notwendige Automatisierungstechnik soll durch die Einführung von Verfahren der Selbstoptimierung, Selbstkonfiguration [VID1], Selbstdiagnose und Kognition intelligenter werden und die Menschen bei ihrer zunehmend komplexen Arbeit besser unterstützen [JAS12A].

Basis ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen sowie die Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie beispielsweise Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen [STRI40].

Die derzeit größten deutschen Projekte in Industrie 4.0 sind der im Rahmen der Exzellenzinitiative von Bund und Ländern geförderte Exzellenzcluster Integrative Produktionstechnik [ResCom] und der BMBF-Spitzencluster „Intelligente technische Systeme OstwestfalenLippe („it’s OWL“). Ein weiteres größeres Projekt ist das BMBF-Projekt RES-COM. Auf europäischer Ebene hat sich im Bundesland NRW unter dem Namen CPS-Cluster ein interdisziplinäres Konsortium aus verschiedenen Forschungseinrichtungen der Softwareentwicklung und der entsprechenden Ingenieursdisziplinen wie Maschinenbau und Elektrotechnik zusammengeschlossen [CPS15].

Kennzeichen der Industrie 4.0 sind die Fertigung individualisierter Produkte bis hin zur Losgröße eins unter den Bedingungen einer hochflexibilisierten Produktion sowie die Entwicklung von Verfahren zur Selbstoptimierung, -konfiguration und -diagnose. Gesteuert wird die Fabrik der Zukunft von gut ausgebildeten Mitarbeitern, die bei ihren komplexen Aufgaben durch auf den Maschinenarbeitsplatz zugeschnittene und individualisierte Informationen bei der Kommunikation und Interaktion mit den Maschinen unterstützt werden. Schätzungen zufolge ermöglicht Industrie 4.0 in der Produktion jährliche Effizienzsteigerungen von 6 bis 8%.

Der Begriff Internet der Dinge (englisch Internet of Things, Kurzform: IoT) beschreibt, dass der (Personal) Computer zunehmend als Gerät verschwindet und durch „intelligente Gegenstände“ ersetzt wird. Statt – wie derzeit – selbst Gegenstand der menschlichen Aufmerksamkeit zu sein, soll das „Internet der Dinge“ den Menschen bei seinen Tätigkeiten unmerklich unterstützen. So werden z. B. miniaturisierte Computer, sogenannte Wearables, mit unterschiedlichen Sensoren direkt in Kleidungsstücke eingearbeitet, um bspw. Gesundheitsdaten wie den Puls zu erfassen.

In seinem Aufsatz von 1991 *The Computer for the 21st Century* sprach Mark Weiser zum ersten Mal von dieser Vision.

Das Internet der Dinge bezeichnet die Verknüpfung eindeutig identifizierbarer physischer Objekte (things) mit einer virtuellen Repräsentation in einer Internet-ähnlichen Struktur. Es besteht nicht mehr nur aus menschlichen Teilnehmern, sondern auch aus Dingen. Der Begriff geht zurück auf Kevin Ashton, der erstmals 1999 „Internet of Things“ verwendet hat [Ash09]. Bekannt wurde das Internet der Dinge durch die Aktivitäten der Auto-ID Labs [Mat10]. Unter der Bezeichnung Auto-ID oder Automatische Identifizierung werden Techniken zur Identifizierung, Datenerfassung, Datenerhebung sowie Datenübertragung zusammengefasst. Darunter fallen Technologien wie Barcode, Smart Label, Biometrie, Mobile Datenerfassung, OCR, RFID, Spracherkennung, diverse Chipkarten-Ausprägungen sowie Informationsträger auf Basis optischer Frei-

raumdatenübertragung (Optischer Richtfunk). Bauteile wie Sensoren und Aktoren erweitern die Funktionalität um die Erfassung von Zuständen bzw. die Ausführung von Aktionen. Wenn man den Studien glaubt, tauschen sich in Zukunft über zwanzig Milliarden Gegenstände weltweit über das Internet aus und optimieren nicht nur logistische Prozesse. Für den Austausch dieser unzähligen Datenströme sind noch viel leistungsfähigere Rechner und IT-Infrastrukturen notwendig. Die Bundesregierung hat dies – wenn auch langsam – erkannt und baut die Netzstruktur für highspeed-Internet stark aus.

