

CONTACT SOFTWARE GMBH – BREMEN

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSANLAGEN UND KONSTRUKTIONSTECHNIK IPK – BERLIN

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V. – VDI – DÜSSELDORF

PROF. DR. RAINER STARK, DR. ROLAND DREWINSKI, DR. HAYGAZUN HAYKA, DR. HEINZ BEDENBENDER (HRSG.)

2013

KOLLABORATIVE PRODUKTENTWICKLUNG UND DIGITALE WERKZEUGE

DEFIZITE HEUTE – POTENZIALE MORGEN

PATRICK MÜLLER, FLORIAN PASCH, DR. ROLAND DREWINSKI, DR. HAYGAZUN HAYKA



KOLLABORATIVE PRODUKTENTWICKLUNG UND DIGITALE WERKZEUGE DEFIZITE HEUTE – POTENZIALE MORGEN

Eine Studie der CONTACT Software GmbH, des
Fraunhofer IPK und des VDI

Patrick Müller, Florian Pasch, Dr. Roland Drewinski, Dr. Haygazun Hayka

Prof. Dr. Rainer Stark, Dr. Roland Drewinski, Dr. Haygazun Hayka, Dr. Heinz Bedenbender (Hrsg.)

CONTACT Software GmbH – Bremen
Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik – IPK – Berlin
Verein Deutscher Ingenieure e.V. – VDI – Düsseldorf

Durchführung der Studie in 2011
Veröffentlichung der Ergebnisse in 2012 / 2013

ISBN: 978-3-00-039111-8

ISBN: 978-3-00-039111-8

© 2012 Fraunhofer IPK, CONTACT Software, VDI

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Text, Tabellen und Abbildungen wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet. Die Herausgeber und Autoren sowie die Institutionen, denen sie angehören, können dennoch für eventuell verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.

Vorwort der Herausgeber

Wie sieht die Arbeit der Ingenieure in der Praxis aus und was sollte ihrer Meinung nach verbessert werden? Diese Fragen adressiert die hier vorliegende, große Studie.

Die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit und die Koordination der heutigen Produktentwicklung bestimmen die moderne Ingenieurarbeit. Die hierfür erforderliche Kommunikation mit den Entwicklungspartnern, der Datenaustausch und die Informationsbeschaffung fordern einen Großteil der Arbeitszeit ein. Die wissenschaftliche Feststellung der Informationslogistik in der Produktentstehung und im Umfeld des Ingenieurs in definierten Branchen war ein wesentliches Ziel der Studie. Die Studie stellt dabei, im Gegensatz zu älteren Untersuchungen und Darstellungen, den Einfluss heutiger, etablierte IT-Lösungen im Ingenieurwesen und der damit verbundenen Aktivitäten heraus.

Eine der zentralen Fragen ist die nach den Arbeitsbestandteilen und den dafür aufgewendeten Zeitanteilen. Obwohl Ingenieure an sich die Möglichkeit haben sollten, sich in der Hauptsache dem eigentlichen Entwickeln widmen zu können, wird gerade diese Möglichkeit oft in Frage gestellt. Das Ergebnis der Studie muss diesbezüglich alarmieren. Die Antworten sagen nicht mehr und nicht weniger aus, als dass fast zwei Drittel der Befragten im Schnitt 20% und weniger Zeit für die Kernaufgaben Entwickeln, Konstruieren und Absichern aufwenden können! Die Studie bestätigt aus Ingenieursperspektive, dass es an Zeit für kreatives Arbeiten an Hauptaufgaben der Ingenieurstätigkeit wie Konstruieren mangelt. Sie bestätigt weiterhin, dass Ingenieure Routinetätigkeiten wie die Beschaffung und den Austausch von Informationen als sehr belastend empfinden. Die Ergebnisse bieten den Unternehmen Anhaltspunkte, wo sie ansetzen sollten, um Verbesserungspotenziale bei der Ingenieurarbeit zu nutzen.

Produktentwicklung zeichnet sich – wenn Innovation entscheidend ist – durch einen hohen kreativen Anteil aus. Gleichzeitig steigt der Bedarf in den Unternehmen nach systematischem und möglichst zielsicherem Vorgehen. Gründe sind u.a. steigende Produkt- und Prozesskomplexität, Ausweitung der Engineering Supply Chain, Compliance oder Frontloading. Die Studie unterstreicht in diesem Zusammenhang: Für die Kernaufgaben selbst bleibt wenig Zeit. Projektarbeit und koordinierende Aufgaben spielen heute die dominante Rolle. Außerdem wird eine bessere Unterstützung gefordert. Beispiel: Projekttransparenz, Verfügbarkeit der Daten, ad-hoc Workflows und Zusammenarbeit mit Partnern über offene Systemgrenzen hinweg. Vor allem werden einfache und universelle Werkzeuge gewünscht.

Die Studie liefert wichtige Orientierungspunkte für die Forschung und Entwicklung im Bereich der Kollaboration bzw. des Collaborative Engineering. Sie aktualisiert bisherige Einschätzungen und Studien durch eine aktuelle Datenbasis. Außerdem berücksichtigt sie die Sicht der Ingenieure – insbesondere die der Projektleiter und Fachexperten der Entwicklung. Dies ist ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal für die Interpretation und Verwertung der Ergebnisse, wenn es um Entwicklungsmethoden und -prozesse in der kollaborativen Produktentwicklung geht. Im Einzelfall werden jedoch unternehmensspezifische Analysen empfohlen, um diese Potenziale voll aufzudecken und zu erfassen.

CONTACT Software entwickelt und vermarktet Standardlösungen für Produktdaten-Management, Product Lifecycle Management und Projektmanagement. Im Mittelpunkt steht dabei das Leitmotiv »Integrating Creativity and Management«.

Das Fraunhofer IPK arbeitet in F&E-Projekten u.a. an neuen Lösungen der virtuellen Produktentstehung. Dabei sind auch neue PLM-Konzepte und -Lösungen von großer Bedeutung. In Industrieprojekten wird der Transfer in die Praxis vollzogen. Dabei wird Wert auf Anwendungsbezug gelegt.

Für den VDI liefert die Studie wichtige Beiträge, um seinen Mitgliedern eine Möglichkeit zur persönlichen Positionierung ihrer Arbeitssituation in der Produktentwicklung zu ermöglichen. Über die fachliche Zuordnung, welche die Mitglieder selbst vornehmen, konnte die richtige Zielgruppe für den Fragebogen präzise angesprochen werden. Die hohe Anzahl an Antworten der Ingenieure, Entwickler und Projektleiter, von Engineering-IT-Verantwortlichen und Geschäftsführern zeigt, dass das gelungen ist. Und sie zeigt auch die Wichtigkeit des Themas für Ingenieure. Die Umfrageergebnisse sollen für den Einsatz bedarfsgerechter Engineering-Software in eine IT-Roadmap des VDI-Fachbeirats Informationstechnik einfließen, die im Jahr 2013 veröffentlicht werden soll.

Durch die breite Basis der Antworten, durch die Adressierung unterschiedlicher Branchen und durch die Diversität des Aufgabenumfelds der Teilnehmer erfüllt die Studie bestmöglich die Ansprüche an Repräsentanz.

Die Partner nehmen die Qualität der Studie und die hervorragende Kooperation zum Anlass, für die Zukunft eine noch intensivere Zusammenarbeit der Industrie mit den Forschungseinrichtungen und Verbänden zu empfehlen.

Zusammenfassung

Die heutige Produktentwicklung geht wesentlich mit unternehmensübergreifender Zusammenarbeit und einem intensiven Austausch von Produktdaten einher. Der Entwickler bedient dabei eine Vielzahl von Prozessen und arbeitet mit unterschiedlichsten digitalen Werkzeugen. Im Kern der vorliegenden Studie werden folgende Fragen zur kollaborativen Produktentwicklung näher untersucht:

- Wie arbeiten Ingenieure und Ingenieurinnen heute?
- Welche Aufgaben spielen im Tagesgeschäft eine Rolle?
- Wie viel Zeit steht für die Kernaufgaben wie Entwickeln, Konstruieren und Absichern zur Verfügung?
- Wie beurteilen die Entwickler ihr Arbeitsumfeld: Was kann verbessert werden und wo können neue und bessere Werkzeuge zum Einsatz kommen?

An der Studie haben sich 1.401 Ingenieure mit ihren Antworten beteiligt. Am stärksten sind dabei die Branchen Automobilbau und Transport sowie der Maschinen- und Anlagenbau vertreten. Die Aufbereitung der Ergebnisse erfolgte in Bezug auf das Produktdaten-Management (PDM/PLM), das Prozessmanagement und neue Medien in der Produktentwicklung. Die Ergebnisse sind dabei in vier Themenfeldern aggregiert:

- Arbeitssituation
- Kollaborationsprozesse
- Werkzeugeinsatz
- Zukunftsideen

Dieser Bericht stellt eine Ergebniszusammenfassung und -diskussion der Studie für Praktiker und Forscher bereit. Grob zusammengefasst zeigt die Studie Folgendes: In Bezug auf die Arbeitssituation ergibt sich, dass die Ausstattung mit Arbeitsmitteln prinzipiell eher geeignet, die Zeit zu deren effizienten Nutzen jedoch durch die großen Zeitanteile für Kommunikation und Koordination begrenzt ist. In der Zusammenarbeit wird ein direkterer Austausch gewünscht, der auch den persönlichen Kontakt wieder stärkt. Der Werkzeugeinsatz bietet noch große Potenziale für die Nutzung von abgestuften PLM-Lösungen. Die Verwendung von E-Mail zum Austausch von Produktdaten (insbesondere auch CAD-Daten) ist erschreckend hoch, wobei PDM-Systeme dennoch ein erfreuliches – jedoch deutlich ausbaufähiges – Maß an Akzeptanz genießen. Die Bewertung der Zukunftsideen ist aufschlussreich im Hinblick auf die direkten Bedürfnisse der Ingenieure. Die »Klassiker« wie z.B. die unternehmensintern einheitliche Verwendung von Bezeichnern und Nummern führen die Bedarfe an. Prozessunterstützende Technologien folgen mit in der Nennung. Ansätze wie Social Media in der Produktentwicklung hingegen genießen noch wenig Vertrauen.

Partner der Studie sind die CONTACT Software GmbH (Bremen), das Fraunhofer IPK (Berlin) und der VDI (Düsseldorf).

Inhalt

Vorwort der Herausgeber.....	7
Zusammenfassung	9
Inhalt	11
1 Einleitung	13
1.1 Motivation und Zielsetzung der Studie	13
1.2 Ausgangslage – Die Situation im Engineering	15
1.3 Kollaborative Produktentwicklung.....	18
1.3.1 Definition von Kollaboration in der Produktentwicklung	18
1.3.2 Digitale Werkzeuge in der Produktentwicklung	19
1.3.3 Der Ingenieur im Mittelpunkt.....	20
1.4 Positionierung der Studie zu anderen.....	21
2 Ergebnisse im Überblick.....	23
3 Studiendesign und -durchführung.....	27
3.1 Grundlegende Ausrichtung	27
3.2 Übergeordnete Frageblöcke.....	27
3.3 Details der Teilstudien	28
3.3.1 Vorstudie: Interview-Studie.....	28
3.3.2 Kernstudie: Webbasierter Fragebogen	28
3.4 Auswertung.....	29
3.4.1 Schritte der Datenanalyse	29
3.4.2 Bündelung der Teilergebnisse in Themenfeldern.....	30
3.4.3 Transfer der Ergebnisse (digitale Werkzeuge, Kollaborationsmodell).....	30
3.5 Qualitätsmerkmale der Studie und ihre Limitationen.....	31
4 Demographie.....	33
5 Datenauswertung und Erkenntnisse.....	37
5.1 Arbeitssituation.....	37
5.2 Kollaborationsprozesse.....	45
5.3 Werkzeugeinsatz.....	49
5.4 Zukunftsideen	60
5.5 Abhängigkeiten zwischen Messgrößen	63

5.6	Wünsche zur Verbesserung der Arbeitsweisen	64
6	Schlussfolgerungen.....	67
6.1	Arbeitssituation.....	67
6.2	Kollaborationsprozesse.....	67
6.3	Werkzeugeinsatz	68
6.4	Zukunftsideen.....	68
6.5	Weitere Feststellungen	68
7	Ausblick auf zukünftige Entwicklungen	71
7.1	Engineering-IT Roadmap des VDI.....	71
7.2	Weiterentwicklung von PLM-Lösungen bei CONTACT Software.....	72
7.3	Forschungsaktivitäten am Fraunhofer IPK.....	74
7.4	Entscheidungspunkte für PLM-Vendoren und Anwender.....	78
7.5	Nutzen der anwendungsnahen Forschung	79
8	Executive summary	81
8.1	Introduction.....	81
8.2	The study in brief.....	82
8.3	Statements on collaboration.....	83
8.4	Facts and figures.....	84
8.5	Summary	85
9	Literatur.....	87
10	Anhang.....	89
	Fragen aus dem Online-Fragebogen	89
	Abbildungen.....	93
	Tabellen	95
	Abkürzungen.....	97
	Die Autoren.....	99
	Die Herausgeber	101
	Danksagung	103

1.1 Motivation und Zielsetzung der Studie

In der Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren unterschiedlicher Fachdisziplinen, Abteilungen, Organisationsebenen, Unternehmen und Kulturen leisten Prozessvorgaben und digitale Werkzeuge eine Grundlage für wertschöpfende Tätigkeiten im Unternehmen und verdienen damit besonderes Augenmerk hinsichtlich effizienter Anwendung.

Eine Reihe von Entwicklungen hat die Zusammenarbeit in industriellen Entwicklungsverbänden und Lieferketten, in Unternehmen und innerhalb von einzelnen Abteilungen stark verändert. Zudem haben sich die Märkte und die technischen Systeme verändert. Schließlich sind digitale Werkzeuge in der Produktentwicklung zum Standard geworden. All diese Einflüsse wirken maßgeblich auf die Arbeitssituation von Ingenieuren ein.

Die Studie liefert diesbezüglich aus wissenschaftlicher Sicht zwei Kernbeiträge: Erstens liefert sie konkrete Zahlen zur Ausprägung der Aktivitäten in der heutigen Ingenieurarbeit. Zweitens liefert sie eine wichtige Grundlage zur Definition eines neuen, erweiterten Kollaborationsmodells, welches bisherige Forschungsergebnisse [u.A. LU ET AL., 2007; HEISIG ET AL., 2010; MAIER ET AL., 2006; MAIER ET AL., 2012; PASCH ET AL., 2013; ROBINSON, 2010; ROBINSON, 2009; STEINHEIDER, 2001; STEINHEIDER ET AL., 2009] aufgreift und weiterentwickelt.

Arbeitsweisen und Potentiale erfassen und verstehen

Neben der Erfassung der Arbeitsweise, Tätigkeiten und der Zeitanteile für einzelne Aufgabenbereiche der Ingenieure wurden auch Verbesserungspotenziale im Bereich der Kollaboration erfasst. Zudem wurden neue Medien und Ansätze hinsichtlich ihres Praxisnutzen in der Produktentstehung bewertet. Folgende Fragestellungen dienten als Leitfragen:

- Wie arbeiten Ingenieure und Ingenieurinnen heute?
- Welche Aufgaben spielen im Tagesgeschäft eine Rolle?
- Wie viel Zeit steht für die Kernaufgaben wie Entwickeln, Konstruieren und Absichern zur Verfügung?
- Wie beurteilen die Entwickler ihr Arbeitsumfeld: Was kann verbessert werden und wo können neue und bessere Werkzeuge zum Einsatz kommen?

Die Aufbereitung der Ergebnisse erfolgt in Bezug zu Produktdaten-Management (PDM/PLM), Prozessmanagement und neuen Medien in der Produktentwicklung. Die Ergebnisse sind dabei in vier Themenfeldern aggregiert: *Arbeitsituation*, *Kollaborationsprozesse*, *Werkzeugeinsatz*, *Zukunftsideen*. Die Studie gibt Aufschluss über Branchenunterschiede und -gemeinsamkeiten. Sie vermittelt ein deutliches Bild der »Großwetterlage« in der kollaborativen Produktentwicklung aus Sicht der Entwickler und Projektleiter. An der Studie haben sich 1.401 Ingenieure mit ihren Antworten beteiligt. Am stärksten sind dabei die Branchen Automobilbau und Transport sowie der Maschinen- und Anlagenbau vertreten.

Kollaborationsfähigkeit in der Industrie bewerten

Die Kollaborationsfähigkeit ist ein Faktor der Wettbewerbsfähigkeit. Nichtsdestotrotz existiert bis heute kaum ein Modell zur Bewertung der Kollaborationsfähigkeit von Unternehmen, welches die interne und externe Kollaboration sowie die Nutzung von digitalen Werkzeugen einbezieht. Dies gilt nicht nur allgemein für die industrielle Praxis, sondern gleichermaßen auch für die Produktentstehung.

Die Kollaboration wurde im Rahmen dieser Studie aus den Blickwinkeln *Kommunikation*, *Koordination*, *Wissensintegration* und *Informationslogistik* in Prozessen der *Zusammenarbeit* näher betrachtet. Näheres zur Theorie s. Abschnitt 1.3.1 und Abschnitt 7.3.

Informieren und Entscheidungshilfen bereitstellen

Die erzielten Erkenntnisse sollen darüber hinaus PLM-Vendoren und industriellen Entscheidern in der Virtuellen Produktentstehung (VPE) helfen, neue Lösungen zu etablieren, die den Ingenieur bestmöglich unterstützen, entlasten und Raum für konzentrierte Entwicklungsarbeit schaffen. Die Studie leistet außerdem einen Beitrag zur Ausrichtung einer Serie von Forschungsaktivitäten, die sich dem Thema der Kollaboration mit Blick auf den »Ingenieurarbeitsplatz der Zukunft« widmen. Nicht zuletzt liefert sie für die Hochschullehre ein interessantes Bild der Ingenieurpraxis.

1.2

Ausgangslage – Die Situation im Engineering

Globale Situation

Produktentwicklung und Engineering im Allgemeinen stehen vor der nächsten Stufe fundamentaler Änderungen und maßgeblicher Herausforderungen in der Kollaboration und dem Informationsmanagement. Globale Bedarfe an energieeffizienten und insgesamt nachhaltigen Lösungen steigen substantiell an. Nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke für die Produktentwicklung, Produktion und Dienstleistungserbringung sind gefordert, ohne dass die klassischen Wettbewerbsfaktoren wie Time-to-Market, Kostenreduktion und Qualität außer Acht gelassen werden können. Um unter diesen Umständen wettbewerbsfähig zu bleiben, benötigen Kollaborationspartner in der Industrie und in öffentlichen Bereichen verbesserte, effizient implementierte und neue Kollaborationslösungen für das Engineering, die Abbildung von domänenspezifischem Wissen, die Nutzung von Expertise bzw. Expertenfähigkeiten und die digitale Assistenz, vgl. [Stark et al., 2010].

Virtualisierung in der Produktentstehung

Die Virtualisierung der Produktentstehung trägt entscheidend zur Kostenreduktion, zur Verkürzung der Produktentstehungszeiten sowie zur Steigerung der Produktqualität bei. Insbesondere die Automobilindustrie hat frühzeitig diese Vorzüge erkannt und setzt verstärkt Methoden und Technologien der Virtuellen Produktentstehung (VPE) ein. Beispielhaft sei die Reduktion physischer Prototypen durch die Etablierung digitaler Absicherungsprozesse genannt, s. [STARK ET AL., 2011].

Kollaboration in der Produktentwicklung

Effiziente Kollaboration zwischen Unternehmen und Entwicklungsdisziplinen ist eine Schlüsselgröße für die erfolgreiche Entwicklung komplexer Systeme, variantenreicher Produkte und kundenindividueller Lösungen, wobei die effiziente Anwendung von Lösungen der Virtuellen Produktentstehung entscheidend ist. Prozessstandards auf der einen Seite und Werkzeuge der Virtuellen Produktentstehung auf der anderen Seite spielen eine kennzeichnende Rolle in der täglichen Ingenieurspraxis. Sowohl für Kern- als auch für Nebenprozesse werden in vielen Unternehmen Prozessvorgaben entwickelt und mit sehr unterschiedlichen Erfolgsquoten und auch Rückschlägen durchgesetzt. Produktdaten- und Product Lifecycle Management (PDM/PLM) und Prozessstandards sind zentrale Mittel, um den Informationsaustausch zwischen internen und externen Kollaborationspartnern unterschiedlicher Standorte, Disziplinen etc. zu befähigen und zu kontrollieren. Insbesondere vor dem Hintergrund stark gewachsener Unternehmen und einem hohen Grad an Outsourcing und Zusammenarbeit mit Zulieferern ist die reibungslose Kollaboration wichtig.

Der Markt und neue Ingenieur-Generationen

Seit einigen Jahren besteht zudem die Debatte über einen Fachkräftemangel in der IT und auch im Ingenieurwesen, vgl. [SCHNEIDER, 2012] oder [STIEHLER, 2010]. Dies trifft das Feld der VPE damit gleich in doppeltem Maße, da dort Ingenieure mit ausgeprägten IT-Kenntnissen für die Entwicklung von digital gestützten Prozessen und Methoden eine wichtige, jedoch meist unterschätzte Rolle spielen. Damit ergibt sich nicht nur für die Weiterentwicklung der VPE-Lösungen durch Software-Vendoren eine große Herausforderung, sondern auch für die Anwender der VPE-Lösungen. Im Gegenzug drängen immer mehr sogenannte »digital Natives« der »Generation Y« in das industrielle Gefüge. Diese junge Generation ist mit digitalen Medien (Soft- und Hardware) gewissermaßen »natürlich« vertraut und sondiert auch potentielle Arbeitgeber anhand der Möglichkeiten, moderne digitale Medien in der täglichen Arbeitspraxis nutzen zu können. Dies stellt Unternehmen vor eine Herausforderung, wie beispielsweise die Diskussion um das Einbringen privater Geräte in Firmennetzwerke (Stichwort »Bring Your Own Device«, BYOD) zeigt.

PLM-Entwicklungen – Bewegungen im Markt

Anbieter von PDM-Systemen bzw. PLM-Lösungen bringen aktuell zumindest die Automobilindustrie in Handlungsdruck bei der Gestaltung der Informationslogistik. Die einsetzende Dynamik ist begleitet von einer Unsicherheit in der Systemwahl und der Gestaltung der PLM-Prozesse: Einerseits entlang des Produktlebenszyklus, d.h. über Produktentstehung, Herstellung und After-Sales Service hinweg; andererseits bei Standort- und sogar Marken-übergreifenden Prozessen.

Neben den rein technischen Aspekten von Migrations- und Transformationsprozessen bei der Einführung neuer PLM-Lösungen ist aber auch prinzipiell ein »Haltepunkt« wichtig, an dem die Situation der Entwickler allgemein sowie im jeweiligen Unternehmen speziell bewertet wird. Denn schließlich ist es nicht mit dem »Vorsetzen« neuer Werkzeuge und Prozesse getan, sondern es braucht Zeit zu deren Einführung. Ebenso müssen auch hinreichend Zeiträume zu deren Einsatz eröffnet werden. Hier spielt insbesondere die Aufmerksamkeit und das Problemverständnis des Top-Managements eine wichtige Rolle, um Änderungsprozesse mit entsprechenden Budgets, Kompetenzen und Maßnahmen zu unterstützen. Das Bewusstsein für die digitale Wertschöpfung muss auch in produzierenden Unternehmen geschaffen werden.

Technische Anforderungen

Eine besondere Herausforderung stellt die steigende Systemkomplexität im Sinne technischer Produkte sowie in Form komplexer Lösungen aus Sach- und Dienstleistungen insgesamt dar. Konzepte wie »Cyber Physical Systems« [ANDERL ET AL., 2012] oder »Industrial Product-Service Systems« [MEIER ET AL., 2010; MEIER AND UHLMANN, 2012] weisen deutlich darauf hin. Das »Systems Engineering« und eine kompetente Kontrolle des Konfigurationsmanagements sind eine große Herausforderung für die Industrie. Die technischen Systeme integrieren immer mehr Software und eingebettete Systeme, Mechatronik ist allgegenwärtig geworden, Steuerungen, Regelungen und Sicherheitstechnik werden

immer intelligenter. Die Anzahl der Baugruppen und der Grad der Systemvernetzung steigen, sodass die Anzahl an zu betrachtenden Systemkomponenten und Relationen (Beziehungen und Abhängigkeiten sowie Eventualitäten in Systemzuständen) stetig steigt. Zudem wächst der Grad an Individualisierung von Produkten und Dienstleistungen. Engineering-Prozesse und Zulieferketten in der Produktion und Montage sind stark zergliedert.

Die Abbildung dieser Sachverhalte in VPE-Lösungen ist zeitaufwändig, erfordert ein Maximum an Konzentration und ist in vielen Belangen sehr formal geprägt. Das Arbeiten mit unzähligen Eingabemasken, das wiederholte Eingeben ähnlicher oder gleicher Daten in unterschiedliche IT-Systeme und das Befolgen von damit verbundenen Standardprozessen stellt eine ernstzunehmende Belastung für die Ingenieure dar. Dies ist wider dem Prinzip und der Freiheit der Exploration, der Natur des »Ausprobierens« und der des »Experimentierens«, d.h. konkurrierend mit Elementen des eigentlichen Entwickelns im Sinne des Problemlösens, der Kreativität und der Innovation.

1.3

Kollaborative Produktentwicklung

Was genau unter *Kollaboration* und *kollaborativer Produktentwicklung* sowie den *digitalen Werkzeugen* verstanden wird, soll an dieser Stelle kurz umrissen werden. Als wichtigster Teil der Entwicklung wird der Ingenieur in den Mittelpunkt gerückt.

1.3.1

Definition von Kollaboration in der Produktentwicklung

Eine strikte Definition von *Kollaboration* ist schwierig, aber mittelbar über Ausprägungen bzw. beschreibende Aspekte zur Zusammenarbeit zwischen Kollaborationspartnern möglich. Kollaboration ist mehrfach belegt und im Engineering bereits seit dem Concurrent Engineering und Simultaneous Engineering [VGL. GAUSEMEIER ET AL., 2006; KRAUSE ET AL., 2007] adressiert worden.

Lu et al. differenzieren zwischen *Kollaboration*, *Kooperation* und *Koordination* [LU ET AL., 2007]. Hiernach erfordert *Kollaboration* ein Team, welches an Aufgaben arbeitet, wobei nicht nur die Ressourcen und Ergebnisse geteilt werden, sondern auch das gemeinsame Ziel¹. Steinheider definiert *Kooperation* und adressiert damit ebenso die Zusammenarbeit zur gemeinsamen Erreichung von Projektzielen. Sie definiert die interdisziplinäre Zusammenarbeit weiterhin durch die Dimensionen *Koordination*, *Kommunikation* und *Wissensintegration*² [STEINHEIDER, 2001].

Im Rahmen dieser Studie wird Kollaboration gemäß Lu et al. als Zusammenarbeit zur Erreichung eines gemeinsamen Ziels angesehen. In Anlehnung an Steinheider werden die Dimensionen *Koordination*, *Kommunikation* und *Wissensintegration* genutzt, um Kollaboration in der Fortführung dieser Studie modellhaft zu beschreiben. Es wird für nachfolgende Forschungsarbeiten zusätzlich eine vierte Dimension, die *Informationslogistik*, ergänzt. Diese ist in der Definition nach Steinheider nicht enthalten, jedoch wichtig auf der Seite der IT-gestützten Prozesse und für das Verständnis von Informationsverteilung bzw. -bereitstellung im Produktentstehungsprozess und darüber hinaus.

¹ Zitat nach Lu et al. [2007, S. 615]: »Collaboration requires a team of individuals to work on tasks that not only have shared resources (as in coordination) and shared outcomes (as in cooperation), but most importantly, a shared common goal.«

² Zitat nach Steinheider [2001]: »The process of communication enables the actors to exchange data, information and knowledge. [...] The communication process can be supported through technical communication facilities. The process of coordination regulates the relationship between the actors and activities. It integrates and harmonizes individual contributions of work with view to a higher goal [...].The process of knowledge sharing stands for the partial exchange of knowledge of the actors involved. Knowledge sharing can be achieved by sharing mental models and using metaphors and analogies. This leads to a common understanding about the work content, the product and the means of production.«

In den Arbeiten von Steinheider sind u.a. Messgrößen und Skalen zur Erfassung der Dimensionen vorgeschlagen [STEINHEIDER, 2001; STEINHEIDER ET AL., 2009]. Die Fragen in dieser Studie sollten nun dabei helfen, weitere Erkenntnisse zur Festlegung von Messgrößen und Skalen zu generieren, die speziell die Kollaboration in der Produktentwicklung und den Einsatz der digitalen Werkzeuge modellierbar und bewertbar machen. Diese Erkenntnisse werden als Hilfsmittel für Benchmarks der Kollaborationsfähigkeit von Unternehmen und zur Auslegung von PLM-Strategien angesehen. Die Fragen in dieser Studie zielen somit nicht ausschließlich aber dennoch bewusst auf die Merkmale von Koordination, Kommunikation, Wissensintegration und Informationslogistik ab. Näheres s. Abschnitt 3.4, Abschnitt 7.3 und [PASCH ET AL., 2013].

1.3.2 Digitale Werkzeuge in der Produktentwicklung

Die effiziente Anwendung von Lösungen der virtuellen Produktentstehung ist schließlich eine Schlüsselgröße für die Entwicklung komplexer, technischer Systeme [VGL. STARK ET AL., 2011; STARK ET AL., 2010]. Prozessstandards einerseits und Werkzeuge der virtuellen Produktentstehung andererseits spielen somit eine kennzeichnende Rolle in der täglichen Ingenieurpraxis. So müssen die Entwickler auch in der Kollaboration eine Vielzahl von Prozessen (z.B. Änderungs- und Freigabeprozesse, Datenaustausch mit Partnern, Absicherungsprozesse) bedienen und mit unterschiedlichsten digitalen Werkzeugen arbeiten können.

Die Vielzahl der digitalen Werkzeuge stellt eine Herausforderung dar. Im Rahmen der digitalen Produktentwicklung lassen sich die Werkzeuge zwar immer weniger trennscharf aber doch prinzipiell in einzelne Gruppen einteilen, die für die Analyse der Kollaborationsprozesse von Bedeutung sind. Das Produktdaten- und Product Lifecycle Management (PDM/PLM) bildet in Verbindung mit Prozessstandards zunehmend die Integrationsumgebung für das Management der digitalen Daten, für die Informationsversorgung der Teilnehmer und für die Integration der vielseitigen IT-Werkzeuge [VGL. EIGNER AND STELZER, 2009; GRIEVES, 2006; STARK, 2006]. Neben den PDM-Systemen sind insbesondere die Autoren- und Simulationssysteme von zentraler Bedeutung. Darüber hinaus spielt die virtuelle, immersive Darstellung von Produktmodellen eine wichtige Rolle. Spezielle Datenaustauschplattformen dienen dem Informationsaustausch zwischen (internen und externen, ggf. global verteilten) Kollaborationspartnern unterschiedlicher Standorte, Disziplinen etc. Anforderungen werden oft in Office Werkzeugen, zunehmend aber auch in speziellen, u.a. modellbasiert arbeitenden IT-Werkzeugen verwaltet. In der Systemgestaltung sind CA-Werkzeuge vom funktionalen Entwurf bis zur detaillierten geometrischen oder mechatronischen Ausgestaltung allgemein heutiger Standard, wenn auch in stark unterschiedlichen Ausbaustufen. Digital gestütztes Varianten-, Konfigurations- und Stücklistenmanagement ist notwendig, um diverse Prozesse in der Vermarktung, der Produktentwicklung, der Produktion und dem Einkauf zu steuern. Visualisierungslösungen, z.B. basierend auf Digital Mock-Ups (DMU), Virtual Reality (VR) oder Augmented Reality (AR), unterstützen Entscheidungsprozesse (virtuelle Bemusterung), Bauraumanalysen oder Montagesimulationen. Werkzeuge der »Digitalen Fabrik« unterstützen die Absicherung und Vorbereitung von Fertigung (Simulation von Bearbeitungsprozessen, Gestaltung von Materialflüssen und Werkzeugkonstruktion), Montage und virtuelle Inbetriebnahme.

Workflow-, Prozess- und Projektmanagement können ebenso durch digital ausführbare Prozesse (z.B. Freigabe-Workflows oder die Zuweisung von Arbeitsaufgaben) unterstützt werden, vgl. Abb. 01.

Abb. 01 Digitale Werkzeuge in der Produktentwicklung



1.3.3 Der Ingenieur im Mittelpunkt

Die meisten Ingenieure erleben einen täglichen Widerspruch, der durch die Forderung nach innovativen Lösungen einerseits und die Berücksichtigung formaler Randbedingungen andererseits geprägt ist. Zwischen Kreativität, Exploration und dem Ausprobieren auf der einen Seite und dem zwanghaften Befolgen von Vorgaben, die oft »nur« nachgelagerten Prozessen und Gewerken dienen, auf der anderen Seite, entsteht ein starker Spannungsbogen.

In der Zusammenarbeit mit internen und externen Partnern zeigen sich außerdem Unterschiede in den Arbeitspraktiken (z.B. unterschiedliche Abläufe von Freigabeprozessen) oder digitalen Werkzeugen (z.B. Schwierigkeiten beim Austausch von Modelldateien). Auch hier befindet sich der Ingenieur in einer anspruchsvollen Situation.

Nicht zuletzt muss jeder einzelne Entwickler oder Projektleiter die Balance zwischen den zu bedienenden Prozessen und Werkzeugen aufrechterhalten, damit er in den zugewiesenen Projekten selbst aktuell ist und seinen Kollegen aktuelle Informationen bereitstellt.

Der Ingenieur steht in der kollaborativen, digitalen Produktentwicklung also zwangsläufig im Mittelpunkt, sodass es aus Sicht der Autoren umso wichtiger war, genau diesen Standpunkt noch besser zu verstehen.

1.4

Positionierung der Studie zu anderen

Wie diese Studie gibt es eine Vielzahl anderer, empirischer Studien, die ebenso das Thema PDM/PLM und damit implizit oder explizit auch Kollaboration in der Produktentwicklung untersuchen. Das Alleinstellungsmerkmal dieser Studie ist, dass sie diese Themen an der aktuellen Arbeitssituation des Ingenieurs referenziert. Damit ist sie komplementär zu anderen Studien aufgestellt und liefert so einen Beitrag zur Erstellung eines ganzheitlichen Bildes der Kollaboration in der Produktentwicklung.

Zwei Studien seien im Folgenden exemplarisch herausgegriffen, um aufzuzeigen, welche Wertschätzung und Perspektive PDM/PLM und Kollaboration nach aktueller Sicht in der Industrie genießen.

PLM-Sichten und -Strategien in der Industrie

Wichtige Studien zum Thema PDM/PLM liefern beispielsweise Abramovici et al. [ABRAMOVICI ET AL., 2009] oder der RAAD Forschungseinheit von Hoppenstedt [RAAD RESEARCH, 2011].

Abramovici et al. [ABRAMOVICI ET AL., 2009] haben Trends von Lifecycle Management-Lösungen bis 2020 in einer Studie mit 47 PLM-Experten untersucht. Der Fokus lag dabei auf PLM-Lösungen, jedoch nicht auf Feinheiten der Kollaboration. Laut den Studienergebnissen kamen 71% der Experten jedoch darin überein, dass PLM sich als zentrale Integrationsplattform für Entwicklungsdaten, -prozesse und -anwendungen bis 2020 etablieren wird. Ca. zwei Drittel der Experten schätzten, dass PLM-Lösungen unabhängige Anwendungen sein werden, während das restliche Drittel PLM in unternehmensübergreifenden Strategien für ERP und Lieferketten-Lösungen integriert sah. Fast alle Experten (96%) erwarteten, dass PLM-Lösungen in 2020 immer weiter die interdisziplinäre und unternehmensübergreifende Entwicklungskooperation unterstützen werden. Parametergetriebene Optimierung der Entwicklungsprozesse, PLM-unterstützte Planung von Entwicklungsprozessen sowie Informationsanalyse und -Visualisierung für Top-Manager werden als Kernfunktionalität von PLM-Lösungen erwartet (von mehr als zwei Drittel der Experten). Schließlich wird das Ausmaß der PLM-Funktionalität und -Nutzung nicht nur für das Management der virtuellen Produktdaten, sondern auch für das Management der Daten im Feld installierter Systeme über ihren gesamten Lebenszyklus steigen.

RAAD [RAAD RESEARCH, 2011] untersuchte Fragen zu PLM in 227 Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitern mit einer Befragung unter Führungsverantwortlichen in Entwicklungs-, Produktions- und IT-Abteilungen. Die Mehrheit der Unternehmen war in der Maschinenbau- oder der Metallbearbeitung tätig. RAAD fand heraus, dass 66% (n=193) der Befragten angeben, keine gezielte PLM-Strategie zu haben, die mit dem Management abgestimmt ist. Nur 22% hatten eine Strategie, welche alle Einheiten mit einbezog. 37% (n=213) sagten, dass PLM eine hohe oder sehr hohe Relevanz in ihrem Unternehmen hat.

Beide Studien weisen PLM als zukunftsorientierte Thematik aus. Nichtsdestotrotz fehlen konsolidierte PLM-Strategien in den meisten, selbst großen, Unternehmen. Beide Studien gehen nicht auf die Entwicklungspraxis im Detail ein. Zusammen mit den Ergebnissen dieser Studie zeichnet sich ein klarer Handlungsbedarf ab, dem Thema mehr Management-Aufmerksamkeit zu verschaffen und zu operationaler Exzellenz zu verhelfen.

2 Ergebnisse im Überblick

Zahlen und Fakten

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse in Zusammenhang gesetzt, um einen groben Überblick der erfassten Situation zu geben und diese mit Zahlen zu hinterlegen. Die folgenden Erkenntnisse mit Prozentangabe treffen auf die Gesamtheit der Rückläufer zu. Die Detailauswertungen nach einzelnen Themen folgen in Abschnitt 5.

Eine wichtige Erkenntnis kann aus der Bedeutung der verschiedenen *digitalen Werkzeuge* gewonnen werden. So geben rund 76% der befragten Ingenieure an, dass die Benutzung von E-Mail eine hohe Bedeutung für ihre tägliche Arbeit besitzt. Dies spiegelt sich auch im zeitlichen Anteil des Kommunizieren, Koordinieren und sich abstimmen wider (nur etwa ein Drittel der Befragten wendet weniger als 20% der Arbeitszeit dafür auf). Bei den ingenieursbezogenen Werkzeugen sind CAx- Systeme (CAD/CAE/CAM) noch deutlich häufiger in der Anwendung zu finden als PDM- und ERP-Systeme. Anhand dieser Systeme macht sich auch ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Automobilbau und den anderen Branchen bemerkbar. Ingenieure aus dem Automobilbau schätzen sowohl die persönliche Unterstützung als auch die Unterstützung für das Unternehmen durch PDM und ERP Systeme als gut ein. Wohingegen die Einschätzung der Ingenieure aus den anderen Branchen hier weniger positiv ist.

Die meiste Zeit verbringen die Ingenieure am klassischen Büroarbeitsplatz oder in Besprechungsräumen – 67% der Teilnehmer verbringen dort mehr als 40% der Arbeitszeit. Das Arbeiten im Home-Office (nur für 6% mehr als 20% der Arbeitszeit), auf Reisen (nur für 5% mehr als 20% der Arbeitszeit) oder beim Kunden/Lieferanten (nur für 14% mehr als 20% der Arbeitszeit) ist eher die Ausnahme. Im Schnitt werden weniger als 10% der Arbeitszeit »außerhalb des Unternehmens« erbracht, wobei sich trotz dieser Arbeitszeitverteilung viele Ingenieure (80%) eine bessere Unterstützung des mobilen Arbeitens wünschen.

Derzeit spielt sich die *Kollaboration* im Wesentlichen auch innerhalb des Unternehmens ab (ungefähr 80% der Befragten bewerten die Zusammenarbeit als sehr intensiv), während die Kollaboration mit Partnern oder Zulieferern weniger intensiv ist (zwischen 50% und 70% der Befragten gaben an, dass eine Zusammenarbeit gelegentlich bis gar nicht stattfindet). In Anbetracht des hohen Outsourcing-Anteils in der Industrie würde man eher höhere Zeitanteile für die Zusammenarbeit mit Externen erwarten. Fast alle Befragten (86%) befürworten jedoch das Arbeiten mit Kunden, Partnern und Lieferanten auf einer gemeinsamen Datenbasis. Im Automobilbau, wie auch in allen anderen Branchen, werden immer noch, trotz hoher Sicherheitsrisiken, überraschend viele Produktdaten per E-Mail ausgetauscht. Die Schaffung von elektronischen Workflows, die Kunden, Partner und Lieferanten einschließen, wird von der überwindenden Mehrheit (76%) ebenfalls begrüßt.

Als besonders belastend wird aus der Sicht der Ingenieure die Beschaffung von Informationen (71%) und die Erfassung von Daten und andere Routinetätigkeit

ten (48%) gesehen, obwohl sie nur ca. 20% der Arbeitszeit in Anspruch nehmen (ungefähr 63% der Befragten gaben an, weniger als 20% der Arbeitszeit dafür aufzuwenden). Ungeachtet der vorhandenen Management-Lösungen stehen ihnen die Daten für ihre Arbeit nur etwa in der Hälfte der Fälle rechtzeitig (57%) bzw. in der richtigen Form (48%) zur Verfügung. Insbesondere über nachträgliche Änderungen fühlen sich mehr als die Hälfte der Ingenieure (51%) nicht rechtzeitig informiert. Viele (87%) wünschen sich Google-ähnliche Suchfunktionen über sämtliche Daten im Unternehmen.

Handlungsbedarf besteht im Bereich der Informationslogistik: Fast alle Befragten (97%) bewerten ein Projektmanagement, das Zuständigkeiten, Arbeitsumfänge und Projektfortschritte transparenter macht als wichtige »Zukunftsidee«. Das betrifft übrigens nicht nur laufende Projekte. Viele (49%) bemängeln, dass die Ergebnisse und das Erfahrungswissen aus vergangenen Projekten relativ schwer zugänglich sind. Dies ist nicht verwunderlich, da die Ingenieure für das Wissensmanagement am wenigsten Zeit haben oder sich diese dafür nehmen (58% der Befragten meinen, dass sie weniger als 10% der Arbeitszeit für das Wissensmanagement aufwenden).

Der Nutzung von sozialen Netzwerken für den Austausch von Informationen im Unternehmen und erweiterten Unternehmensverbund stehen die Ingenieure skeptisch gegenüber (60% der Befragten sehen es als weniger bis gar nicht nützlich an).

Interpretation und Positionierung

Die Studie bestätigt das Empfinden vieler Ingenieure, dass es einen Mangel an Zeit für konzentriertes Arbeiten an den Kernaufgaben der technischen Entwicklung wie dem Konstruieren und Absichern neuer Systeme oder Systemkomponenten gibt. Hinsichtlich der Prozessführung bestehen seitens der Befragten aber dennoch klare Erwartungen an Standardisierung und Transparenz.

Es kann natürlich nicht gewollt sein, dass die Ingenieure zu Erfüllungsgehilfen von Verfahrensanweisungen und digitalen Werkzeugen werden. Vielmehr müsste zur Nutzung der Potenziale digitaler Werkzeuge eine Reform der Arbeitspraktiken erfolgen, damit schlussendlich mehr Zeit für eine kreative und effizientere Arbeitsweise bleibt. Dies beinhaltet insbesondere auch den richtigen Umgang mit bereits verfügbaren Werkzeugen.

Die administrativen und koordinierenden Aufgaben beanspruchen in den Entwicklungsprojekten heute einen bedeutsamen Anteil der Arbeitszeit. Gleichzeitig werden die Entwicklungswerkzeuge und PLM-Lösungen funktional immer umfassender und so für breitere Anwenderkreise tendenziell zu komplex. Dieses Dilemma stellt eine ernstzunehmende Herausforderung dar, die im oberen Management der Unternehmen bisher nur unzureichend erkannt und adressiert wird. Gleichzeitig führt allein schon wegen der steigenden Compliance-Anforderungen und der zunehmenden multidisziplinären Entwicklung mechatronischer Produkte kein Weg an einer noch besseren Systemunterstützung vorbei. Die idealtypischen Entwicklungsorganisationen der Zukunft benötigen deshalb nach Anwenderrollen differenzierte und flexibel an besondere Bedürfnisse

anpassbare Funktionen für das Management der Produktdaten und Entwicklungsprozesse.