1.2 Every budget is an IT-Budget

Die Fertigungsbetriebe sehen sich in der heutigen Zeit immer mehr mit der Frage konfrontiert, inwieweit man die eigenen IT-Abteilungen im Produktentwicklungsprozess involvieren muss. Bei einem klassischen Maschinenbaubetrieb (ca. 250 Mitarbeiter) ist oft keine IT-Abteilung vorhanden, wie sie in bereits digitalisierten Branchen üblich ist. Es gibt oft Systemadministratoren, die sich um die hauseigene Infrastruktur wie Arbeitsplätze, Intranet, etc. kümmern. Viele der Softwareprozesse werden ausgelagert und es gibt kaum eigenes Know-how auf hochsprachigen Programmiersprachen wie Java, C#, etc.

In den Entwicklungsprozessen der Maschinenbauer muss die Kommunikation mit modernen Plattformen wie ThingWorx, Cumulocity, Predix oder ähnlichen zukünftig eine entscheidende Rolle spielen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Die heutigen Embedded Systems oder die klassischen Steuerung sind hierzu kaum in der Lage. Da das klassische Maschinenbauunternehmen mit im Schnitt 150 Mitarbeitern nicht in der Lage sein wird, eine Vernetzung seiner Maschinen über die oben genannten Plattformen zu bewerkstelligen, wird man sich Intermediären bedienen müssen, die die Connectivity der Maschinen und Dinge übernimmt. Solche Intermediäre sind in anderen Branchen schon etabliert. So übernehmen Plattformen wie myTaxi oder Uber die Vernetzung von Maschinen und Taxi-Kleinunternehmern. Eine ähnliche Entwicklung wird es auch im Maschinenbau geben.

Alle diese Schlagwörter sind dem klassischen Maschinenbau aber oft fremd und werden bisher in Entwicklungsprozessen nicht berücksichtigt. Was bedeuten diese Schlagwörter aber für den Maschinenbau: Der Fokus von Mechanik, Mechatronik und Elektrotechnik ändert sich hin zur Informationstechnik (IT) in und um die Maschine herum. Und die Konsequenz von allem ist, dass IT eine signifikant stärkere Rolle spielen wird. Daher gilt in der heutigen Zeit „every budget is an IT budget“ (jedes Projektbudget ist gleichzeitig ein Informationstechnik-Budget). Das heißt, IT-Budgets zu managen und zu verwalten wird künftig die Aufgabe der Maschinenbauer sein. Hierfür sind jedoch Verände-

rungsprozesse im Maschinenbauunternehmen notwendig. IT-Abteilungen sind meistens nicht vorhanden oder als Wurmfortsatz entstanden. Meist bestehen sie aus Netzwerkadministratoren, die die Arbeitsplätze der Mitarbeiter ausstatten oder sich ums firmeneigene Intranet kümmern. Selten trifft man dort Entwickler an, die sich um die Entwicklung eigener Software kümmern.

1.3 Digitale Geschäftsmodelle

Die digitale Geschäftswelt der Zukunft wird durch drei smarte Dinge geprägt werden. Smarte Produkte, Daten und Services. Hierbei liefern die smarten Produkte die Daten, die durch Hochleistungsalgorithmen zu smarten Daten verarbeitet werden, um smarte Services bereitstellen zu können.