.....
Ergebnisse im Überblick
.....

Schließlich beinhalten die Studienergebnisse Hinweise auf einen Widerspruch: Obwohl die relative Mehrheit die PDM-Systeme als gut unterstützend empfinden, benutzen sie als Datenaustauschplattform andere Möglichkeiten. Mit anderen Worten: Die heutige PDM-Installationsbasis als jeweils abgegrenzte Umgebungen sind nicht in der Lage die Kollaborationsbedürfnisse zu befriedigen. Hier ist ganz direkter Handlungsbedarf bzgl. neuer Lösungsentwicklung!

3 Studiendesign und -durchführung

3.1 Grundlegende Ausrichtung

Das Studiendesign basierte auf zwei Teilstudien. In einer Vorstudie wurden acht (Telefon-)Interviews mit Vertretern aus Unternehmen der deutschen Industrie geführt. In der Kernstudie wurden webbasierte Fragebögen genutzt, um eine große Gruppe an Ingenieuren in die Studie einzubeziehen. Dieser Ergebnisbericht verarbeitet im Wesentlichen die Daten aus der webbasierten Umfrage. Punktuell sind einzelne Aspekte aus den Interviews in der Diskussion angesprochen.

3.2 Übergeordnete Frageblöcke

Die einzelnen Fragestellungen wurden in folgenden Frageblöcken zusammengefasst, um die Kultur der heutigen Zusammenarbeit im Ingenieurwesen und den Einsatz der digitalen Werkzeuge in der Kollaboration näher zu verstehen:

1. Fragen zum Unternehmen (u.a. Branche, Größe, Kompetenzen, Position in der Lieferkette)
2. Fragen zu den prinzipiellen Aufgaben des/der Befragten (Qualifikation, Fachrichtung, Position, Hauptaufgaben)
3. Fragen zu Entwicklungsaktivitäten (PDM- und ERP-Nutzung, Arbeitsort und jeweilige Arbeitszeit, Zeit für kreatives Arbeiten, formelle Aufgaben etc.)
4. Fragen zur Kollaboration (für internen und externen Produktdatenaustausch aufgewendete Zeit; für Datenaustausch genutzte technische Umgebung; Bewertung der Arbeitsumgebung wie Verfügbarkeit von Werkzeugen und Einrichtungen; Bewertung der Koordination, Kommunikation, Wissensintegration und Informationslogistik)
5. Fragen zur Bewertung von zukunftsorientierten Ideen bzw. Ansätzen

3.3

Details der Teilstudien

Es wurden eine *Vorstudie* in Form von Interviews und eine *Kernstudie* auf Basis eines webbasierten Fragebogens durchgeführt. Beide Teilstudien sind im Folgenden beschrieben.

3.3.1

Vorstudie: Interview-Studie

Um einen praxisgerechten Fragenkatalog zu erstellen, wurden Interviews mit acht Unternehmen aus Deutschland geführt (Branchen: Automobilindustrie, Flugzeugbau, chemische Industrie, Energiesysteme, Ingenieurdienstleister). Jedes Interview wurde per Telefon geführt und dauerte jeweils eine bis eineinhalb Stunden. Die Teilnehmer waren Ingenieure (Rollen: Entwickler, (technische) Projektmanager, Verantwortliche IT-Ingenieure (PDM/PLM, CAx, ERP)). Diese Vorstudie war wesentlich zur Absicherung des praxisgerechten Sprachgebrauchs im Fragebogen und zur grundlegenden Klärung der »richtigen Richtung« der Fragestellung. Die Fragen wurden nach der Vorstudie für den webbasierten Fragebogen weiterentwickelt.

3.3.2

Kernstudie: Webbasierter Fragebogen

Der webbasierte Fragebogen wurde an 22.000 Ingenieure in Deutschland verschickt. Dafür wurde u.a. ein zentraler Verteiler des VDI genutzt. Es wurden im Vorfeld Verteilergruppen ausgewählt, die einen Bezug zur Produktentwicklung haben. Spezielle Interessengruppen, die sich nicht über den Bezug zur Produktentwicklung, sondern zu bestimmten industriellen Anwendungsfeldern definieren, wurden aus dem Verteiler weitestgehend entfernt. Weiterhin unterstützte der VDI Arbeitskreis Informationstechnik in Berlin-Brandenburg durch Verteilung des Fragebogens unter seinen Mitgliedern. Kleinere E-Mail-Verteiler von CONTACT Software und dem Fraunhofer IPK rundeten die Verteilung ab.

Alle Empfänger wurden darum gebeten, sich bei den Antworten auf ihren Ingenieur-Background und ihre Arbeit im Generellen zu beziehen und nicht auf ihre Arbeit in Verbindung mit einem bestimmten Arbeitgeber. Damit sollten Vertraulichkeitshürden vermindert werden. Die Rücklaufquote war höher als 6%, was eine Teilnehmerzahl von 1.401 Ingenieuren ergab. Die Erhebung wurde von Ende Oktober bis Mitte November 2011 durchgeführt.

Die nachfolgende Abbildung fasst einige dieser Details zusammen, s. Abb. 02.

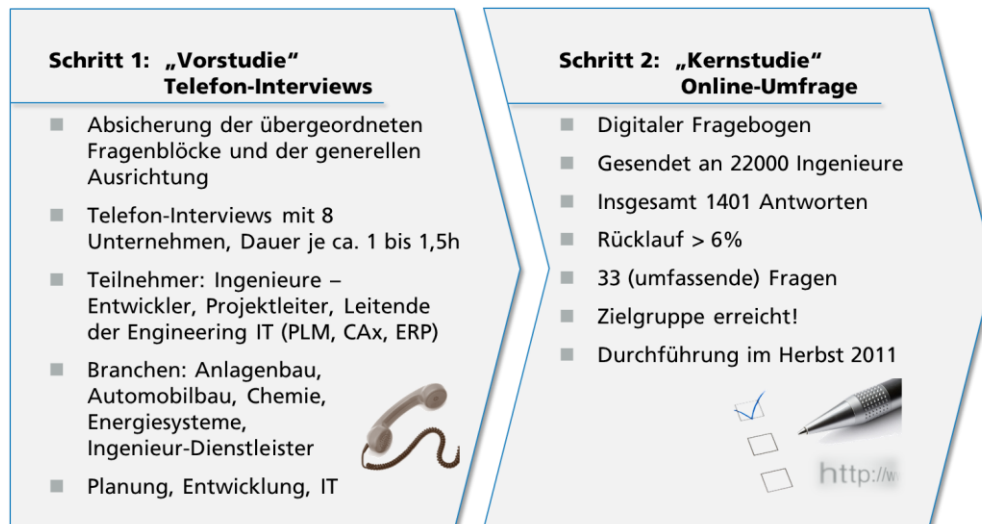


Abb. 02 Studiendesign

3.4

Auswertung

Die Auswertungslogik gliedert sich grob (1) in die drei Schritte der Datenanalyse, (2) die Bündelung der Teilergebnisse in Themenfeldern und (3) den Transfer der Ergebnisse auf die digitalen Werkzeuge und das Kollaborationsmodell.

3.4.1

Schritte der Datenanalyse

Die Datenanalyse selbst ist ebenso in drei Schritte unterteilt. Die Ergebnisse der Schritte 1 und 2 sind in die Themenbündelung in diesem Bericht eingeflossen. Ausgewählte Ergebnisse aus Schritt 3 sind in Abschnitt 5.5 dokumentiert. Ergänzende Analysen wurden in [PASCH ET AL., 2013] veröffentlicht. Die Schritte der Datenanalyse im Detail:

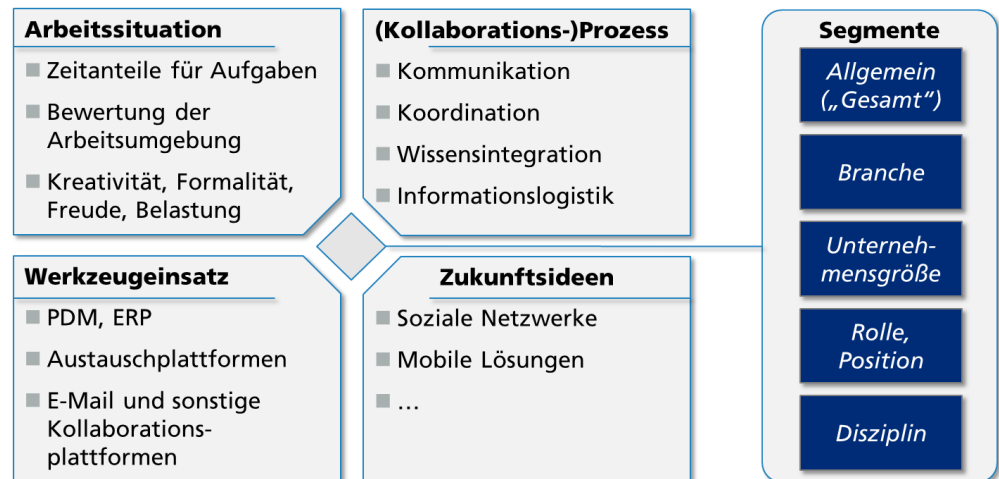
1. Im ersten Schritt wurden die Gesamtheit der Daten hinsichtlich der Antworthäufigkeiten bestimmter Antwortmöglichkeiten und Werte untersucht. Dies erfolgte zunächst ohne nach Branchen, Rollen und Unternehmensgrößen.
2. Im zweiten Schritt wurden die Daten mit Segmentierung, d.h. durch die Einteilung in Teilmengen, untersucht. Dabei wurden die Antworten der Teilnehmer aus Sicht unterschiedlicher Branchen, Rollen, Disziplinen und Unternehmensgrößen analysiert und ausgewertet.

3. Im dritten Schritt wurden Abhängigkeiten zwischen den Sachverhalten (Bsp. Zusammenhang zwischen Werkzeugeinsatz und Stärke der Kollaborationsintensität) analysiert. Dafür wurden punktuell Korrelationsanalysen genutzt.

3.4.2 Bündelung der Teilergebnisse in Themenfeldern

Die Teilergebnisse wurden in vier Themenfeldern (Abb. 03) gebündelt: *Arbeits-situation* in Gänze, *(Kollaborations-)Prozesse*, *Werkzeugeinsatz* und *Zukunftsideen*. Die Fragen aus dem Online-Fragebogen wurden diesen Themenfeldern zugeordnet. Für die Ergebnisdarstellung, in der die Antworten der einzelnen Fragen aufgearbeitet sind, stellen diese vier Themenfelder die Grundstruktur, s. Abschnitt 5.

Abb. 03 Themenfelder der Auswertung



3.4.3 Transfer der Ergebnisse (digitale Werkzeuge, Kollaborationsmodell)

Aus Sicht der Themenfelder *Arbeitssituation*, *Kollaborationsprozesse*, *Werkzeugeinsatz* und *Zukunftsideen* ergeben sich Deutungen, Zusammenhänge und Schlussfolgerungen. Diese können zur Formulierung der Bedarfe von Ingenieuren und der Anforderungen an Kollaboration und digitale Werkzeuge dienen. Diese Bedarfe und Anforderungen ermöglichen wiederum spezifische Überlegungen zur Gestaltung der Lösungselemente im PDM/PLM-Umfeld. Sie lassen sich auf z.B. Verfahrensanweisungen, Prozesse, Workflows oder IT-Systeme der Kollaboration anwenden. Weiterhin geben sie Aufschluss über mögliche Messgrößen (Benchmark-Fragen) zur modellgestützten Erfassung und Bewertung der Dimensionen und Lösungselemente von Kollaborationsfähigkeit. (Näheres dazu s. Abschnitt 7.3.)

Die Studie ist mit 1.401 Teilnehmern für den PLM-Bereich sehr groß angelegt. Durch die große Menge an Teilnehmern können auch einzelne Teilmengen (z.B. die Sichten einzelner Ingenieurrollen) noch hinreichend gut separiert und gezielt untersucht werden. Fälle, in denen einzelne Fragen nicht beantwortet wurden, können bei der Auswertung der betreffenden Fragen ausgeschlossen werden, ohne dabei die Anzahl der Antworten zu sehr zu reduzieren.

Der Verteiler für den webbasierten Fragebogen basierte vorwiegend auf der Mitgliederliste des VDI. Diese ist einerseits heterogen über die Fachdisziplinen des Ingenieurwesens aufgestellt und andererseits weder branchenspezifisch noch im Speziellen PLM-fokussiert. Eine Verzerrung der Ergebnisse (durch einen Bias) wird daher ausgeschlossen. Zur Verteilung der Teilnehmer hinsichtlich der Disziplinen, Branchen und Unternehmensgrößen s. Abschnitt 4 Demographie.

Die Triangulation der Erhebungsmethoden [vgl. FLICK, 2011], hier die Kombination von Interviews (qualitativer Ansatz) und webbasiertem Fragebogen (quantitativer Ansatz), erlaubt differenzierte und sich ergänzende Einblicke in das Thema. Die Ergebnisse der zwei Teilstudien zeigen Schnittmengen und sinnvolle Ergänzungen. Dies steigert das Maß an Belastbarkeit der Analyse und erlaubt ein tieferes Verständnis des Themas. Der Datenbasis insgesamt wird aus den zuvor genannten Gründen ein hohes Vertrauen geschenkt.

Die Präzision der Fragen und Antworten ist schwierig einzuschätzen. Die Fragen wurden vor der Versendung mit Vertretern unterschiedlicher Ingenieurdisziplinen getestet, unterschiedliche Deutungen und einzelne Missverständnisse können aber nicht vollends ausgeschlossen werden.

Die Studie liefert eine Momentaufnahme, d.h. einen »zeitlichen Querschnitt« zum Erhebungszeitpunkt. Ein »zeitlicher Längsschnitt« zur Beobachtung von Veränderungen wird erst durch Wiederholung der Studie in gleicher oder ähnlicher Form möglich. Die Erfahrungen der Autoren und Herausgeber lassen jedoch erste Deutungen hinsichtlich der Veränderungen im Themenfeld der Kollaboration in Verbindung mit konkreten Fakten dieser Studie zu.

Die Studie liefert ein allgemeines Bild. Im Einzelfall werden zur Fallanalyse im jeweiligen Unternehmen daher separate Benchmarks vorgeschlagen.

Explizit ausgenommen waren Analysen der PLM-Lösungen bestimmter Vendors oder Anwender. Ebenso war die Analyse bestimmter Systemfunktionalitäten nicht Bestandteil der Erhebung.

4 Demographie

Rollen der Teilnehmer

Insgesamt nahmen an der Studie 1.401 Ingenieure teil, wovon ca. 23% Entwicklungsingenieure und 27% Projektleiter waren. Diese beiden Gruppen stellen zusammen einen Anteil von 50% der Teilnehmer. Weitere 42% der Teilnehmer lassen sich Führungspositionen (Geschäftsführer, Abteilungs- und Teamleitung) zuordnen. Darüber hinaus beteiligten sich Fachexperten aus der IT- und Prozessentwicklung mit ca. 8%. Mehrfachnennungen bei der Rollenzuordnung waren möglich und häufig vorhanden. Näheres s. Tab. 01.

Die Verteilung der Rollen lässt folgende Schlüsse zu:

- Das Thema der Studie ist gleichermaßen von Interesse bei den Entwicklungsingenieuren und bei Ingenieuren mit leitenden Verantwortlichkeiten.
- Mit einer Beteiligung von Entwicklungsingenieuren und Projektleitern in Höhe von 50% ist die Zielgruppe der Studie erreicht worden. Im Gegensatz zu vielen CEO- und CIO-Studien, die sich im Wesentlichen an Praktiker in leitenden Positionen richten, stellt sich hier ein Differenzierungsmerkmal dar.
- Die Beteiligung der Ingenieure in Führungspositionen mit 42% bildet eine vertrauenswürdige Basis, um insgesamt ein ausgewogenes Bild der Gesamtlage zu erhalten.
- Die Sicht der Fachexperten aus der IT- und Prozessentwicklung komplettiert das Gesamtbild.

Rolle im Unternehmen	Prozentualer Anteil
Fachspezialist Entwicklung	23%
Projektleiter	27%
Abteilungsleiter	13%
Team-Leiter	22%
Geschäftsführer	7%
Fachspezialist IT/Prozesse	8%

Tab. 01 Prozentualer Anteil an Ingenieur-Rollen unter den Teilnehmern

Beteiligte Disziplinen

Die Mechanik ist in vielen Entwicklungsprozessen im Maschinenbau allgemein, bspw. im Automobilbau oder Anlagenbau, das führende Gewerk. Dies drückt sich auch zahlenmäßig in der vorliegenden Studie aus. Die Disziplin Mechanik ist mit 34% sehr stark vertreten. Mechatronik und E/E sind zu gleichen Anteilen vertreten. Software-Entwicklung ist mit 11% und die Regelungstechnik mit 4% vertreten. Auflistung s. Tab. 02.

Tab. 02 Prozentualer Anteil beteiligter Disziplinen

Disziplin	Prozentualer Anteil
Mechanik	34%
Mechatronik	13%
E/E	13%
Software und Regelungstechnik	15%
Sonstige	25%

Branchen

Mehr als 50% der Rückläufer kamen aus den zwei Segmenten Automobilbau (27%) und Maschinen- und Anlagenbau (26%). Über die Branchen Luft- und Raumfahrt, Energietechnik, Elektrotechnik / Elektroindustrie, Verfahrenstechnik, chemische Industrie, Kunststofftechnik, Medizintechnik, IT-Dienstleister und Entwicklungsdienstleister ergab sich eine ausgeglichene Verteilung, s. Tab. 03.

Tab. 03 Prozentualer Anteil beteiligter Branchen

Branche	Prozentualer Anteil
Automotive, Kraftfahrzeuge, Transportfahrzeuge	27%
Maschinen- und Anlagenbau (inkl. Sondermaschinen)	26%
Sonstige	15%
Elektrotechnik / Elektroindustrie	8%
Ingenieurdienstleister	6%
Verfahrenstechnik, Chemische Industrie, Kunststofftechnik	5%
Luft- und Raumfahrt	4%
Energietechnik	3%
IT-Dienstleistungen im Ingenieurwesen	3%
Medizintechnik	2%

Unternehmensgrößen

Etwa ein Viertel der Teilnehmer arbeitet in Firmen mittlerer Größe (zwischen 100 und 499 Mitarbeiter). Ein Drittel der Teilnehmer kommt aus Unternehmen zwischen 500 und 10000 Mitarbeitern. Immerhin mehr als 20% kommen aus sehr großen Unternehmen. Hinzu kommen 17% der Antworten aus vergleichsweise kleinen Unternehmen mit weniger als 100 Mitarbeitern. Wie sich in der Datenauswertung zeigt, ist die Situation der Ingenieure aber nur in ausgewählten Aspekten der Kollaboration offensichtlich unterschiedlich. Zusammenfassung der Details s. Tab. 04.

Demographie

Mitarbeiteranzahl	Prozentualer Anteil
>10.000	23%
2.000 – 10.000	17%
500 – 1.999	17%
100 – 499	26%
< 100	17%

Tab. 04 Teilnehmeranzahl nach Unternehmensgröße

Positionen in der Lieferkette

Etwa die Hälfte der Teilnehmer kommt aus dem Bereich der Systemlieferanten und Modul-/Komponentenlieferanten. Systemintegratoren bzw. OEMs sind auch zu einem großen, aber nicht dominierenden Anteil vertreten. Zusammen mit den Teilelieferanten sind also gerundet 76% der Teilnehmer aus Unternehmen, in denen Produktentwicklung und / oder Produktion betrieben wird. Dies spricht für die Belastbarkeit der Antworten. Details s. Tab. 05.

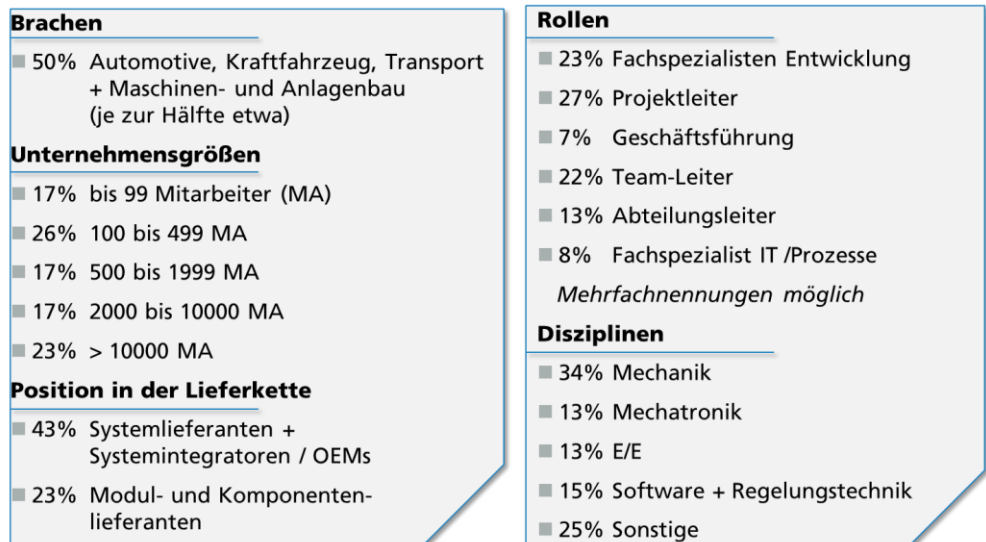
Position in der Lieferkette	Prozentualer Anteil
Systemlieferant	26%
Komponenten- / Modullieferant	23%
OEM / Systemintegrator	17%
Sonstige industrielle Dienstleistung	12%
Teilelieferant	10%
Prozessberatung / IT-Dienstleistung	7%
Gerätelieferant (Konsumgüter)	5%

Tab. 05 Teilnehmeranzahl nach Position in der Lieferkette

Zusammenfassende Übersicht zur Demographie

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die gewünschte Zielgruppe, vorwiegend Fachspezialisten der Entwicklung und Projektleiter aus der fertigen Industrie, erreicht wurde. Damit erfolgt die Auswertung der Ergebnisse in der Annahme, dass die Zahlen hinreichend belastbar sind, um die Situation der Ingenieure in der Praxis gut zu beschreiben. Abb. 04 fasst einen Teil der Demographie noch einmal zusammen.

Abb. 04 Demographie im Überblick



5 Datenauswertung und Erkenntnisse

Die Ergebnisdarstellung folgt der Logik der Auswertung, s. Abschnitt 3.4. So sind die Ergebnisse in die vier Rubriken *Arbeitssituation*, *Kollaborationsprozesse*, *Werkzeugeinsatz* und »*Zukunftsideen*« gegliedert.

Den allgemeinen Auswertungen folgen in der Regel Aussagen zu einzelnen Segmenten (Branchen, Rollen, etc.). Die Prozentangaben beziehen sich im Allgemeinen auf die Gesamtheit der Rückläufer. Im Falle der segmentspezifischen Unterschiede sind die Fakten entsprechend gekennzeichnet. Die Anzahl der Antworten ist üblicherweise auf Prozentangaben umgerechnet worden. Dabei erfolgte die Normierung jeweils anhand der Anzahl der Antworten, die für das betrachtete Segment zutrafen. Bei der Segmentierung nach Branchen wurde unterschieden in (a) Automotive, Kraftfahrzeuge, Transportfahrzeuge, (b) Maschinen- und Anlagenbau (inkl. Sondermaschinen) und (c) alle übrigen Branchen zusammengefasst.

Nach der Ergebnisdarstellung in den vier Rubriken und den zugehörigen Segmenten folgt eine kurze Darstellung der Abhängigkeitsanalysen für einzelne Messgrößen in Abschnitt 5.5.

In Abschnitt 5.6 erfolgt abschließend eine Analyse von Freitextantworten, welche die Wünsche der Ingenieure mit Bezug zur Verbesserung der kollaborativen Produktentwicklung wiedergeben.

5.1 Arbeitssituation

Zeitanteile

Kommunizieren und sich abstimmen ist für Ingenieure wesentlich. Das spiegelt sich im Anteil der täglichen Arbeitszeit für das Kommunizieren, Koordinieren und sich abstimmen wider. So geben im Allgemeinen 36% der Befragten an, zwischen 20% und 40% ihrer Arbeitszeit für das Kommunizieren und sich abstimmen aufzuwenden. 28% der Befragten bringen dafür mehr als 40% der Arbeitszeit auf. Hingegen geben 64% an, weniger als 20% der Arbeitszeit für die eigentlichen Kernaufgaben wie Entwickeln, Konstruieren und Absichern aufzuwenden. Am wenigsten Zeit wird für das Wissensmanagement aufgewendet. Hier geben 58% der Befragten an, weniger als 10% ihrer Arbeitszeit dafür aufzuwenden, Abb. 05. Lässt man die Fachspezialisten der Entwicklung aus der Betrachtung heraus, geben 64% der Befragten an, zwischen 20% und 60% ihrer Arbeitszeit alleine für das Kommunizieren, Koordinieren und sich abstimmen aufzuwenden. Bei den Fachspezialisten der Entwicklung verschieben sich die Zeitanteile dann deutlich. So geben hier 60% an, weniger als 20% ihrer Arbeitszeit dafür aufzuwenden. Diese verwenden den Großteil ihrer Arbeitszeit für die eigentlichen Kernaufgaben wie Entwickeln, Konstruieren und Absichern. Es geben 64% der Fachspezialisten aus der Entwicklung an, zwischen 40% und 80% ihrer Arbeitszeit dafür aufzuwenden, Abb. 06. Bei den

Ingenieuren in anderen Unternehmensrollen geben 74% an, dass die Kernaufgaben weniger als 20% ihrer Arbeitszeit ausmachen. Am wenigsten Zeit wird für das Wissensmanagement aufgebracht.

Abb. 05 Zeitanteile der Aufgaben im Ingenieur-Alltag

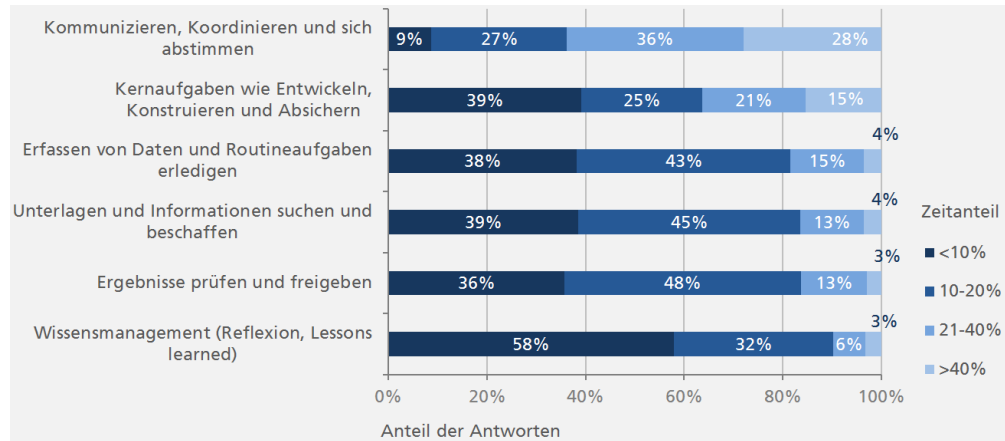
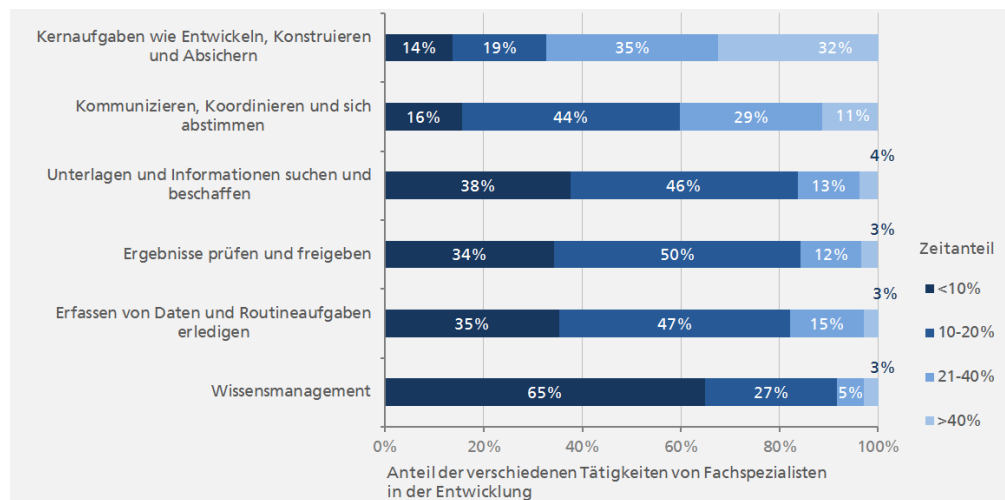


Abb. 06 Zeitanteile der Aufgaben von Fachexperten der Entwicklung



Einen deutlichen Kontrast sieht man, wenn man die Zeitanteile für die Fachspezialisten der Entwicklung direkt mit denen von Projektleitern vergleicht. Es zeigt sich dabei, dass die Entwickler noch deutlich mehr Zeit für die »Kernaufgaben« in Anspruch nehmen (können), während die Projektleiter sehr große Zeitanteile für das Organisatorische aufbringen, vgl. Abb. 07. Die Situation der Projektleiter spiegelt auch gut die Situation anderer Rollen mit Teamführungs- oder Leitungsaufgaben wider.

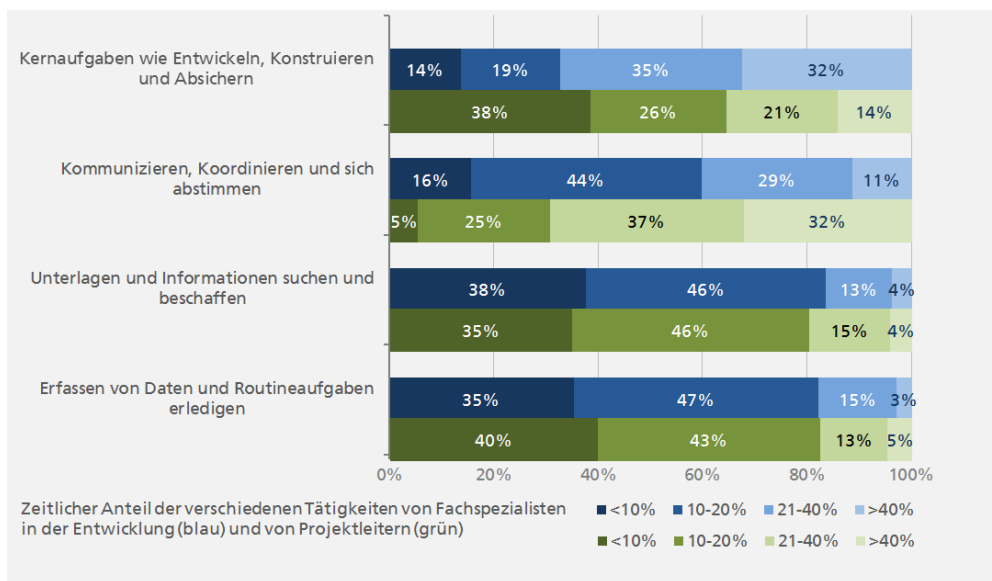


Abb. 07 Zeitanteile der Aufgaben von Entwicklern und Projektleitern im Vergleich

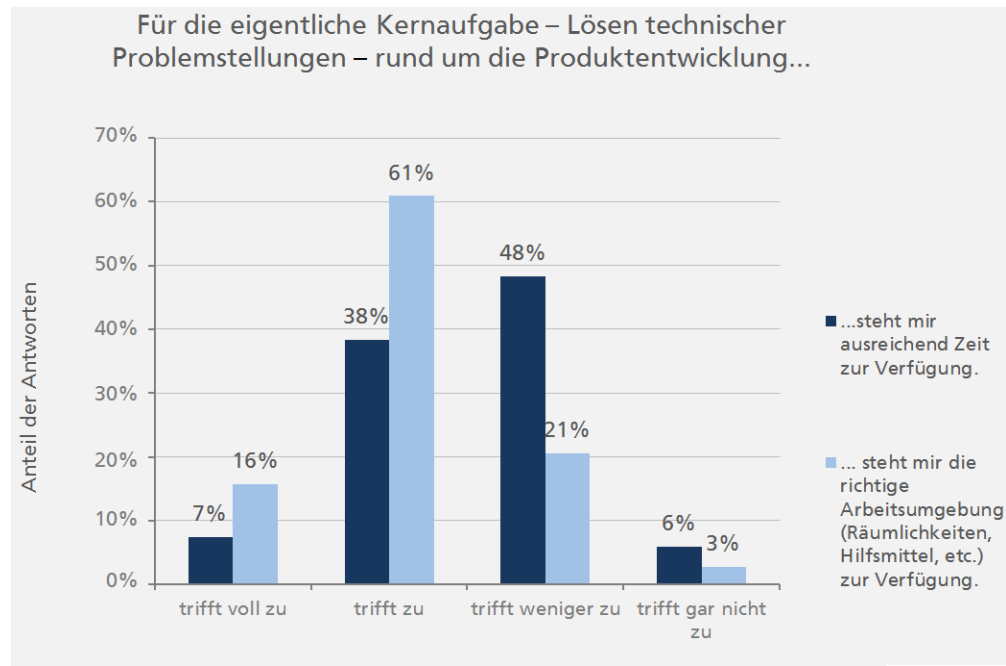
/Segmente/

Tendenziell nimmt weiterhin das Kommunizieren und Koordinieren mit Unternehmensgröße zu und die Zeit für die Kernaufgabe Entwickeln ab.

Zeit und Ausstattung für Kernaufgaben

Insgesamt wird die Arbeitsumgebung von 77% aller Befragten positiv bewertet. Jedoch meinen 54% der Ingenieure, dass ihnen zu wenig Zeit für die Kernaufgaben zur Verfügung steht, Abb. 08.

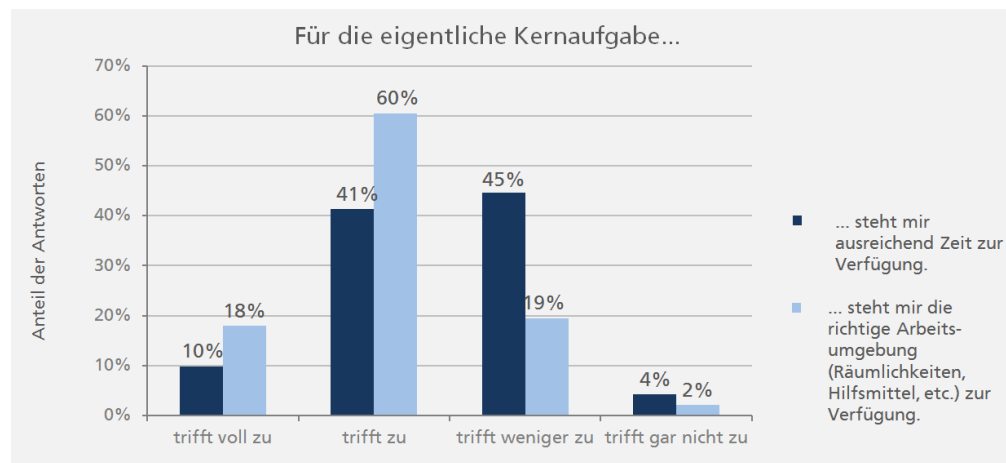
Abb. 08 Bewertung der Zeit und Arbeitsumgebung für die Kernaufgaben der Entwicklung



/Segmente/

Entgegen der Annahme, dass den Fachspezialisten der Entwicklung mit 40% bis 80% ihrer Arbeitszeit ausreichend Zeit zur Erledigung der Kernaufgaben zur Verfügung steht, geben 49% an, nicht genügend Zeit zu haben. Jedoch sind 78% der Fachspezialisten aus der Entwicklung auch der Meinung, dass sie über die richtige Arbeitsumgebung zur Erledigung der Kernaufgaben verfügen, Abb. 09.

Abb. 09 Bewertung der Zeit und Arbeitsumgebung durch die Fachspezialisten der Entwicklung



Die Arbeitsumgebung (Ausstattung mit Arbeitsmitteln etc.) wird in allen Branchen eher positiv bewertet. Im Maschinen- und Anlagenbau ist der Mangel an Zeit scheinbar etwas stärker ausgeprägt. 63% geben an, dass die Aussage, ausreichend Zeit zur Verfügung zu haben, weniger oder gar nicht auf sie zutrifft. Im Automobilbau und den anderen Branchen liegen die Werte weniger hoch (52% bzw. 50%)

Arbeitszeit und -ort

Die meiste Zeit verbringen die Ingenieure am klassischen Büroarbeitsplatz oder in Besprechungsräumen, so geben 67% der Befragten an, mehr als 40% der Arbeitszeit im Büro oder Labor zu verbringen. Das Arbeiten im Home-Office nimmt bei 83% der befragten Ingenieure weniger als 10% der Arbeitszeit ein. Erstaunlicherweise ist das Arbeiten auf Reisen oder beim Kunden/Lieferanten eher die Ausnahme mit weniger als 10% der Arbeitszeit, vgl. Abb. 10. Bei den Fachspezialisten der Entwicklung verbringen sogar 80% der befragten Ingenieure mehr als 40% ihrer Arbeitszeit im Büro, vgl. Abb. 11. Dennoch wünschen sich trotz dieser Arbeitszeitverteilung viele Ingenieure (80%) eine bessere Unterstützung des mobilen Arbeitens (vgl. Abschnitt 5.4).

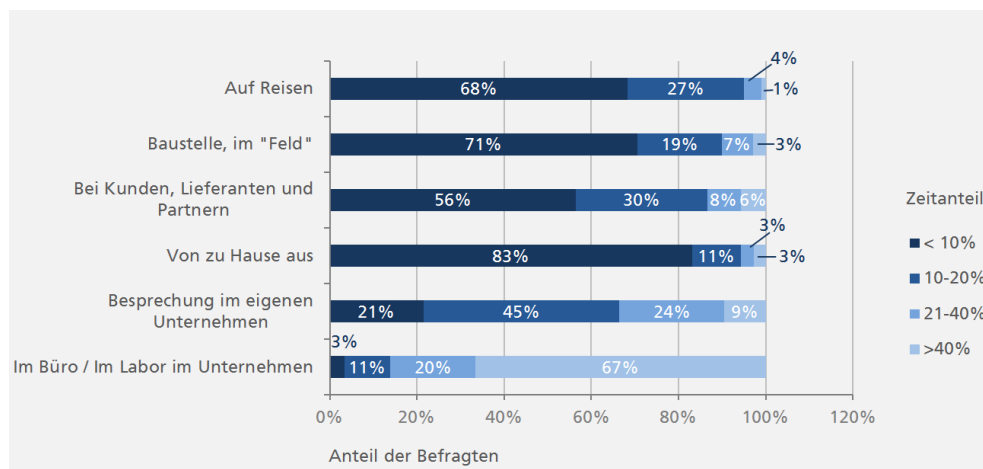


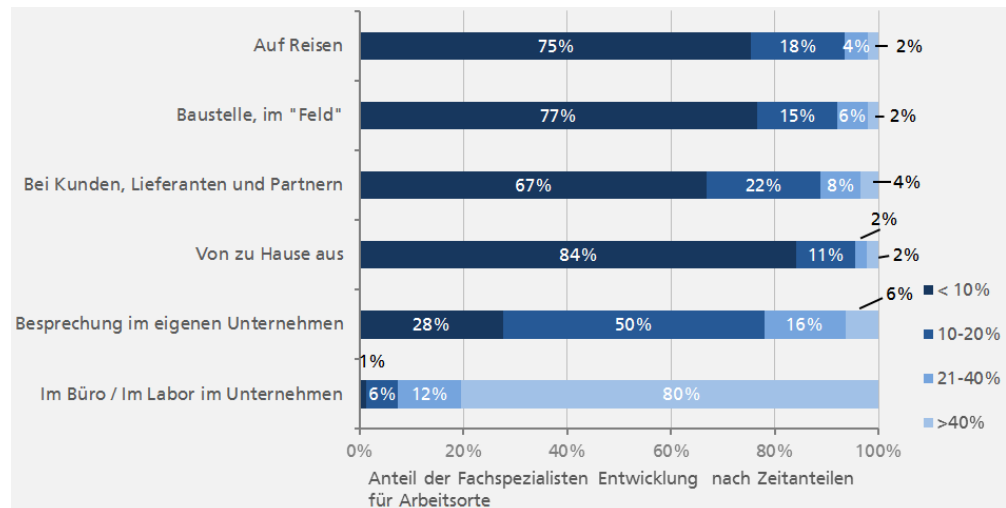
Abb. 10 Zeitanteile je Arbeitsort

/Segmente/

Hinsichtlich der Verteilung der Zeitanteile auf den Arbeitsort ergeben sich keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Branchen Automobilbau und Transport, Maschinen- und Anlagenbau bzw. sonstige Branchen.

Bei den Rollen der Ingenieure lassen sich Unterschiede feststellen. Fachspezialisten der Entwicklung verbringen die meiste Zeit im Büro (d.h. mehr als 80% sind dort mehr als 40% der Arbeitszeit), s. Abb. 11. Fachspezialisten für IT und Prozesse, Team-Leiter sowie Projektleiter sind ebenso hauptsächlich am Büroarbeitsplatz (mehr als 60% mit mehr als 40% der Arbeitszeit). Die Geschäftsleitung ist hingegen mit mehr als 60% der Befragten weniger als 40% der Arbeitszeit im Büro. Der Anteil an Zeiten bei Kunden, Lieferanten und Partnern ist entsprechend etwas größer als bei den anderen Unternehmensrollen.

Abb. 11 Zeitanteile je Arbeitsort für Fachspezialisten der Entwicklung



Je größer das Unternehmen, desto mehr Zeit wird in Besprechungen verbracht. Etwa die Hälfte (48%) der Studienteilnehmer, die sich den Unternehmen mit mehr als 10.000 Mitarbeitern zuordneten, geben an, mehr als 20% ihrer Arbeitszeit in Besprechungen zu verbringen. 63% geben an mehr als 40% ihrer Arbeitszeit am Arbeitsplatz zu verbringen.

Je kleiner das Unternehmen ist, desto mehr Zeit wird im Schnitt bei Kunden, Zulieferern und Partnern verbracht: Während etwa 15% der Teilnehmer aus kleinen Unternehmen (< 100 Mitarbeiter) mehr als 40% ihrer Arbeitszeit bei Kunden, Lieferanten und Partnern verbringen, sind es bei allen anderen Unternehmen nicht mehr als 5% der Mitarbeiter auf die das zutrifft.

Ähnlich verhält es sich bei der Arbeit (von) zu Hause: In kleinen Unternehmen sind es 10% die dort mehr als 40% ihrer Arbeitszeit verbringen. In allen anderen Unternehmen sind es weniger als 1,5%.

Arbeitsbelastung

62% sehen die Kernaufgaben der Entwicklung als *kreativste* Aufgaben an und 45% als die Aufgabe, die am meisten *Freude* macht. Diese Aufgabe wird damit vorwiegend positiv wahrgenommen. Das Kommunizieren und Koordinieren macht für 38% der Befragten *Freude* und ist für nur 25% eine *kreative* Aufgabe. Allerdings sehen auch 17% Kommunizieren und Koordinieren als belastend an.

Als besonders *belastend* werden aus der Sicht der Ingenieure insgesamt die Beschaffung von Informationen (71%) und die Erfassung von Daten und andere Routinetätigkeiten (48%) gesehen, obwohl sie nur ca. 20% der Arbeitszeit in Anspruch nehmen (ungefähr 63% der Befragten gaben an, weniger als 20% der Arbeitszeit dafür aufzuwenden).

Nur für 11% der Teilnehmer ist das Prüfen und Freigeben von Ergebnissen *belastend* . Von 74% wird es als *formell* geprägte Aufgaben eingestuft. Etwa die Hälfte der Teilnehmer (51%) sieht die Aufgaben Erfassen und Routineaufgaben erledigen als formell geprägt.