Smarte Produkte sind buchstäblich bereits in aller Munde, bspw. elektrische Zahnbürsten, die per Bluetooth das Zahnputzverhalten des Nutzers an ein Smartphone übertragen. Smarte Produkte sind Gegenstände, Geräte und Maschinen, die mit Sensorik ausgestattet, durch Software gesteuert und mit dem Internet verbunden sind. Dabei sammeln sie Daten aller Art, werten diese aus und teilen sie mit anderen Geräten.

Jeder zweite Deutsche besitzt ein Smartphone (Tendenz stark steigend). Auch viele Maschinen und Geräte sind im Betrieb bereits online. Beispielhaft sollen genannt sein PKWs, Solaranlagen, Heizungsanlagen und Smart Meter, Feuermelder und Alarmanlagen, Aufzüge, Durchgangstüren und Ampelanlagen, Kameras, TVs und Musikanlagen, Küchengeräte und Zahnbürsten und zunehmend auch Wearables wie Smart Watches oder Smart Shirts. Keine Industrie und kein Bereich des täglichen Lebens wird hiervon ausgenommen bleiben.

Im Jahr 2015 sind etwa 15 Milliarden Produkte weltweit mit dem Internet verbunden; bis 2020 sollen es 30 Milliarden sein [Kag14]. Rund 50 Prozent der smart products kommen derzeit aus den Bereichen Consumer- und Haustechnik, 25 Prozent aus der Mobilität und 20 Prozent aus der Industrie.

Der Datenstrom im Internet der Dinge, Daten und Dienste wird weiter rapide anwachsen. Wenn die deutsche Wirtschaft dabei auf Augenhöhe mitspielen möchte, muss sie in den kommenden zwei bis drei Jahren möglichst viele ihrer weltweit installierten Produkte mit dem Internet verbinden und aus den Daten, die während deren Betrieb entstehen, Smart Services generieren [Kag14].

Smart Products sind, nachdem sie die Fabrik verlassen haben, über das Internet vernetzt. Während ihres Betriebs tauschen sie eine unermessliche Menge an Daten aus. Diese Datenmengen werden oft mit dem Begriff „Big Data“ umschrieben und als der vielleicht wichtigste Rohstoff des 21. Jahrhunderts angesehen. Big Data wird analysiert, interpretiert, verknüpft und ergänzt und

auf diese Weise zu Smart Data veredelt. Ein alltägliches Beispiel zeigt die Suchmaschine Google. Vor Google gab es schon unzählige Suchmaschinen, die die Inhalte des Internets durchsucht und dem Nutzer angezeigt haben. Erst Google hat allerdings mit intelligenten Algorithmen die Daten vernünftig analysiert, interpretiert und für den Nutzer verwertbar angezeigt.

Smart Data wiederum lässt sich für die Steuerung, Wartung und Verbesserung smarter Produkte und Dienstleistungen verwenden. Dies ist insbesondere für Maschinenbauer interessant, da ihre Maschinen eng mit den Produkten verknüpfen und somit als Daten-Knotenpunkt fungieren.

Noch zu zögerlich gehen Unternehmen in Deutschland den Weg vom Anbieter hochwertiger Produkte zum Anbieter attraktiver und flexibler Smart Services. Smart Service-Anbieter können Kundenwünsche immer genauer antizipieren. Neue Hochleistungsalgorithmen, die tausende Parameter bei der Interpretation von Daten aus unterschiedlichsten Quellen einbeziehen, steigern die Qualität der Prognosen für einen Geschäftsprozess um ein Vielfältiges.

Ein eindrückliches Beispiel dafür ist der Versandhändler Otto: Mithilfe eines intelligenten Algorithmus des Start-Ups Blue Yonder wird für jeden einzelnen seiner mehr als zwei Millionen Artikel im Sortiment tagesaktuell die Verkaufsprognose der kommenden Wochen und Monate berechnet. Rund 200 Variablen fließen darin ein, etwa die Verkaufszahlen des Vorjahres, aktuelle Werbekampagnen für das Produkt oder gar die Wettervorhersage, und verschaffen Otto damit einen strategischen Vorteil: Je nach Produktkategorie können die Verkäufe um 20 bis 40 Prozent genauer vorhergesagt werden. Die Folge: Die Produkte sind nicht mehr zu früh ausverkauft – und bleiben trotzdem seltener im Lager liegen [Kag14].

In der Smart Service-Welt steht der Nutzer im Mittelpunkt. Bezogen auf die Maschinen können damit sowohl Verbraucher gemeint sein, die direkt auf die Maschine durch das Internet zugreifen und z.B. Produkte bestellen können. Es kann aber auch der Werksmitarbeiter, der die Maschine bedient, oder das Management, was bestimmte Daten benötigt, sein. Smart Services heißen für den Kunden: Er kann jederzeit und an jedem Ort situationsgerecht die für ihn passende Kombination von Produkten, Dienstleistungen und Diensten erwarten [Kag14]. Smart Service-Anbieter benötigen dafür ein tiefes Verständnis des Nutzers, seiner Vorlieben und Bedürfnisse. Sie müssen hierfür eine Fülle von Daten (Big Data) auf intelligente Art und Weise verknüpfen (Smart Data) und bereitstellen (Smart Services) [Kag14]. Datengetriebene Geschäftsmodelle sind dabei der Ausgangspunkt. Für ihre Entwicklung müssen Anbieter das Ökosystem des Nutzers und seinen situativen Kontext verstehen. Dieses Verständnis basiert auf Daten und ihrer Analyse. Solche Daten erheben alle Akteure in dem

jeweiligen Netzwerk. Die Möglichkeit, die vielfältigen von Smart Products erhobenen Daten in Echtzeit zu verknüpfen und Kunden auf dieser Basis passgenaue Smart Service-Angebote zu unterbreiten, wirkt sich disruptiv auf die etablierten Geschäftsmodelle aus – egal, in welcher Branche. Darüber hinaus skalieren die digitalen Smart Service-Geschäftsmodelle zu deutlich niedrigeren Grenzkosten. Denn oftmals sind „as a Service“-Angebote deutlich günstiger als „Ownership“-Angebote.

So ist beispielsweise Carsharing preisgünstiger als der Betrieb eines eigenen gleichartigen Fahrzeugs, solange die jährlich gefahrenen Kilometer und Nutzungszeiten unter der Rentabilitätsschwelle von zehn- bis zwanzigtausend Kilometern pro Jahr liegen. Die Stiftung Warentest kam in einer Modellrechnung mit 5 000 Jahreskilometern auf Kosten von 138 Euro pro Monat, mit einem eigenen Wagen dagegen auf 206 Euro pro Monat [StWa]. Feste Kosten wie Anschaffungskosten, Stellplatz- oder Garagenmiete, Kraftfahrzeugsteuer und Versicherungsprämien entfallen.

Smart Service-Anbieter können Smart Data auch für Prognoseverfahren (Real-Time Predictive Analytics) nutzen, die unmittelbar in den Steuerungsprozess der Produkte einfließen und damit vormals unerreichbare Qualitäts- und Servicelevel ermöglichen. Verknüpft z. B. ein Aufzugshersteller seine Steuerlogik mit den Bewegungen der Personen in den Stockwerken und Eingängen des Gebäudes sowie mit ankommenden Personen aus dem öffentlichen Nahverkehr, dann kann er die Beförderungskapazität entlang der Tageskennlinien um 50 Prozent und mehr steigern. Ein Wettbewerber, der nicht über diesen Smart Service verfügt, ist ggf. nicht mehr wettbewerbsfähig.

Diese disruptiven Geschäftsmodelle bauen gemäß der Unternehmensberatung Accenturen [Kag14] auf drei Kernelementen auf:

- 1) digitalen Ökosystemen und Marktplätzen,
- 2) integrierten Bezahlungsfunktionen und
- 3) sicheren Identitäten der Nutzer.