Weitere Details s. Abb. 12.

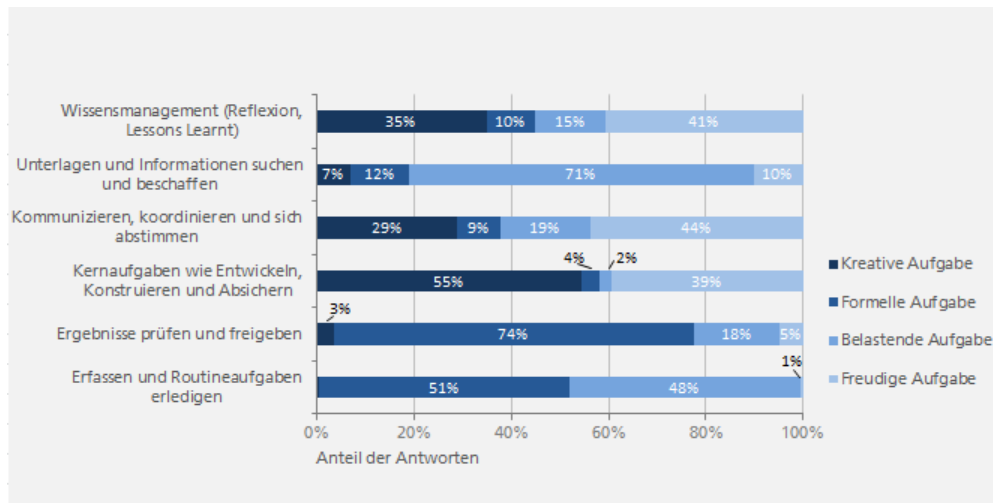


Abb. 12 Wahrnehmung von Arbeitsaufgaben und -belastung

/Segmente/

In Bezug auf die Branchen ergibt sich, dass Kernaufgaben wie Entwickeln und Absichern ca. 42% und Kommunizieren / Koordinieren ca. 40% der Teilnehmer aus dem Automobilbau und den sonstigen Branchen (Maschinen- und Anlagenbau ausgenommen) Freude bereiten. Kernaufgaben wie Entwickeln erfreuen sich im Maschinen- und Anlagenbau etwas größerer Beliebtheit (bei 54% der Teilnehmer dieser Branche) als das Kommunizieren / Koordinieren (31% der Teilnehmer dieser Branche).

Die Fachspezialisten der Entwicklung bewerten Kernaufgaben wie Entwickeln, Konstruieren und Absichern als am kreativsten (81% Teilnehmer stimmten zu) und finden daran am meisten Freude (66% der Teilnehmer stimmten zu). Die anderen Rollen hingegen finden mehr Freude am Kommunizieren und Koordinieren. Den Fachspezialisten für IT und Prozesse bereiten Entwickeln und Kommunizieren / Koordinieren ähnlich viel Freude.

Besonders belastend sind für genau ein Drittel (33%) der befragten Fachspezialisten der Entwicklung das Erfassen und Erledigen von Routineaufgaben. Ebenso ist für etwa ein Drittel (31%) das Suchen und Beschaffen von Informationen belastend, obwohl es gemäß ihrer Einschätzung oft weniger als 20% der Arbeitszeit in Anspruch nimmt.

Intensität der Zusammenarbeit

Eine Zusammenarbeit findet derzeit im Wesentlichen unternehmensintern statt. 89% der Befragten arbeiten mit der eigenen Abteilung und 79% mit anderen Abteilungen im Unternehmen intensiv bis sehr intensiv zusammen. Eine Zusammenarbeit mit Kunden findet bei 54%, mit Zulieferern und Ingenieurbüros bei 70% und mit Partnern bei 74% der Befragten nur gelegentlich bis gar nicht statt, vgl. Abb. 13. In Anbetracht der weit verbreiteten *verteilten* Produktentwicklung würde man höhere Zeitanteile für die Zusammenarbeit mit Externen durchaus erwarten.

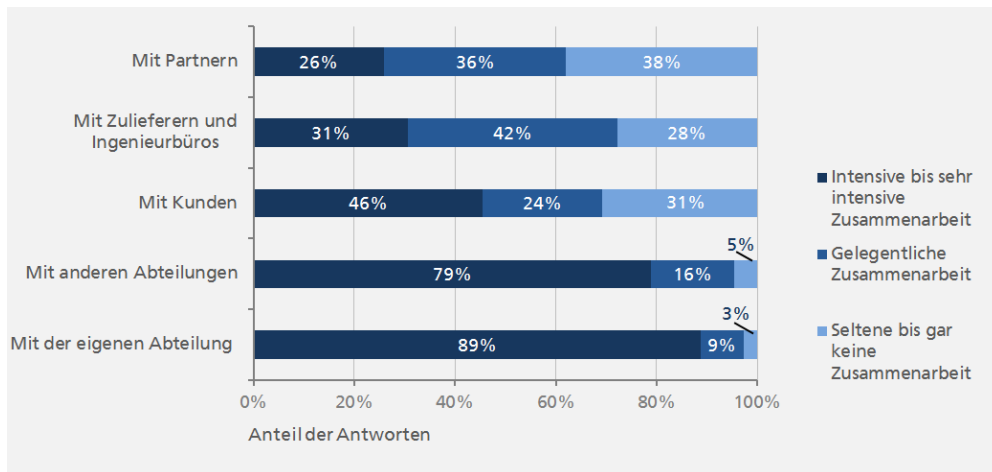


Abb. 13 Intensität der Zusammenarbeit mit anderen Prozessbeteiligten

/Segmente/

Die Intensität der Zusammenarbeit mit der eigenen Abteilung wird von allen Rollen am höchsten bewertet. Die Geschäftsführung hat aber zudem eine gesteigerte Intensität in der Zusammenarbeit mit Kunden. Diese ist in etwa doppelt so hoch wie bei den anderen Rollen.

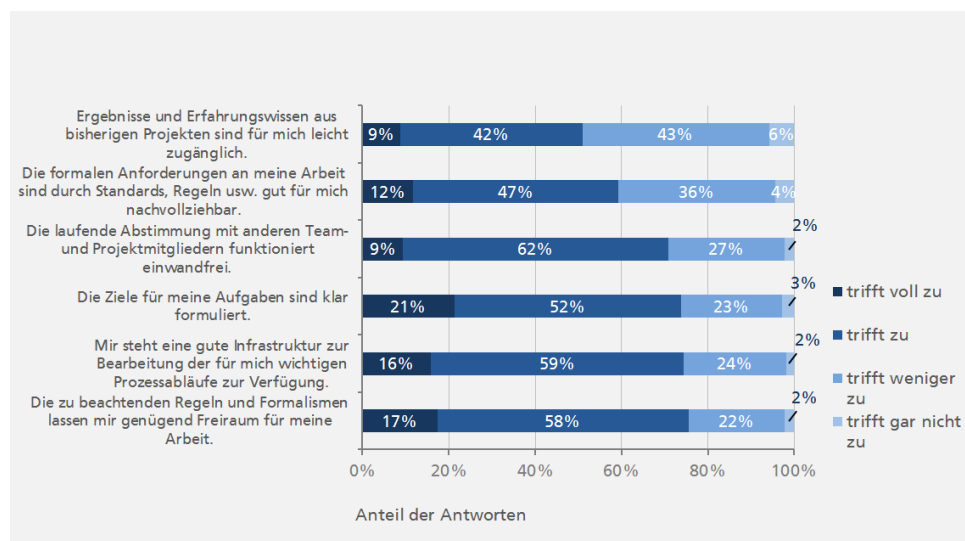
Erstaunlich gering ist die Intensität der Zusammenarbeit mit Zulieferern und Partnern. Eine sehr intensive Zusammenarbeit besteht jeweils bei fast allen Rollen nur in weniger als 10%. (Ausnahme: Geschäftsführung mit Partnern, 11%).

Bei kleinen Unternehmen (<100 Mitarbeiter) ist die Zusammenarbeit mit Kunden deutlich höher als bei den anderen Unternehmen (73% intensiv bis sehr intensiv). Unternehmen mit mehr als 2000 Mitarbeitern arbeiten intensiver mit Zulieferern und Ingenieurbüros zusammen (ca. 35% geben intensiv bis sehr intensiv an).

Kommunikationsumfeld

Innerhalb des Kommunikationsumfeldes bemängelt etwa die Hälfte der Teilnehmer (49%), dass die Ergebnisse und das Erfahrungswissen aus vergangenen Projekten nicht leicht zugänglich sind. Dies ist gemessen an der zuvor vorgestellten Verteilung der Arbeitszeitanteile nicht verwunderlich, da die Ingenieure für das Wissensmanagement am wenigsten Zeit haben oder sich diese dafür nehmen (58% der Befragten meinen, dass sie weniger als 10% der Arbeitszeit für das Wissensmanagement aufwenden, s. Abschnitt 5.1). Nur die Hälfte der Befragten hat leichten Zugang zu Erfahrungswissen. Die Teamarbeit, Aufgabenklarheit, Prozess-Infrastruktur und Freiräume werden aber eher positiv bewertet. Näheres s. nachfolgende Abbildung.

Abb. 14 Bewertung des Kommunikationsumfeldes



/Segmente/

Die Geschäftsleitung bewertet die Informationsversorgung der Mitarbeiter insgesamt etwas besser als diese es selbst tun: Alle Merkmale aus Abb. 14 sind durch die Geschäftsleitung in mehr als 60% der Fälle (z.T. bis über 80% der Fälle) mit sehr gut oder gut bewertet worden. Insgesamt ist die Informationsversorgung aber über alle Rollen hinweg sehr positiv bewertet.

Umso größer das Unternehmen ist, desto schlechter wird die Zugänglichkeit von Wissen aus früheren Projekten bewertet. Bei Unternehmen <100 Mitarbeiter sagen 67%, dass das Wissen sehr gut zugänglich ist. Bei Unternehmen >10.000 Mitarbeitern, sagen 55%, dass das Wissen weniger bis gar nicht zugänglich ist.

Desto kleiner das Unternehmen ist, umso schlechter wird die Abdeckung der formalen Anforderungen durch Standards, etc. bewertet. Aus den Unternehmen mit weniger als 100 Mitarbeitern sagen 48% der Teilnehmer, dass es weniger bis gar nicht zutrifft, dass die formalen Anforderungen nachvollziehbar seien. Bei Unternehmen >10.000 Mitarbeitern hingegen sagen 63%, dass dies zutrifft.

Informationslogistik

Viele Ingenieure bemängeln die Informationslogistik innerhalb der Prozesse. Ungeachtet der vorhandenen Management-Lösungen stehen ihnen die Daten für ihre Arbeit nur etwa in der Hälfte der Fälle rechtzeitig (57%) bzw. in der richtigen Form (48%) zur Verfügung. Auch fühlt sich die Hälfte der Ingenieure (51%) über Änderungen bezüglich ihrer Aufgaben nicht rechtzeitig informiert.

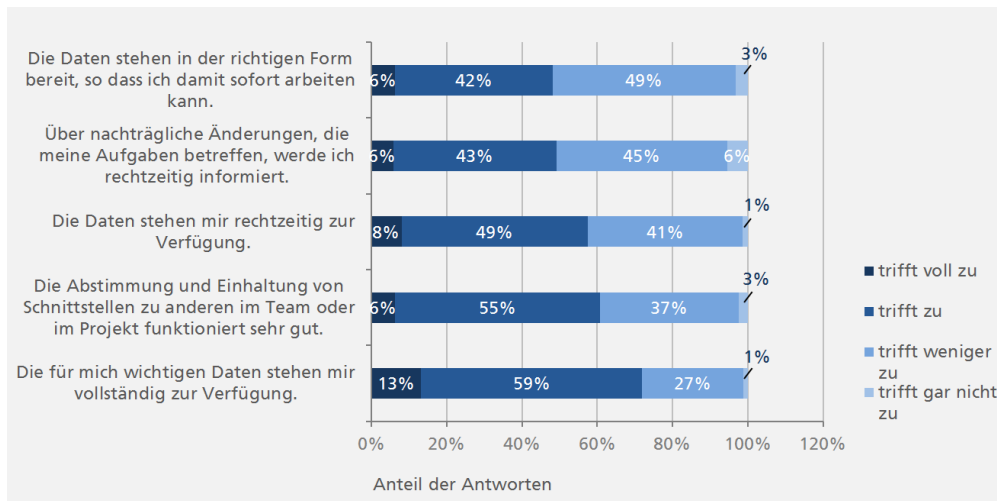


Abb. 15 Bewertung der Versorgung mit Informationen

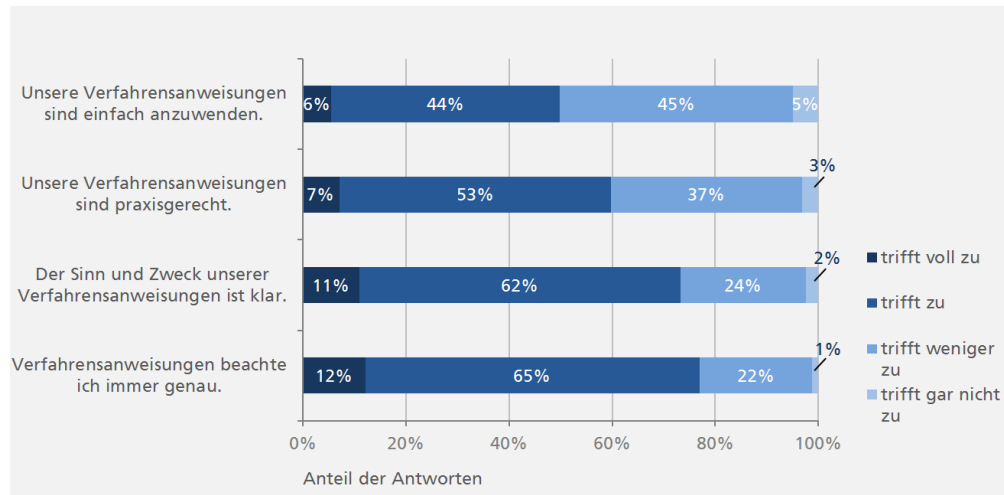
/Segmente/

Hinsichtlich der Segmente (Branche, Rolle im Unternehmen etc.) ergeben sich keine offensichtlichen Besonderheiten.

Verfahrensanweisungen

Kurzgesagt: Verfahrensanweisungen sind klar und werden beachtet, sind aber in der Anwendbarkeit und Praxisnähe verbesserungswürdig. (Näheres s. Abb. 16.)

Abb. 16 Bewertung der Verfahrensanweisungen



/Segmente/

Verfahrensanweisungen sind im Automobilbau und im Maschinen- und Anlagenbau weniger gut anzuwenden als im Schnitt der restlichen Branchen. 55% sagen, dass die Aussage, die Verfahrensanweisungen seien einfach anzuwenden, weniger bis gar nicht zutreffe. Bei den sonstigen Branchen geben gemittelt 55% an, dass sie einfach anzuwenden seien.

Der Sinn und Zweck von Verfahrensanweisungen ist vergleichsweise klar und sie werden vorrangig auch beachtet (alle Rollen). Auffällig ist jedoch, dass die Einfachheit und Praxisnähe nicht so gut bewertet werden. Fachspezialisten für Entwicklung, IT und Prozesse sowie Team- und Projektleitung sagen ca. in der Hälfte, dass die Eigenschaft Praxisnähe weniger bis gar nicht zutreffe. Die Abteilungsleiter und insbesondere die Geschäftsleitung sind dort optimistischer. Die Geschäftsleitung ist in 72% bzw. 78% der Antworten der Meinung, dass die Verfahrensanweisungen praxisgerecht und einfach anzuwenden sind (Bewertungen mit trifft voll zu und trifft zu).

Bei kleinen Unternehmen sind die Verfahrensanweisungen einfach anzuwenden und praxisgerecht. So geben bei den Unternehmen mit weniger als 100 Mitarbeitern immerhin 55% der Studienteilnehmer an, dass die Verfahrensanweisungen einfach anzuwenden seien. Sogar 72% geben an, dass die Verfahrensanweisungen praxisgerecht sind. Bei Unternehmen mit mehr als 10000 Mitarbeitern geben aber 64% an, dass die einfache Anwendung von Verfahrenswesen weniger bis gar nicht zutreffe. Immerhin noch 45% geben an, dass es nicht zutreffe, dass die Verfahrensanweisungen praxisgerecht sind. Damit zeigt sich zumindest bei den Verfahrensanweisungen ein gravierender Unterschied zwischen den kleinen und sehr großen Unternehmen

5.3

Werkzeugeinsatz

Bedeutung verschiedener Werkzeuge allgemein

Der Einsatz von E-Mail ist nicht nur gefühlt eine der bestimmenden Größen in der Kommunikation, Koordination und Abstimmung, sondern auch darüber hinaus. Auch für den Austausch von Produktdaten im Allgemeinen und CAD-Modellen im Speziellen werden E-Mails trotz der Sicherheitsbedenken erstaunlich intensiv eingesetzt.

Insgesamt geben rund 76% der befragten Ingenieure an, dass die Benutzung von E-Mail eine hohe Bedeutung für ihre tägliche Arbeit besitzt. Dies deckt sich auch mit dem zeitlichen Anteil des Kommunizieren, Koordinieren und sich abstimmen (vgl. mit vorherigem Abschnitt). Im Allgemeinen besitzen E-Mails für 90%, Office-Werkzeuge für 79% und sonstige Kommunikationswerkzeuge für 68% der Befragten eine hohe bis höchste Bedeutung. Sie sind für die Befragten im Alltagsgeschäft damit bedeutender als die ingenieurbezogenen Werkzeuge. Bei diesen Werkzeugen sind CAX-Systeme (CAD/CAE/CAM) noch deutlich bedeutsamer als PDM- und ERP-Systeme. CAX-Systeme (CAD/CAE/CAM) haben für 54% aller Befragten eine hohe bis höchste Bedeutung. Etwas größer ist der Anteil, wenn man sich nur die Fachspezialisten der Entwicklung anschaut. Hier liegt er bei 61%. Details vgl. Abb. 17.

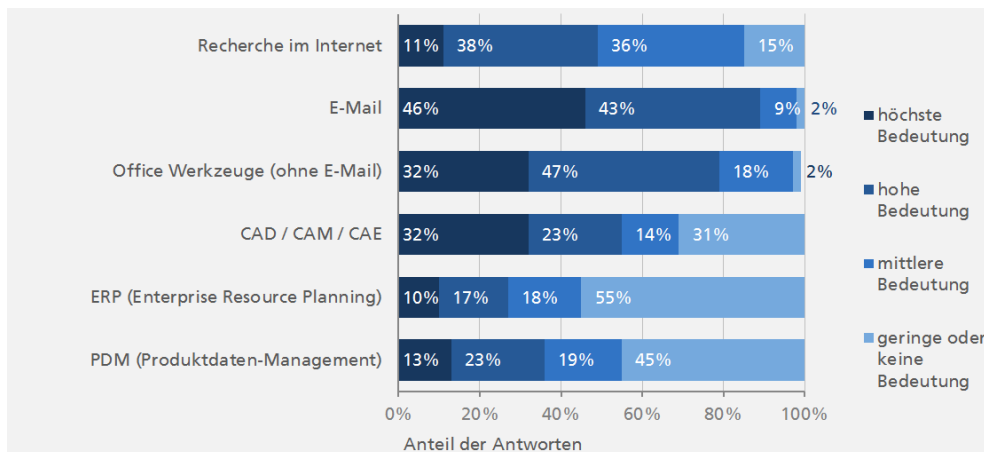


Abb. 17 Werkzeugeinsatz, allgemein

/Segmente/

Ein Blick aus Branchenperspektive zeigt, dass PDM und E-Mail im Automobilbau bedeutsamer sind als im Maschinen- und Anlagenbau sowie der Summe der übrigen Branchen. Im Automobilbau schätzen 44% der Befragten PDM mit hoher bis höchster Bedeutung ein. Im Falle von E-Mail sind es gar 94%, die darin eine hohe bis höchste Bedeutung sehen.

CAX-Werkzeuge genießen im Maschinen- und Anlagenbau mehr Aufmerksamkeit. Dort sehen 67% der Teilnehmer eine hohe bis höchste Bedeutung für diese Werkzeuge.

Mehr als die Hälfte der Teilnehmer aus den übrigen Branchen zusammengenommen beurteilen PDM und Engineering-Werkzeuge mit geringer Bedeutung (PDM: 52% meinen geringe bis keine Bedeutung; ERP: 56% meinen geringe bis keine Bedeutung; Engineering-Werkzeuge: 39% sagen geringe bis keine Bedeutung).

Werkzeuge aus der Kategorie CAD/CAM/CAE sind von der Bedeutung her wichtiger bei den Fachspezialisten der Entwicklung (bei 61% hohe bis höchste Bedeutung) als bei den Team-Leitern (54%), Projektleitern (52%) sowie Abteilungsleitern (59%). ERP-Systeme schneiden dort deutlich schlechter ab (bei 72% der Befragten mit geringer bis keiner Bedeutung).

PDM- und ERP-Systeme im Speziellen

Es wurde einerseits ermittelt, welche Bedeutung PDM- und ERP-Systeme in der täglichen Praxis der Befragten haben. Hierbei stellt sich heraus, dass die Bedeutung der Werkzeuge an sich eher mit mittlerer Wertigkeit eingeschätzt wird.

Es wurde andererseits ermittelt, wie der Nutzen von PDM und ERP eingeschätzt wird. Dabei wurde nach dem Nutzen für das Unternehmen und dem Nutzen für die persönlichen Aufgaben unterschieden. Der Nutzen, der sich für das Unternehmen aus PDM und ERP ergibt, wird allgemein höher eingeschätzt als der persönliche Nutzen aus beiden Systemen.

/Segmente/

PDM-Systeme haben demnach immer noch für 42% der befragten *Fachspezialisten der Entwicklung* und für 46% der befragten Ingenieure in anderen Unternehmensrollen eine geringe bis gar keine Bedeutung, wenn es um *die Bedeutung der Systeme für die Arbeit allgemein* geht. Noch deutlicher sieht es bei den ERP-Systemen aus. Diese besitzen für 71% der Fachspezialisten aus der Entwicklung und für 49% der Ingenieure in anderen Unternehmensrollen eine geringe bis gar keine Bedeutung in diesem Zusammenhang, s. Abb. 18.

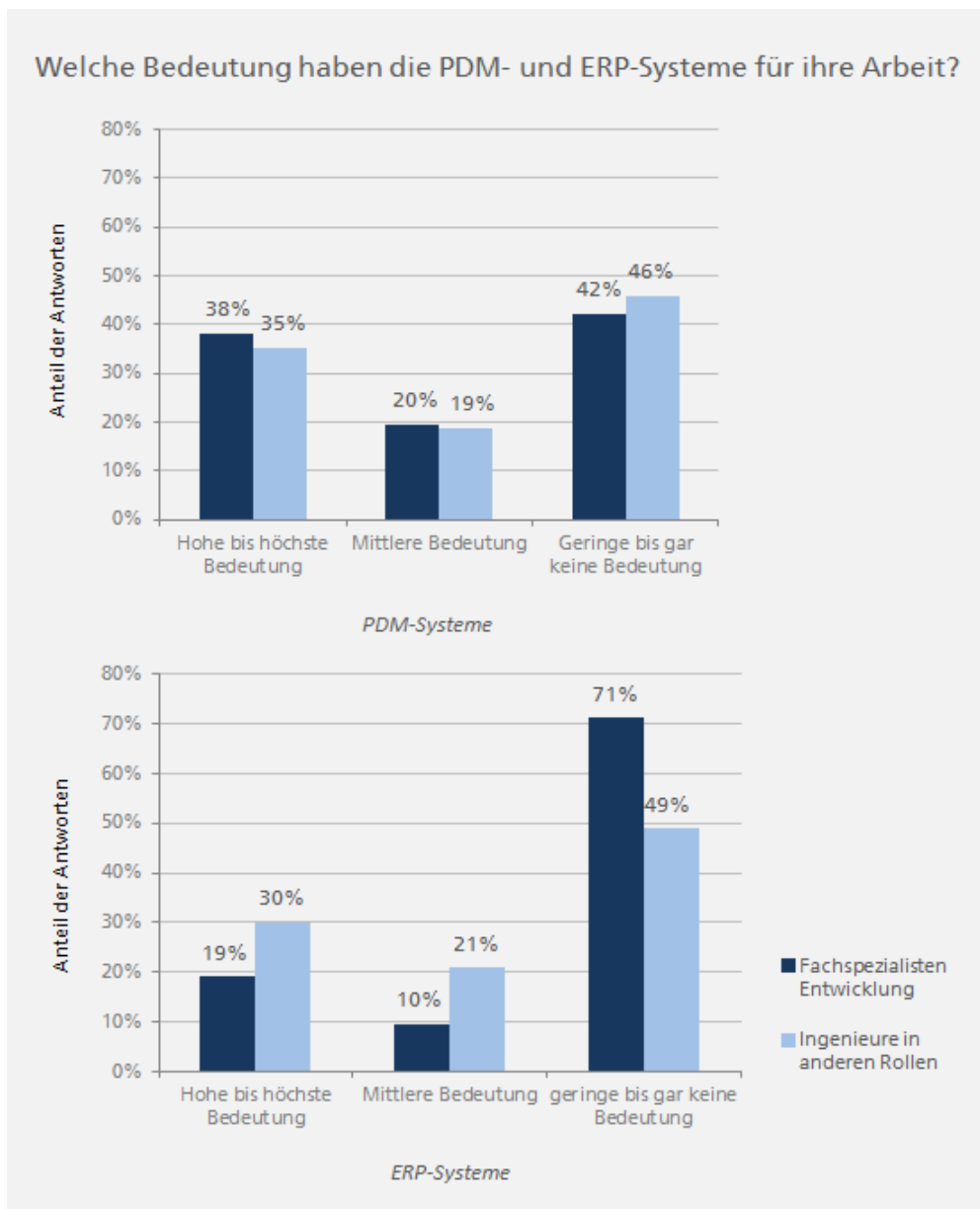
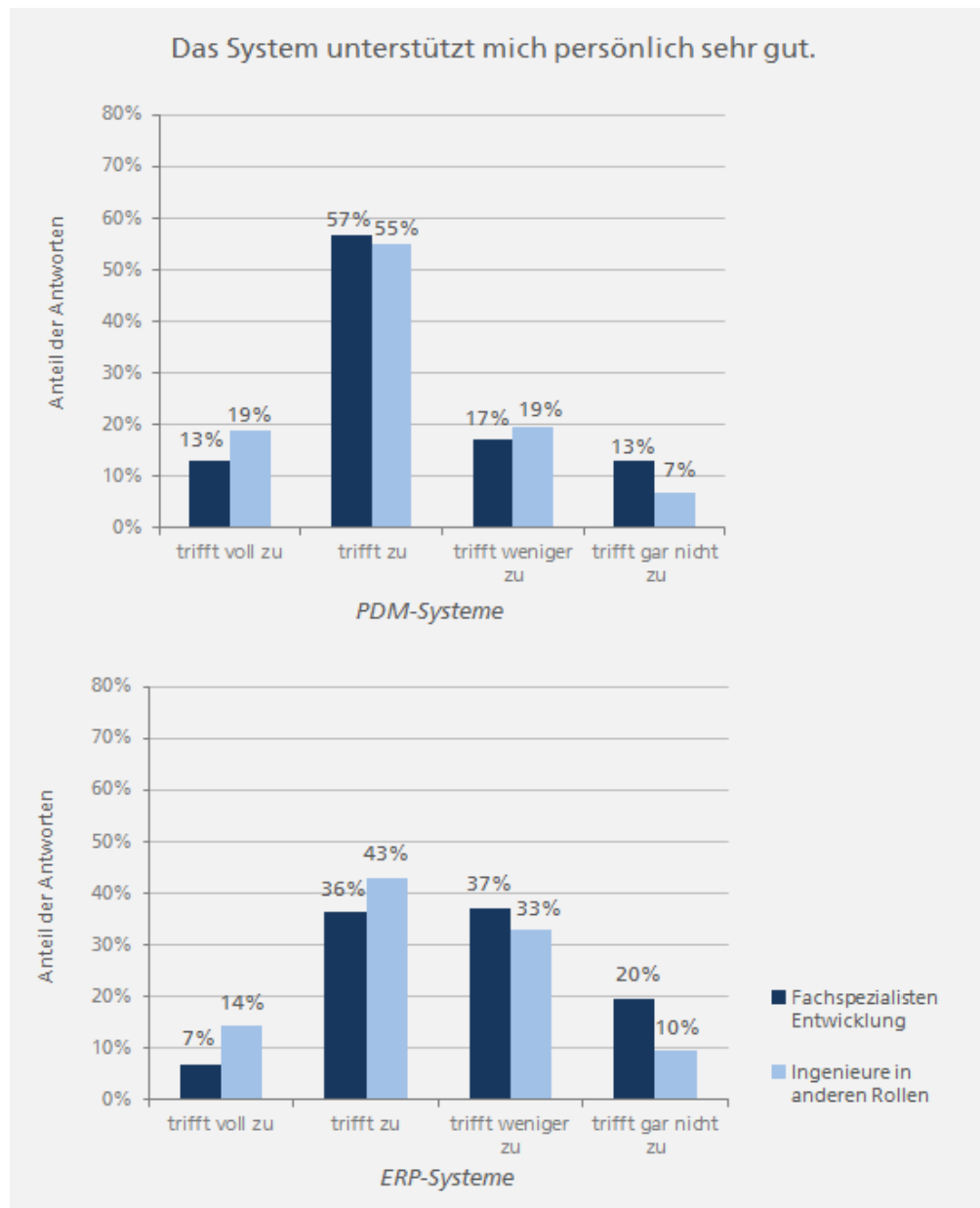


Abb. 18 Allgemeine Bedeutung von PDM und ERP nach Rollen

Dieser Sachverhalt spiegelt sich auch in der wahrgenommenen *persönlichen Unterstützung* durch das ERP-System wider. Hier geben 57% der *Fachspezialisten für die Entwicklung* an, dass das System sie persönlich kaum bis gar nicht unterstützt. Durch das PDM-System fühlen sich hingegen 70% dieser Gruppe gut bis sehr gut unterstützt, Abb. 19. Die Unterstützung des Unternehmens jedoch schätzen bei den PDM-Systemen 74% und bei den ERP-Systemen 73% der Befragten als gut bis sehr gut ein (nicht im Diagramm dargestellt).

Abb. 19 Persönliche Bedeutung von PDM und ERP nach Rollen



Bei der *Geschäftsleitung* schneidet die persönliche Unterstützung durch PDM im Gegensatz zu den Fachspezialisten vergleichsweise schlecht ab. PDM liefert also scheinbar noch nicht hinreichende Funktionalitäten für Top-Manager. Die Unterstützung des Unternehmens durch PDM und ERP sowie die persönliche Unterstützung durch ERP schneiden bei der Geschäftsleitung sehr gut ab.

Ein weiterer Unterschied zeichnet sich bei den PDM- und ERP-Systemen bei einer gesonderten Betrachtung des Automobilbaus ab. Ingenieure aus diesem Segment schätzen sowohl die persönliche Unterstützung als auch die Unterstützung für das Unternehmen durch PDM- und ERP-Systeme als gut ein – wohingegen die Einschätzung der Ingenieure aus den anderen Branchen etwas

weniger positiv ist. Während im Automobilbau PDM bei der Bewertung des Nutzens leicht gegenüber ERP führt, ist ERP in den anderen Branchen (inkl. Maschinen- und Anlagenbau) von gleicher Bedeutung. Details s. Abb. 20 und Abb. 21.

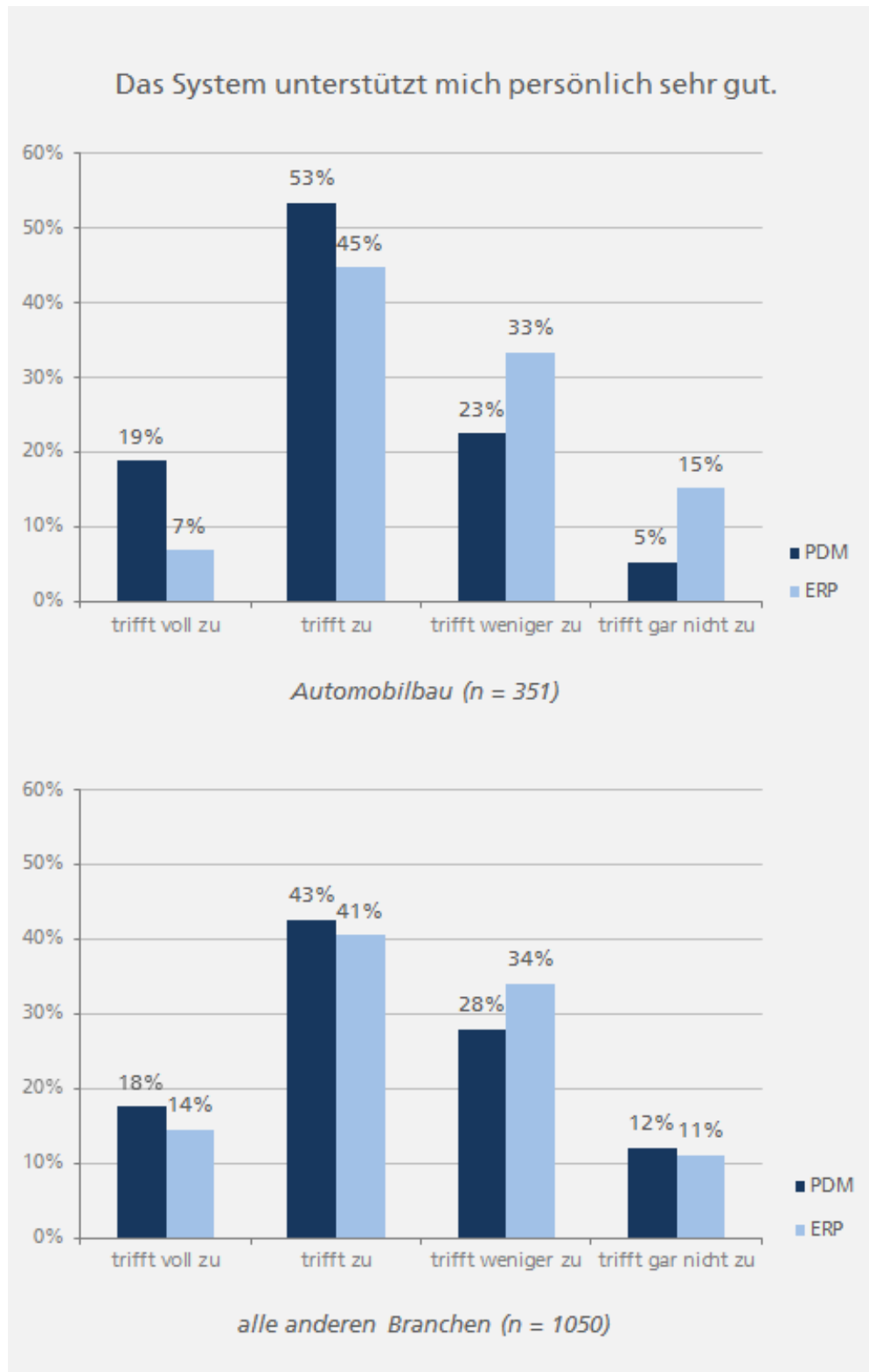
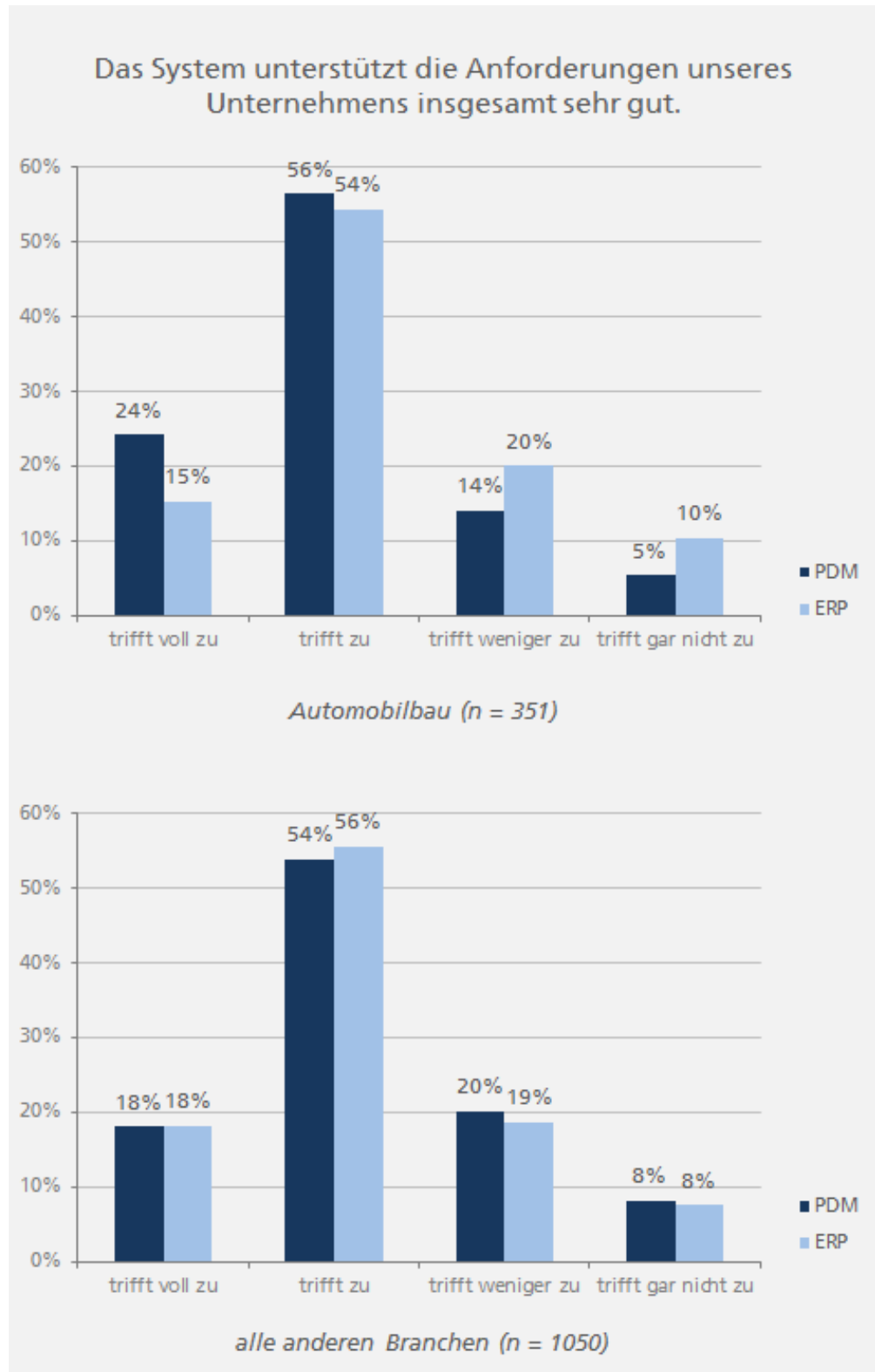


Abb. 20 Persönliche Unterstützung durch PDM und ERP

Abb. 21 Unterstützung für Unternehmen durch PDM und ERP



Die Bedeutung von PDM und ERP variiert weiterhin mit der *Unternehmensgröße*. PDM- und ERP-Systeme sind in Unternehmen von mittlerer Größe am besten »angekommen«, s. Abb. 22 und Abb. 23.

Die Bedeutung von PDM steigt zunächst mit der Unternehmensgröße, fällt dann aber bei den sehr großen Unternehmen wieder ab. Mit steigender Unternehmensgröße wird auch der Bedarf an einer organisierten Lösung für das Informationsmanagement notwendig, da direkte Kommunikation zur Absprache und Systematisierung im Daten- und Informationsaustausch zunehmend schwieriger wird. In sehr großen Unternehmen mit großem Outsourcing-Anteil des Detail Engineerings ist vermutlich mehr übergreifendes Multi-Projektmanagement gefragt und die Zahl der potenziellen PDM-Nutzer nimmt wieder ab. In Zahlen drückt sich dies wie folgt aus: In Unternehmen mit mehr als 10.000 Mitarbeitern sind es »nur« 38% der Befragten, die eine hohe bis höchste Bedeutung für PDM sehen. In Unternehmen mit 2.000 bis 10.000 steigt der Anteil leicht auf 40%. Für Unternehmen der Größenordnung 500 bis knapp 2.000 Mitarbeiter liegt der Anteil bei 46% am höchsten. Für Unternehmen mit 100 bis knapp 500 Mitarbeiter sinkt der Wert wieder ab auf 36%. Das Minimum zeigt sich bei Unternehmen mit weniger als 100 Mitarbeitern, wobei der Wert dort auf geringe 18% absinkt.

Hinsichtlich der Bedeutung von ERP-Systemen zeigt sich ein ähnlicher Verlauf, allerdings interessanterweise mit einem Minimum bei der Bedeutung in den sehr großen Unternehmen: Der Wert steigt beginnend bei den kleinen Unternehmen an und erreicht sein Maximum in der Klasse der Unternehmen mit 500 bis knapp 2.000 Mitarbeitern, danach sinkt er wieder ab. (weniger als 100 Mitarbeiter: 22%; 100 bis knapp 500 Mitarbeiter: 32%; 500 bis knapp 2.000 Mitarbeiter: 35%; 2000 bis 10.000 Mitarbeiter: 27%). In Unternehmen mit mehr als 10.000 Mitarbeitern sind es nur noch 19% der Befragten, die eine hohe bis höchste Bedeutung für ERP sehen.

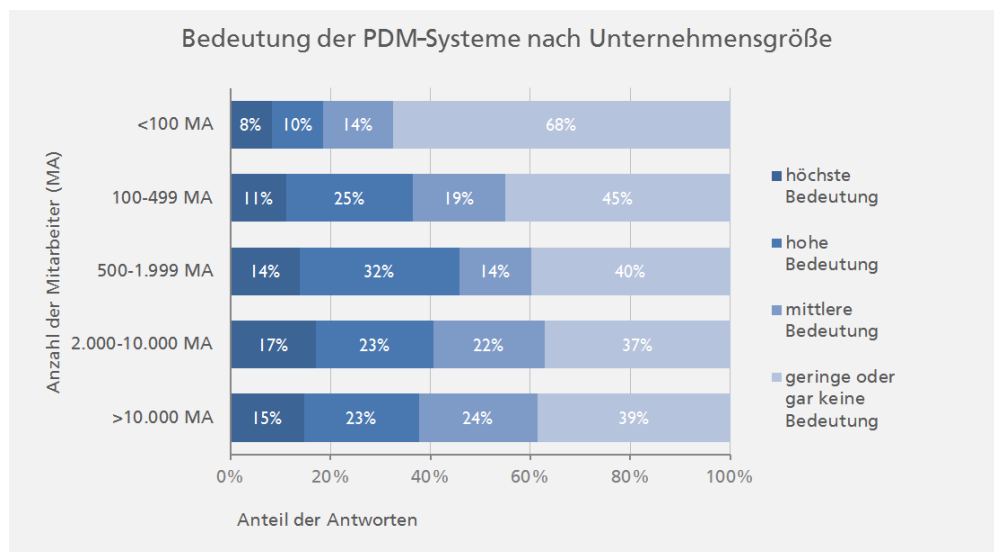
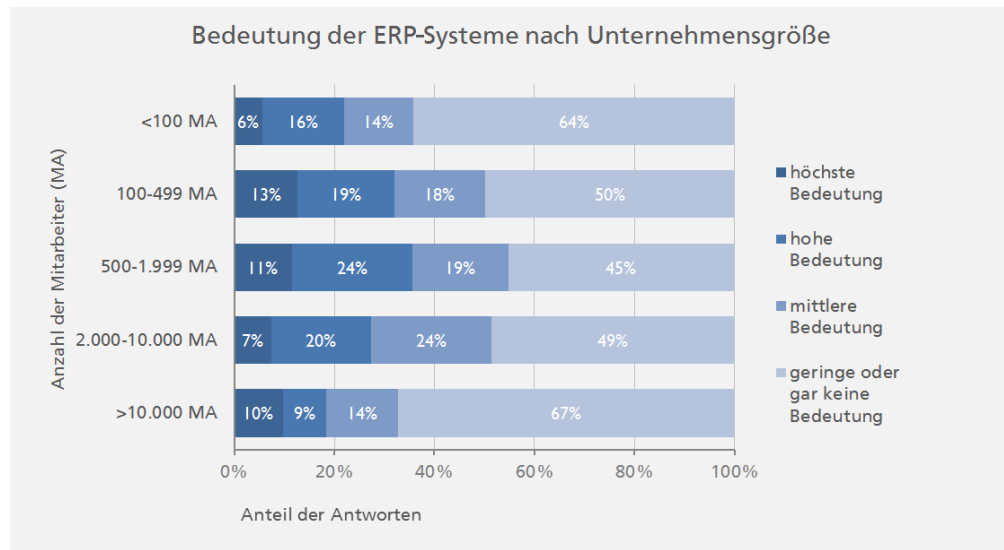


Abb. 22 Bedeutung von PDM nach Unternehmensgröße

Abb. 23 Bedeutung von ERP nach Unternehmensgröße



Nicht nur bei der Bedeutung im Allgemeinen, sondern folglich auch bei der persönlichen Unterstützung schneidet PDM in Unternehmen mit weniger als 100 Mitarbeitern eher mittelmäßig ab. 50% der Befragten aus diesen Unternehmen sehen keine besondere Bedeutung von und Unterstützung durch PDM. Etwas mehr (58% der Befragten) schätzen in diesem Segment die persönliche Unterstützung durch ERP als gut ein.