Im Mittelpunkt steht nicht mehr der einzelne Anbieter mit seinen klassischen Produkten und Services, sondern der Nutzer. Digital aufgerüstet erwartet er die für ihn passende individuelle Kombination von und Dienstleistungen „as a Service“ – zu jeder Zeit. Der Nutzer verfügt über eine sichere digitale Identität, die mit einer integrierten Bezahlungsfunktion für Smart Services verbunden ist.

Dieser Wechsel von produkt- zu nutzerzentrierten Geschäftsmodellen verlangt insbesondere von den Anbietern erfolgreicher Produkte einen schmerzhaften Paradigmenwechsel. Da die eigenen Kompetenzen als Produzent in der Regel nicht ausreichen, diesen Wechsel zu vollziehen, werden Smart Products oft-

mals auf neuen digitalen Plattformen mit Leistungen von Dritten in Echtzeit zu Smart Services kombiniert [Kag14].

Der angesprochene Wechsel von produkt- zu nutzerzentrierten Geschäftsmodellen macht auch vor dem Maschinen- und Anlagenbau keinen Halt. Um eine Industrie 4.0 unternehmensübergreifend entlang einer gesamten Prozesskette von Rohstofflieferanten, Zulieferern, Maschinenbauern bis hin zu den Fertigungsbetrieben realisieren zu können, müssen auch hier Daten getauscht und Dienstleistungen übergreifend einsetzbar sein. Auch die Maschine wird zu einem Smarten Produkt, um eben genau diese für den Endkunden noch individueller herstellen zu können.

1.4 Der digitale Zwilling

Annähernd 30 Millionen Menschen nutzen in Deutschland das soziale Netzwerk Facebook [STAT]. Davon ist der überwiegende Teil unter vierzig Jahren alt, so dass annähernd drei Viertel aller Deutschen in dieser Altersgruppe ein digitales Ebenbild von sich im Netz haben. Jeder Bürger ist heutzutage mit Online-Banking, Amazon-Profilen, Accounts bei Instagram, Facebook, Xing oder Online-Spielen wie World of Warcraft mit einem oder mehreren digitalen Ebenbilder im Internet präsent.

Diese Idee greift der digitale Zwilling für Maschinen auf. Das Ziel ist ein digitales Ebenbild jeder Maschine, von der Geburtsstunde der ersten Design-Idee über jede Weiterentwicklung bis hin zur Stilllegung. Sprich der gesamte Produktzyklus der realen Maschine wird zukünftig von einem digitalen Zwilling begleitet. Mit dem digitalen Zwilling kann der Maschinenbau das Potenzial der Digitalisierung für mehr Effizienz und Qualität nutzen. Denn er sorgt für ein optimiertes Maschinendesign, eine unkomplizierte Inbetriebnahme, kurze Umrüstzeiten und einen fehlerfreien Betrieb [Siem]. Dies gelingt dadurch, dass erstmals Informationen über den Betrieb der Maschine vor Auslieferung simuliert und nach Inbetriebnahme zurückgespielt und überwacht werden können. Hierdurch sind Rückschlüsse noch nie dagewesener Größe möglich.

Die time-to-market-Vorgaben neuer Produkte und Maschinen werden immer weiter heruntergeschraubt. Die Zeit von der Inbetriebnahme bis zur Stilllegung oder neuen Produktversion wird immer kürzer.

Individualisierung und Online-Konfiguration von Maschinen machen ein digitales Ebenbild ebenfalls notwendig. Dies hat selbstredend extreme Auswirkungen auf den Entwicklungsprozess, dem Maschinenbauer ebenfalls gerecht werden müssen.