Ein Blick auf die *Disziplinen* zeigt, dass PDM und ERP insgesamt eher als unterstützend angesehen werden. Es überwiegt jedoch auch in dieser Sichtweise die Einschätzung, dass die Anforderungen des Unternehmens besser unterstützt werden als die persönlichen. Hinsichtlich der persönlichen Unterstützung schneidet das ERP interessanterweise besonders gut bei den *Regelungstechnikern* ab. 76% geben an, dass es die Anforderungen des Unternehmens sehr gut unterstützt.

Produktdatenaustausch

Der Austausch von CAD- und Produktdaten findet zurzeit bei 58% der Befragten mit Kunden und bei 49% mit Zulieferern und Ingenieurdienstleistern trotz Sicherheitsrisiken per E-Mail statt. Dies gilt auch im Automobilbau, obwohl dort spezielle Datenaustauschplattformen bereits etabliert sind. Netzlaufwerke spielen unternehmensintern eine dominierende Rolle. PDM wird im Automobilbau aber gut angenommen. Details s. Abb. 24, Abb. 25 und Abb. 26.

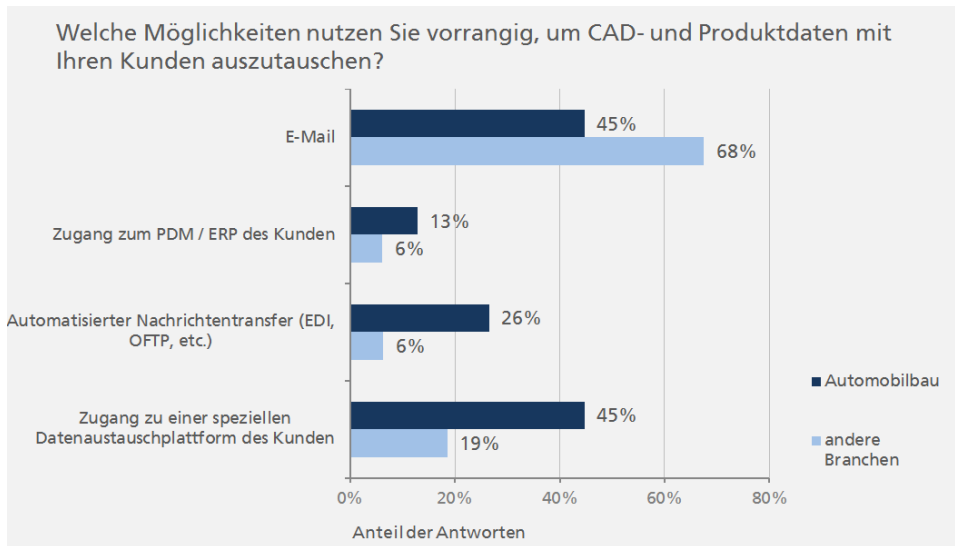


Abb. 24 Werkzeuge zum Produktdatenaustausch mit Kunden

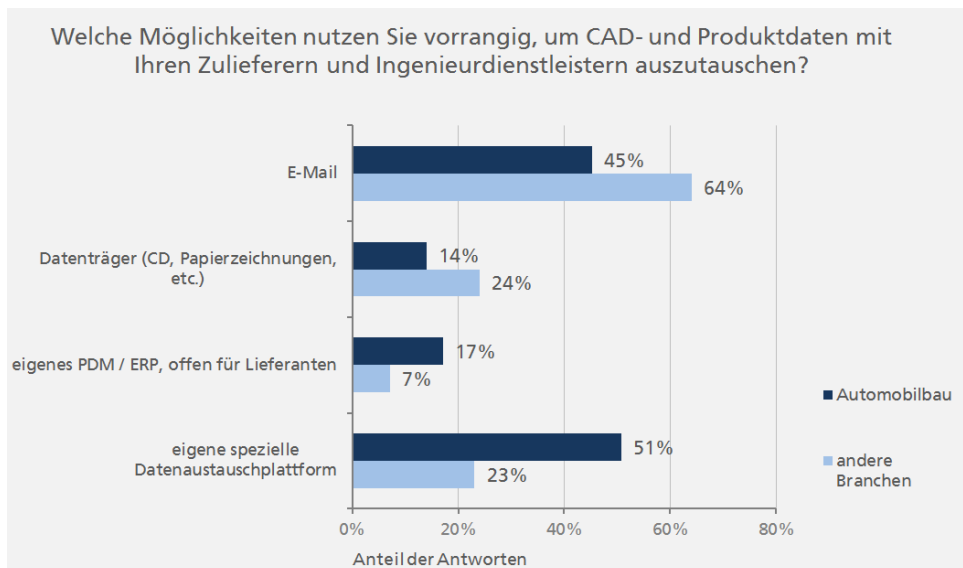
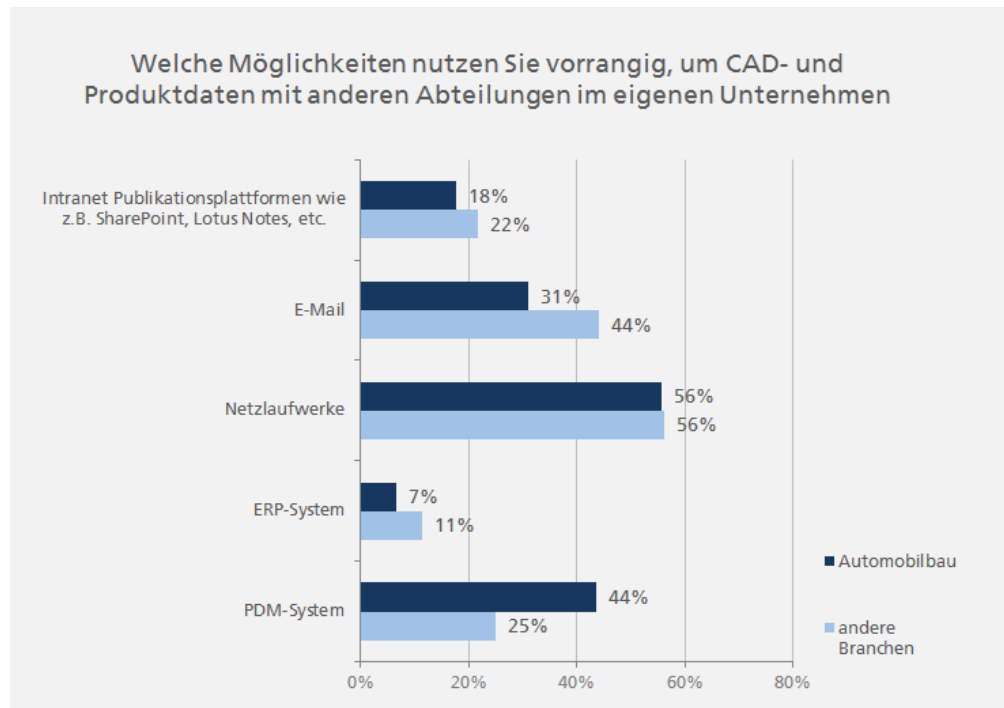


Abb. 25 Werkzeuge zum Produktdatenaustausch mit Partnern

Abb. 26 Werkzeuge zum Produktdatenaustausch unternehmensintern



/Segmente/

Auswertung nach der Branche: Im Maschinen- und Anlagenbau und sonstigen Branchen (zusammengenommen, ohne Automobilbau) erfolgt der Produktdatenaustausch mit Kunden vorrangig per E-Mail (71% bzw. 67% der Teilnehmer gaben dies an). Im Automobilbau sind dagegen die Nutzung von speziellen Austauschplattformen sowie der automatisierte Nachrichtentransfer so bedeutend, dass dort nur noch etwa ein Drittel der Teilnehmer (35%) E-Mail als sehr bedeutsames Medium für den Produktdatenaustausch mit Kunden hervorheben. In der Zusammenarbeit mit Zulieferern und Partnern rangiert die Nutzung eigener spezieller Datenaustauschplattformen im Automobilbau knapp vor der Nutzung von E-Mail. PDM und ERP sind auch im Automobilbau noch nicht in größerem Umfang offen für die Partner. Im Maschinen- und Anlagenbau sowie sonstigen Branchen ist E-Mail dominierend. Datenträger wie CDs und Papierzeichnungen werden ebenso mehr genutzt als im Automotive Bereich. Das PDM-System spielt in der internen Kollaboration eine größere Rolle als in der externen. Im Automobilbau zeigt sich die größte Akzeptanz. Dies entspricht auch der besseren Einschätzung hinsichtlich der persönlichen Unterstützung durch das PDM-System. Netzlaufwerke werden in allen drei Branchen-Segmenten als häufigstes genutztes Werkzeug/Medium bewertet (ca. 35% in allen Fällen).

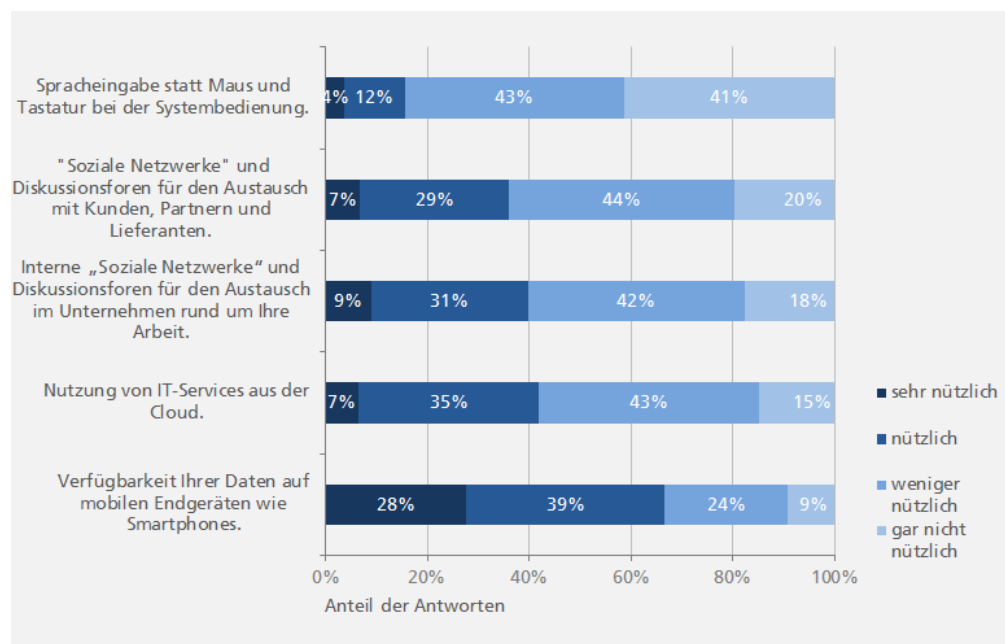
Auswertung nach der Unternehmensgröße: Je größer das Unternehmen ist, desto stärker überwiegt der Austausch mit Lieferanten per eigener spezieller Datenaustauschplattform. Bei Unternehmen kleiner als 2.000 Mitarbeiter dominiert der Austausch per E-Mail. In Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitern findet der unternehmensinterne Austausch von Produktdaten per Netzlaufwerken und E-Mail und ebenso stark per PDM-System statt. Bei Unternehmen größer als 2.000 Mitarbeitern sogar etwas häufiger per PDM-System als per E-Mail.

5.4 Zukunftsideen

IT-Trends

Eher skeptisch stehen die Befragten den IT-Trends wie Services aus der Cloud, sozialen Netzwerken und Spracheingaben gegenüber. So halten 58% der Befragten IT-Services aus der Cloud, 60% (unternehmens-)interne soziale Netzwerke, 64% soziale Netzwerke für den Austausch mit Kunden, Partnern sowie Lieferanten und 84% eine Spracheingabe als weniger bis gar nicht nützliche Zukunftsidee, vgl. Abb. 27.

Abb. 27 Zukunftsideen (Teil 1, IT-Trends)



/Segmente/

Auffällig ist für Unternehmen mit 500 bis 2.000 Mitarbeitern eine positivere Haltung gegenüber den zuvor genannten Technologien und Ansätzen. Hier geben 46% an, dass sie IT-Services aus der Cloud für nützlich bis sehr nützlich erachten, 41%, dass sie interne »Soziale Netzwerke« und Diskussionsforen für den Austausch im Unternehmen rund um ihre Arbeit als nützlich bis sehr nützlich beurteilen und 48%, dass soziale Netzwerke und Diskussionsforen für den Austausch mit Kunden, Partnern und Lieferanten als nützlich bis sehr nützlich ansehen. Demnach ist in diesen mittleren bis großen Unternehmen vermutlich ein Bedarf für solche Technologien gegeben, der zusammen mit hinreichender Offenheit auch einen entsprechenden Nutzen erwarten ließe. In kleineren Unternehmen fehlt vermutlich eine »kritische Masse« an Nutzern für z.B. interne soziale Netzwerke oder Diskussionsforen. Zudem sind dort oft die Wege für den persönlichen Austausch sehr kurz, sodass eine Werkzeugunterstützung weniger bedeutsam sein dürfte.

Prozesse und Datenverfügbarkeit

Es zeigt sich, dass sich das prozessorientierte Denken bei den Ingenieuren durchgesetzt hat. So wünschen sich 76% Workflows, die sie selbst ad hoc formulieren und anpassen können, wobei auch die Integration von Kunden, Partner und Lieferanten als (sehr) nützlich angesehen wird. Workflow-Lösungen stoßen damit auf große Akzeptanz.

Lösungen für mobiles Arbeiten sind gewünscht. Hierbei lässt sich schwer sagen, ob dies trotz der tatsächlich geringen Reise-Zeiten (s.o.) gewünscht wird oder ob es gewünscht wird, um mehr Reisen zu können, ohne dabei an Produktivität zu verlieren. Die überwiegende Mehrheit ist mit 82% der Befragten der Meinung, dass mobiles Arbeiten mit allen Daten, die man im Unternehmen zur Verfügung hat nützlich bis sehr nützlich sei. Auch 67% halten die Verfügbarkeit der Daten auf mobilen Endgeräten wie Smartphones für wichtig. Details s. Abb. 28.

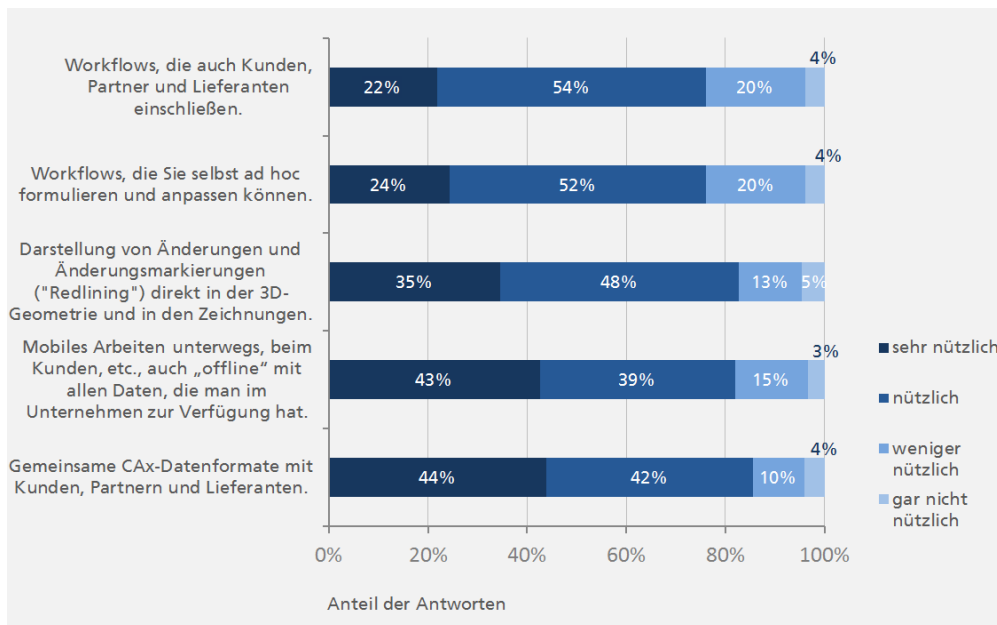
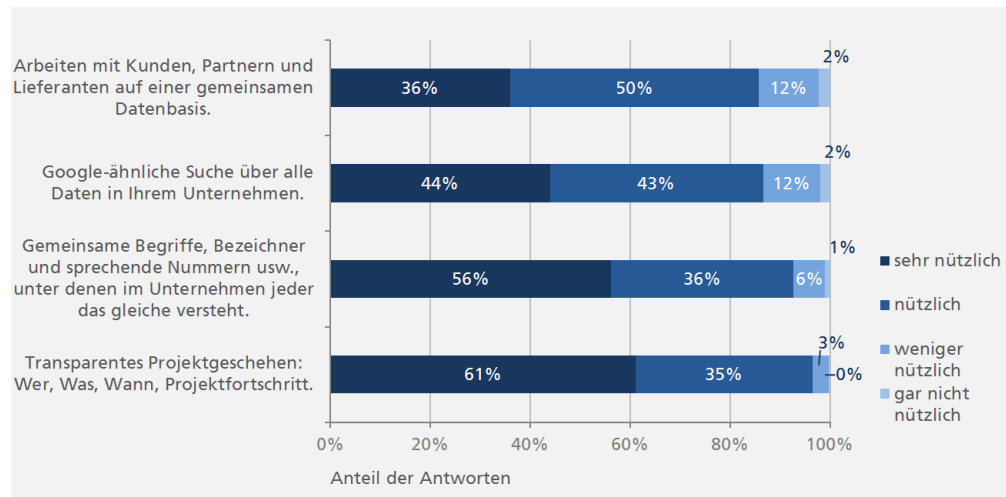


Abb. 28 Zukunftsideen (Teil 2, Prozesse und Daten)

Bei der Zusammenarbeit mit Unternehmensexternen stufen 86% der befragten Ingenieure ein Arbeiten auf einer gemeinsamen Datenbasis als nützlich bis sehr nützlich ein. Genauso sieht es auch für die Verwendung von gemeinsamen CAx-Datenformaten aus. Für die Verbesserung der Kollaboration sehen 93% der Befragten gemeinsame Begriffe, Bezeichner und sprechende Nummern, unter denen im Unternehmen jeder das gleiche versteht, als nützlich bis sehr nützlich an. Weiterhin erachten 87% eine Google-ähnliche Suche über alle Daten im eigenen Unternehmen als nützliche bis sehr nützliche Zukunftsidee. Handlungsbedarf besteht auch im Bereich der Informationslogistik. Fast alle Befragten (97%) bewerten ein Projektmanagement, das Zuständigkeiten, Arbeitsumfänge und Projektfortschritte transparenter macht, als wichtige »Zukunftsidee«. »Klassische Problemstellungen« (gleiche Bezeichner, einheitliche Datenbasis) dominieren das Feld. »Einfaches Suchen« und »Transparentes Projektgeschehen« dominieren die Liste der »Zukunftsideen«. Sie sind nach wie vor stark nachgefragt. Details s. Abb. 29.

Abb. 29 Zukunftsideen (Teil 3, Prozesse und Daten)



Im Rahmen dieses Bericht beschränkt sich die statistische Auswertung der Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Merkmalen auf ausgewählte Aspekte: PDM- und ERP-Systeme, die Zeitanteile und Intensitäten der Zusammenarbeit. Weiterführende Analysen sind u.a. in [PASCH ET AL., 2013] veröffentlicht worden.

Es wurde zuerst der Zusammenhang zwischen der Bedeutung der PDM- und ERP-Werkzeuge mit der Empfindung der persönlichen Unterstützung durch die Werkzeuge untersucht. Hierbei ließ sich eine starke Abhängigkeit feststellen¹, so dass bei höherer Bedeutung der Werkzeuge auch die empfundene persönliche Unterstützung besser bewertet wurde. Anders sieht es bei der Abhängigkeit zwischen der Bedeutung der PDM- und ERP-Werkzeuge mit den zeitlichen Anteilen verschiedener Tätigkeiten der täglichen Arbeit aus. Hier wurde in Bezug auf die geschätzten Zeitanteile nur geringfügige Abhängigkeiten festgestellt². Ähnliche Erkenntnisse kamen aus der Untersuchung der Abhängigkeiten zwischen der Bedeutung von verschiedenen IT-Werkzeugen mit der Intensität der Zusammenarbeit heraus. So konnten nur geringfügige Abhängigkeiten zwischen der Bedeutung von verschiedenen IT-Werkzeugen und der Intensität der Zusammenarbeit im Unternehmen sowie unternehmensübergreifend festgestellt werden³. Ebenso ließ sich nur eine schwache Abhängigkeit zwischen der Intensität der Zusammenarbeit mit den geschätzten Zeitanteilen für das Kommunizieren und Koordinieren in der täglichen Arbeit feststellen⁴. Dies ist durchaus erstaunlich, da eigentlich zu vermuten ist, dass eine intensivere Zusammenarbeit mehr Zeit für das Kommunizieren und Koordinieren in Anspruch nehmen müsste.