Das klassische statische Linienkonzept in der Fertigung wird zunehmend durch modulare Konzepte ergänzt. D. h., dass nicht allein ein Produkt auf einer Produktionslinie (meist bestehend aus verschiedenen Maschinen zur Be- und Verarbeitung des zu fertigenden Produkts) produziert wird, sondern sämtliche Maschinen des Maschinenparks flexibel für verschiedene Produkte eingesetzt werden. Dies kann nur dadurch gelingen, dass ein übergeordnetes Produktionssystem weiß, welche Werkzeuge an jeder Maschine zur Verfügung stehen und welche Produkte bearbeitet werden können.

Flexibilität ist aber auch noch an anderer Stelle gefordert: Trotz der zunehmenden Produkt- und Prozessvielfalt darf die Fertigung nicht mehr an Zeit, Energie und Ressourcen verbrauchen als bisher. Daher werden alle Innovationen rund um die Digitalisierung auch immer dahingehend überprüft, inwiefern sie einen Beitrag zu mehr Effizienz leisten – angefangen vom Produktdesign über die Produktionsplanung und das Engineering bis hin zu Inbetriebnahme, Betrieb, Service und Modernisierung von Systemen und Anlagen [Siem].

An dieser Stelle zeigt die Idee des digitalen Zwillings seine volle Leistungsfähigkeit auf. Der digitale Zwilling ist quasi ein komplett identisches virtuelles Abbild der realen physischen Maschine. Wie im virtuellen Social Live der Avatar, begleitet der digitale Zwilling vom ersten Brainstorming der Maschinenentwicklung an sein physisches Gegenstück. Hierfür sind eine Menge Rechenleistung und noch auszureifende Software-Programme nötig.

Es gibt im Markt schon viele Software-Lösungen, die die einzelnen Punkte des Produktlebenszyklus sehr gut abdecken können. Eine passende Software, die aber vollumfänglich einen digitalen Zwilling ermöglicht, gibt es noch nicht. Große Software-Häuser bieten zwar schon fast vollumfänglich die gesamte Palette an. Oft sind in den Maschinenbaubetrieben aber eine Vielzahl von Anwendungen über Jahrzehnte gewachsen und eine gänzliche Umstellung auf die gesamte Produktpalette eines Anbieters ist meist faktisch nicht möglich und eine Migration nicht zu bezahlen. Wir gehen daher davon aus, dass diejenige Software das Rennen machen wird, die mit dem minimal-invasivsten Aufwand eine Integration der bestehenden Prozesse und Anwendungen ermöglicht und um die nicht vorhandenen Komponenten ergänzt.

Ein weiterer Vorteil des digitalen Zwilling-Konzepts ist das immer stärker werdende Bedürfnis nach Simulation von Inbetriebnahme-Prozessen. Viele Sondermaschinen- oder -anlagenbauer haben nach einer jahrelangen Entwicklungsphase einen risikoreichen Inbetriebnahme-Prozess vor sich. Oft werden erst in der Inbetriebnahmephase Fehler in der Anforderungsanalyse festgestellt. Aus der Softwareentwicklung bekannt, sind sogenannte Änderungsanforderungen (Change Requests) oft nur mit sehr hohem Aufwand zu beseitigen.

In einer Anlage, die mehrere Millionen Euro kostet und anders als Software auch aus Mechanik und Elektronik besteht, ist ein Change Request noch um ein Vielfaches teurer.

Darüber hinaus streitet man sich oft aufgrund fehlender Dokumentation mit dem Kunden über die Verantwortung für den Fehler im Produktdesign. Es kommt nicht selten vor, dass die Anlage Jahre im Betrieb ist und der Sondermaschinenbauer aufgrund von Änderungsanforderungen noch nicht den vollen Preis für die Anlage erhalten hat.

Hier können Simulationen, die die Inbetriebnahme vorab sowohl für den Kunden als auch den Bauer virtuell abbilden, gravierende Fehler vermeiden. Eine vollumfängliche Anforderungsanalyse beseitigt dies allerdings nicht, denn die Simulation ist nur so gut, wie man sich Gedanken darüber gemacht hat. So können aber schon während des Anforderungsprozesses Fehler identifiziert und vor der eigentlichen Entwicklung beseitigt werden. Dies kennt man wiederum aus der Software-Entwicklung mit rapid prototyping. Diese Vorverlagerung von Routinen und Checks reduziert in kritischen Phasen im Lebenszyklus wie der Inbetriebnahme die Gefahr von Fehlern und Störungen, die früher nur aufwändig und unter Zeitdruck zu beheben waren [Siem].

Während des Betriebs der Anlage liegen die Vorteile des digitalen Zwillings auf der Hand. Über Cloud-Anbindungen können Live-Daten der Maschine durch intelligente Sensorik wie KPI-Daten, Downtime-Analysen, Störraten und Energiedaten sowie Stückzahl-Analysen angezeigt werden.

Die gesammelten Erkenntnisse über die Auslastung und die Fehler der Maschine können wichtige Erkenntnisse über die Produktweiterentwicklung liefern. Stehen die Informationen zur Maschine auf einer integrierten und durchgängigen Datenplattform zur Verfügung, lassen sich spätere Modifikationen auf genau die gleiche Weise testen und verifizieren – und so die Einführung eines neuen Produkts beschleunigen [Siem].

Wesentliche Komponenten für die vollständige Digitalisierung der Wertschöpfungskette und das digitale Unternehmen stellt beispielsweise Siemens bereits heute in seinem Portfolio für das Digital Enterprise Portfolio zur Verfügung. Zu diesem abgestimmten Lösungsansatz gehören vier Felder:

Software als zentrale Datenplattform zur digitalen Unterstützung des gesamten Wertschöpfungsprozesses für die diskrete Industrie, intelligente Netzwerke für die industrielle Kommunikation, die die Grundlage für einen einfachen Austausch von Daten innerhalb der verschiedenen Module einer Fertigung schaffen und dabei helfen, die Daten aus dem Betrieb zu erfassen [Siem].

1.5 Warum wir umdenken müssen

Aus unseren Erfahrungen der Vergangenheit sowohl in der Hochschulausbildung, als wissenschaftlicher Assistent und in Beratungs- und Entwicklungsprojekten in der Maschinen- und Anlagenbau-Branche liegt die Konzentration in der Lehre und in Projekten auf dem Auffinden von Lösungen für bestimmte Probleme. Hierbei wird detailliert darauf eingegangen, welche Rahmendbedingungen, Kennwerte und Beschaffenheiten Systeme und Produkte erfüllen müssen bzw. diesen unterliegen.

Die strukturierte Darstellung von Systemen in Funktionsstrukturen, Wirkmechanismen und Teillösungen zählt ebenso zu den Stärken der deutschen Ingenieursausbildung wie die detaillierte Konstruktion, Risikobewertung und Qualitätsüberwachung der weiteren Entwicklung und Herstellung von Produkten und Maschinen. Über die Jahre haben sich verschiedene Methoden und Richtlinien etabliert wie z. B. die VDI-Richtlinie 2221, welche ein bewährtes Mittel zur Konstruktion und Entwicklung von Maschinen darstellt.

Durch den Einzug der Digitalisierung im Produktionsumfeld nimmt Software einen immer größer werdenden Anteil in der Herstellung und Entwicklung von Maschinen ein. Im Vergleich zum aufwändigen und kostenintensiven Fertigungsprozess von Maschinen von der Konstruktion bis hin zur Endmontage und Qualitätssicherung ist der Aufwand im Fertigungsprozess von Software vergleichsweise klein. Bei der Entwicklung von Software soll der Nutzer schon früh im Mittelpunkt stehen. Aufgrund des nicht sehr aufwändigen Produktionsprozesses von Software im Vergleich zur Entwicklung von Quellcode liegt bei der Softwareentwicklung ein großes Augenmerk auf der theoretischen Durchdringung der Probleme vor der eigentlichen Entwicklung des eigentlichen Quellcodes.

Durch Themen wie Internet of Things, Industrie 4.0 und digitale Geschäftsmodelle verschmelzen die Bereiche Maschinenbau und Software zunehmend miteinander. Hierdurch entstehen nicht nur kommunikative und kulturelle Herausforderungen zweier völlig unterschiedlicher Disziplinen, sondern es entstehen Abhängigkeiten im Entwicklungsprozess, die während des Entwicklungsprozesses nur noch schwer zu kontrollieren sind. Historisch arbeiten aus eigenen Erfahrungen in deutschen Unternehmen die Entwicklungsabteilungen meist relativ autonom bezogen auf die anderen Unternehmensbereiche wie Vertrieb, Marketing und Qualitätssicherung. Um jedoch Änderungsanforderungen, Lieferverzögerungen und Kundenunzufriedenheiten bei der Entwicklung von komplexen Produktionssystemen zu vermeiden, ist eine ganzheitliche Betrachtung des Kontextes, in dem die zu entwickelnde Maschine zukünftig zu sehen

ist, unabdingbar. Hierzu ist eine detaillierte Aufnahme von Anforderungen entlang aller Unternehmensbereiche sowie die des Kunden notwendig.

In den etablierten Methoden und Vorgehensmodellen des Maschinenbaus nimmt die Anforderungsaufnahme jedoch meist einen kleinen Teil ein. Hier muss basierend auf unseren Erfahrungen ein Umdenken passieren, um zukünftigen Maschinenentwicklungen für das digitale Zeitalter gerecht zu werden.

1.6 Und was tun wir als Nächstes?

Nun haben wir es vor Ihnen ausgebreitet, das digitale Zeitalter. Wir sehen nahezu unendliche technische Möglichkeiten vor uns, vernetzte Maschinen, smarte Fabriken und vieles mehr. Sie alle versprechen uns eine goldene Zukunft und vielfältige neue Möglichkeiten.

Das soll jetzt gar nicht so zynisch klingen, wie es auf den ersten Blick erscheinen mag. Wir sind fest davon überzeugt, dass die neuen technischen Möglichkeiten des digitalen Zeitalters für den Maschinen- und Anlagenbau viele spannende Innovationen und neue Produktideen bereithalten. Beispiele werden in den ersten Kapiteln aufgezählt.

Allerdings gab es vor dem digitalen Zeitalter schon viele andere Heilsbringer, die der Menschheit Vergleichbares versprochen haben. Man muss dazu gar nicht allzu weit in die Vergangenheit blicken. Unter dem Schlagwort „New Economy“ hatte sich in den 1990er Jahren eine verheißungsvolle Wirtschaft auf Basis des World Wide Web etabliert. Das Ende dieses Zeitalters ist hinlänglich bekannt und hat unter dem Schlagwort „Platzen der Dotcom-Base“ Einzug in die Geschichtsbücher gehalten. Eine zentrale Erkenntnis aus diesem Fehlschlag war, dass die vielen Ideen aus der New Economy vielleicht vielversprechend klangen, aber nicht wirklich zu Ende gedacht und ausgereift waren.

Eine ähnliche Tendenz spürt man aktuell auch in Bezug auf das anbrechende digitale Zeitalter. Daher ist die Antwort auf die Frage „Was tun wir nun mit dem neuen digitalen Zeitalter?“ eine ganz simple:

Ruhe bewahren!

Nur weil wir beispielsweise technisch in der Lage sind, Maschinen zu vernetzen, muss man es nicht auch gleich tun. Vernetzung oder Digitalisierung ist kein Selbstzweck, es muss einen konkreten und greifbaren Nutzen oder Mehrwert für den Nutzer oder den Besitzer der Maschinen haben. Erfahrungen zeigen, dass technisch fokussierte Personen und Unternehmen sehr schnell den Nutzen oder den Mehrwert ihrer Technologie aus den Augen verlieren und das Produkt in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit gestellt wird.