¹ Normiertes Kontingenzmaß $K^* = 0,72$ (PDM) bzw. $K^* = 0,72$ (ERP)

² Normiertes Kontingenzmaß für alle $K^* < 0,23$

³ Normiertes Kontingenzmaß für alle $K^* < 0,30$

⁴ Normiertes Kontingenzmaß für alle $K^* < 0,31$

5.6

Wünsche zur Verbesserung der Arbeitsweisen

Die Wünsche der Teilnehmer lassen sich in Gruppen einteilen. Erstens konnten viele Wünsche mit direktem Bezug zur Informationstechnik festgestellt werden. Zweitens wurden viele Wünsche mit Bezug zur Zusammenarbeit im Allgemeinen, d.h. weniger technisch geprägte Wünsche, geäußert. Wiederkehrende Nennungen beziehen sich auf beide zuvor genannte Bereiche. Oft werden dabei vorwiegend strukturelle Probleme angesprochen, wobei IT-Lösungen oft nicht direkt im Mittelpunkt der Kommentare stehen. Vielmehr sind die Kommunikation und Koordination in einer Vielzahl der Kommentare die kennzeichnenden Probleme.

Wünsche mit Bezug zur Informationstechnik

In den Wünschen zu den Informationssystemen kommen klare Forderungen an die einfache Benutzung von komplexen Systemen wie zum Beispiel den PDM-Systemen zum Vorschein. Des Weiteren werden auch klare und vollständige Schnittstellen zwischen den Systemen sowie einheitliche Datenformate gefordert. Im Nachfolgenden sind einzelne, charakteristische Kommentare¹ aufgeführt:

- »Einführung eines PDM-Systems«
- »Ein funktionierendes PDM-System, das kompatibel mit den Kundensystemen ist.«
- »Funktionsfähiges, leicht verständliches, globales PLM-System«
- »Ein funktionierendes PDM- und ERP-System, in dem Stücklisten abteilungsübergreifend (elektrische und mechanische Konstruktion + Produktentwicklung + Einkauf + Fertigung) gepflegt und bearbeitet werden können.«
- »Geeignetes ERP-System mit Schnittstelle zum CAD.«
- »Dass der 3D-Datenaustausch besser wird. Daten von Architekten und Statiker sind zwar einsehbar aber nicht handhabbar (Performance).«
- »Dass die FE- [Finite Elemente] Modelle auch leicht vom CAD-System verstanden werden können, um z.B. Optimierungsergebnisse besser umsetzen zu können.«
- »Eindeutige und konsistente Dateiablage, eindeutige und vollständige Schnittstellen«
- »Eine bessere Wissens- & Produktdatenbank mit einfacher Suche, eine Datenbank – gleiche Schreibweisen«
- »Einführung von Projektmanagement und Wissensmanagement«

.....
¹ Die Kommentare sind in Bezug auf Rechtschreibung und Grammatik überarbeitet worden. Inhaltliche Aussagen wurden dabei nicht verändert.

Wünsche mit Bezug zur Zusammenarbeit

In Bezug auf die Zusammenarbeit stehen vor allem Probleme der Kommunikation und Koordination im Mittelpunkt. So werden eine kompetentere Projektarbeit und Transparenz in der Zusammenarbeit gefordert. Besonders wichtig scheint den meisten Ingenieuren der direkte und persönliche Kontakt zu den Kollaborationspartnern. Die folgende Liste zeigt besonders interessante Einzelnenennungen¹:

- »Ein viel **stärker projektorientierter Ansatz** unter Berücksichtigung der Dimensionen Strategie, Methoden, Werkzeug.«
- **»Eine klarere Priorisierung der Ziele«**
- **»99,997% aller Ingenieure müssen erst einmal ZUHÖREN lernen. Das würde 80% aller tollen Tools überflüssig machen.«**
- »1:1 Kommunikation, damit alle Informationen jeden ohne große Reibungsverluste erreichen.«
- »Direkte Kommunikation«
- »Direktes Gespräch statt E-Mails mit großem Verteiler«
- »Gegenseitiges Kennenlernen«
- **»Co-Engineering«**

Wiederkehrende Nennungen

Die immer wieder auftauchenden Nennungen zu Problemen und Verbesserungswünschen in der Produktentwicklung spiegeln die von den Autoren genannten Probleme wider. So werden Aspekte der Wissensintegration, der Kommunikation, Koordination und Informationslogistik häufig angesprochen. Nachstehend ein paar typische Äußerungen, die aus einer Verdichtung der wiederkehrenden Nennungen entstanden sind:

- **Klarheit** bei Zielen, Aufgaben, Kompetenzen, Verantwortlichkeiten (AKV)!
- **Bessere Kommunikation** (technischer Details sowie zwischenmenschlich)
- **Mehr Zeit**, Kapazität, Kompetenzen
- **Offene Kommunikation** (Abbau von »Blockern«)
- **Rechtzeitige, zeitnahe und regelmäßige Kommunikation**
- **Schnellere Lösungen** hinsichtlich Daten-/Informations-/Wissensverfügbarkeit
- **Transparenz** im Projektgeschehen und in Daten
- **Weniger Bürokratie und Formalismus**

¹ Die Kommentare sind in Bezug auf Rechtschreibung und Grammatik überarbeitet worden. Inhaltliche Aussagen wurden dabei nicht verändert.

6 Schlussfolgerungen

6.1 Arbeitssituation

Die Studie bestätigt aus Sicht der Ingenieure, dass es einen *Mangel an Zeit für konzentriertes Arbeiten an den Kernaufgaben der technischen Entwicklung* wie dem Konstruieren und Absichern neuer Systeme oder Systemkomponenten gibt. Beruhigend ist aber, dass zumindest die Fachexperten der Entwicklung den Kernaufgaben der Entwicklung noch zu vergleichsweise hohen Zeitanteilen nachgehen können und dies auch gerne tun. Der insgesamt hohe zeitliche Anteil an Kommunikation und Koordination ist jedoch alarmierend.

Die Arbeitsumgebung und Ausstattung werden gemeinhin aber eher positiv bewertet. Dies lässt den Schluss zu, dass verstärkt auch an organisatorischen Aspekten gearbeitet werden muss, um die Kollaborationsprozesse zu verbessern. Dies kann jedoch auch die Einführung geeigneter oder verbesserter Kommunikationswerkzeuge einschließen.

Die Zeit auf Dienstreisen scheint geringer zu sein, als man hinsichtlich der prinzipiell zumeist pauschal geforderten Mobilitätsbereitschaft erwarten würde.

Das Entwickeln als solches wird als kreativ eingestuft. Für etwas weniger als die Hälfte der Befragten bereitet diese Aufgabe auch Freude. Bei Kommunikation und Koordination sinken die Zahlen. Eine Steigerung des Kreativanteils und der Freude an Kommunikation könnten zu erhöhter Zufriedenheit beitragen und die gefühlte Belastung diesbezüglich reduzieren. Das Suchen von Informationen und die Erledigung von Routineaufgaben werden erwartungsgemäß als eher belastend empfunden. Hier gibt es demnach Nachholbedarf bei der Entwicklung und/oder Einführung geeigneter Lösungen.

6.2 Kollaborationsprozesse

Obwohl zeitliche Freiräume für das »freie Arbeiten« und die Konzentration auf das Erfüllen der technischen Kernaufgaben (wie konstruieren und absichern) fehlen, bestehen hinsichtlich der *Prozessführung* klare Erwartungen an Standardisierung und Transparenz.

Die Informationslogistik ist zu verbessern. Eindeutige Verbesserungspotenziale bestehen bei der Definition und Anwendung von Verfahrensanweisungen. Diese müssen in der Anwendung einfacher werden und an Praxisnähe gewinnen. Hier können geeignete Workflow-Management-Systeme eine gute Hilfe sein, um auch eine Steigerung der Transparenz in der Abarbeitung von Aufgaben und Projekten zu erzielen.

Aus den Freitextantworten der Befragten lässt sich herauslesen, dass es an Klarheit in Zielvorgaben und der Kommunikation mangelt. Dies ist nur mittelbar mit IT-Systemen zu regeln und erfordert zunächst mehr direkte Kommunikation zwischen den Teilhabern im Entwicklungsprozess.

6.3

Werkzeugeinsatz

Zusätzlich bringen die Studienergebnisse einen Widerspruch zu Tage: Obwohl die relative Mehrheit die PDM-Systeme als gut unterstützend empfindet, benutzt sie als Datenaustauschplattform oft andere Möglichkeiten. Die heutigen PDM-Installationen, zumeist als jeweils abgegrenzte Umgebungen eingeführt, sind nicht in der Lage die Kollaborationsbedürfnisse zu befriedigen. Hier entsteht ganz direkter Handlungsbedarf bzgl. neuer Lösungsentwicklung und der Bereitschaft innerhalb der Unternehmen umzudenken.

6.4

Zukunftsideen

Aus der Bewertung der Zukunftsideen ist klar erkennbar, dass zunächst die Datenverfügbarkeit und Prozesstransparenz verbessert werden müssen, bevor der erweiterte Nutzen aus sozialen Medien in der industriellen Kollaboration diskutiert wird. »Klassische Themen« wie die Erzeugung und Steuerung eindeutiger Prozess- und Projektstrukturen sind bestimmend. Weiterhin lässt sich ein Bedarf an höherer Flexibilität in der Arbeit mit digitalen Produktmodellen ablesen. Das Notieren von Änderungswünschen und »Red Lining« (Roteintragungen) direkt in CAD-Modelle ist sowohl in der Produktentwicklung (z.B. im Design Review) als auch in der Instandhaltung ein Anwendungsfall, der bisher nur bedingt unterstützt wird. Weiterhin ist die Problematik heterogener Nummernsysteme gemäß Interpretation der Bewertungsergebnisse nicht hinreichend gelöst. Dies dürfte auf Themen wie die Erstellung von Stücklisten und das Konfigurationsmanagement negativ durchschlagen.

6.5

Weitere Feststellungen

Erfahrungsgemäß sind digitale Entwicklungswerkzeuge und PLM-Lösungen für viele Anwender technisch und funktional zu komplex geworden. Dieses Dilemma stellt ein ernstzunehmendes Risiko dar, welches nur wenige Führungskräfte im oberen Management hinreichend erkennen und angehen. Das digitale Entwicklungsvorgehen der Zukunft benötigt abgestufte PLM-Lösungen, um die tägliche Arbeit der unterschiedlichen Disziplinen zu erleichtern.

Trotz der Einführung neuer PLM-Lösungen und VPE-Werkzeuge, kann es nicht gewünscht sein, dass die Ingenieure zu sehr zu Erfüllungsgehilfen digitaler Werkzeuge werden. Vielmehr müsste zur Nutzung der Potenziale digitaler Werkzeuge eine Reform der Arbeitspraktiken erfolgen, damit schlussendlich mehr Zeit für eine kreative und zielorientierte Arbeitsweise bleibt. Dies beinhaltet insbesondere auch den richtigen Umgang mit bereits verfügbaren Werkzeugen.

Die *technische Entwicklungskompetenz* ist ein wesentlicher Wettbewerbsfaktor, der Gefahr läuft, ein Randdasein einzunehmen. Der Kommunikations- und Koordinationsaufwand ist dermaßen hoch, dass eine intensive Auseinandersetzung mit komplexen und funktionsreichen CAx-Werkzeugen für viele Ingenieure nicht mehr ernsthaft möglich sein kann. Obgleich die Entwicklungsaufträge durch Systemintegratoren in großen Anteilen an Systemlieferanten vergeben werden, verbleibt ihnen die Verantwortung der Systemintegration und der funktionalen Absicherung auf höherer Systemebene. Diese Kompetenz ist zentral und kann bei unzureichenden Zeitanteilen für diese Aufgabe nicht mehr hinreichend gepflegt und ausgebaut werden. Die Verlagerung der technischen Kompetenz wird in ausgewählten Industriebereichen damit voraussichtlich an bedrohliche Grenzen kommen.

7 Ausblick auf zukünftige Entwicklungen

7.1 Engineering-IT Roadmap des VDI

Im VDI-Fachbeirat Informationstechnik wird unter Leitung von Dr. Sauer, Fraunhofer IOSB, eine IT-Roadmap entwickelt, welche den Einsatz und die Bedeutung von Informationstechnik im Ingenieurwesen beschreibt. In der Engineering IT-Roadmap spielen die Erwartungen an zukünftige Entwicklungen eine bedeutende Rolle. Einflüsse aus mittel- und langfristigen Veränderungsprozessen (bspw. Globalisierung) werden berücksichtigt. Die Roadmap diskutiert die »Informationstechnik als Ressource« im Zusammenhang mit dem gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Gesamtnutzen.

In Bezug auf den Produktlebenszyklus wird die IT in zweierlei Hinsicht betrachtet. Zum einen in ihrer Verwendung in Form von IT-Werkzeugen (Hard- und Software) für Produktentwicklung, Produktion, Produktbetrieb und Service-Erbringung sowie Instandhaltung. Zum anderen wird sie als sehr wichtiger Systembestandteil in komplexen sozio-technischen Systemen angesehen und diesbezüglich erörtert. Ob im Falle eingebetteter Systeme, mechatronischer Systeme, autonom und/oder vernetzter intelligenter Systeme oder schließlich im Falle von Systemansätzen wie CPS (Cyber Physical Systems) [ANDERL ET AL., 2012], die IT ist unabdingbar.

Die Ergebnisse dieser Studie sollen in die IT-Roadmap einfließen und dabei den Einsatz bedarfsgerechter Engineering-Software adressieren. Der Ingenieur steht als Nutzer der IT-Werkzeuge und Teilhaber IT-gestützter Prozesse im Kern der Betrachtungen. Die Roadmap wird voraussichtlich im Jahr 2013 veröffentlicht.

7.2

Weiterentwicklung von PLM-Lösungen bei CONTACT Software

Für CONTACT Software ergeben sich aus der Studie klare Ziele für die Weiterentwicklung des eigenen PDM/PLM-Portfolios. Die Studie richtet sich mit den herausgestellten Bedarfen im Engineering jedoch prinzipiell an alle PLM-Lösungsanbieter. Dabei lassen sich – bewusst provokant ausgedrückt – folgende zentrale Herausforderungen aus der Studie ableiten:

- Entwickeln und managen verbinden: Entwickler dürfen nicht zu bloßen – überspitzt gesagt – Bürokraten gemacht werden.
- »Don't make me think!«: Lösungen müssen einfacher werden, um einen immer größer werdenden Anwenderkreis entlang des Produktlebenszyklus zu gewinnen! Zudem erhöhen moderne Web-Lösungen und »Apps« die Erwartungshaltung der Anwender an die einfache und intuitive Bedienbarkeit auch von Unternehmenslösungen.
- Noch bessere Unterstützung für die Kollaboration und Projektarbeit
- Offene Systeme für die reibungslose Kommunikation über Systemgrenzen hinweg
- Lösungsvollständigkeit: Die richtigen Systeme nutzen ohne die richtige Orgware nichts! Orgware definiert die Anpassungen an die Belange eines Unternehmens wie Kataloginhalte, Nummerungsschemata, Rechtssystem, Prüf- und Freigabeabläufe usw.

Am Beispiel einiger Lösungen aus dem Portfolio des Systemanbieters CONTACT Software lässt sich zeigen, wie auf diese Anforderungen reagiert werden kann:

- *Enterprise Search*: Google-ähnliche, schnelle und einfache Suche nicht nur in Dokumenten, sondern im Gesamtbestand aller Produktdaten
- *Kollaboratives Projektmanagement* für die flexible und zugleich prozessgestützte Zusammenarbeit in Entwicklungsprojekten
- *Workspaces* für selbstorganisiertes, kollaboratives CAD-Datenmanagement: Auf Basis einer offenen Architektur für das CAD- und Multi-CAD-Datenmanagement unterstützen Workspaces »Work in Progress«. Im Zusammenspiel mit dem zentralen PDM/PLM-Backbone sorgen sie schließlich für die sichere Ablage und unternehmensweite Bereitstellung der finalen Arbeitsergebnisse.
- *Collaboration Portal* für die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit

Einige Anwendungen sind in Abb. 30 und Abb. 31 illustriert.



Abb. 30 Ad-hoc Workflow,
mit dem Anwender selbst
Prozesse und Abläufe de-
finieren können

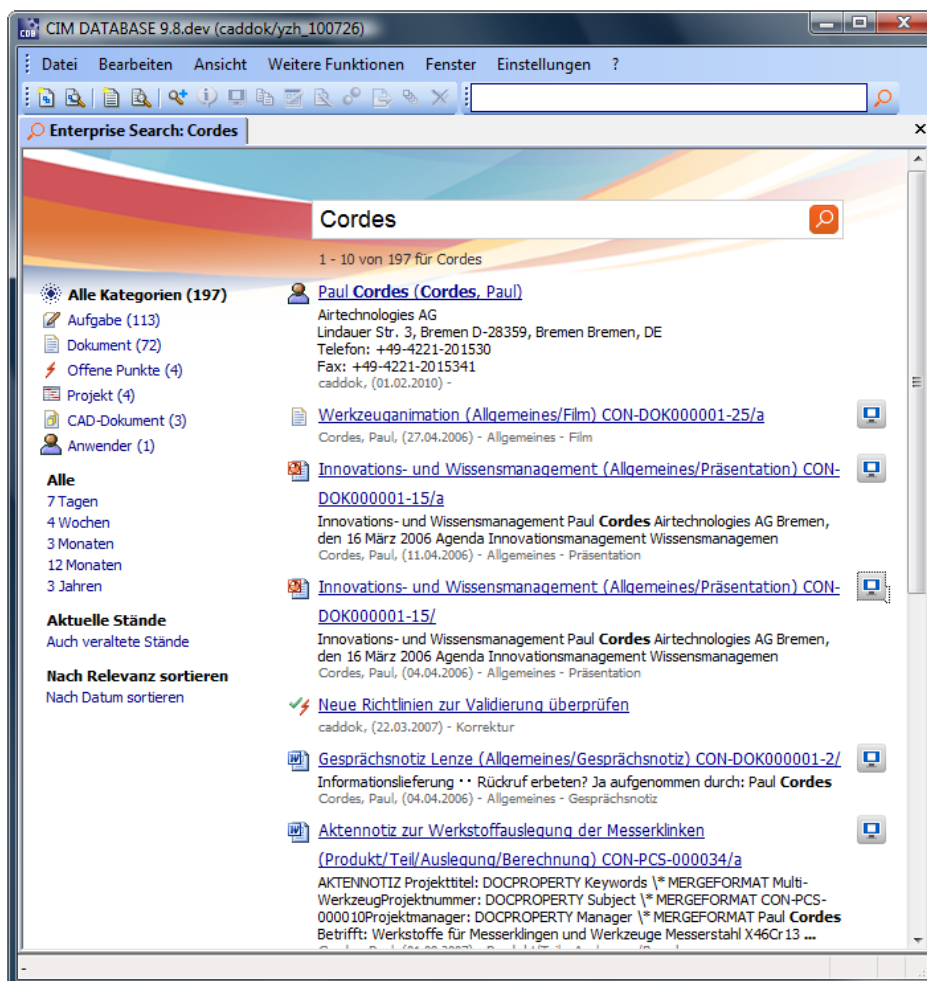


Abb. 31 Enterprise Search –
Einfache Suche à la
Google in allen Produkt-
daten

7.3

Forschungsaktivitäten am Fraunhofer IPK

Am Fraunhofer IPK werden im Geschäftsfeld Virtuelle Produktentstehung, geleitet durch Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark, neue CA- und PLM-Lösungen entwickelt. Dies geschieht in Rahmen der angewandten Forschung gemeinsam mit der Industrie. In der Kooperation mit der TU Berlin erfolgt eine Ankopplung an die Grundlagenforschung und Hochschullehre. In der Abteilung Informations- und Prozesssteuerung, geleitet durch Dr. Hayka und Teil des Geschäftsfeldes Virtuelle Produktentstehung, entstehen neue Ansätze für die Kollaboration. Es werden eigene Lösungen konzeptioniert und ebenso Prototypen auf Basis heutiger PDM/PLM-Systeme implementiert, die neue Anwendungsfelder und Funktionalitäten erschließen.

Diese Studie bestätigt die eigene Forschungsstrategie und liefert klare Anhaltspunkte für die thematische und technologische Vertiefung. Im Folgenden werden die fünf Forschungsfelder des Geschäftsfelds und Lösungsansätze zum Thema *Kollaboration und digitale Werkzeuge* vorgestellt.

Forschungsfelder des Geschäftsfelds Virtuelle Produktentstehung

1. **Produktentwicklungsmethoden und -prozesse:** Analyse und Synthese von Produktentstehungsprozessen sowie Teilprozessen aus methodischer und organisatorischer Sicht; Workflowmanagement; Prozess- und Projektmanagement
2. **Produktgestaltung und funktionale Absicherung:** Modellierung von Produkteigenschaften und -merkmalen (Anforderungen, Strukturen, Funktionen, Geometrierstellung, -verarbeitung und -reparatur, Qualität digitaler Daten, ...)
3. **Intuitive Interaktion mit virtuellen Prototypen:** Kontextsensitive Bereitstellung von Informationen für die unterschiedlichen Szenarien und Akteure in der Produktentstehung (Entwickler, Planer, Manager, Analysten etc.)
4. **Informationsmanagement für die Produktentstehung:** Erfassung, Verwaltung, Aufbereitung und Bereitstellung von Informationen, die im Produktlebenslauf generiert und in der Produktentstehung genutzt werden
5. **Methoden der digitalen Fertigungs- und Fabrikprozesse:** Modellierung von Fertigungsprozesseigenschaften und -merkmalen (Produkt, Fertigungs-/Montageprozess, Betriebsmittel, Fabriklayout, ...) im Rahmen der Produktentstehung und phasenbezogener Abgleich der jeweils abgebildeten Prozesse mit den definierten Zielsetzungen

Lösungen für die Kollaboration und neue digitale Werkzeuge

Innerhalb der Forschungsfelder werden Schwerpunktthemen beforscht, die einen Beitrag zu effizienter Kollaboration leisten sollen. Dazu zählen aus Sicht der *Informations- und Prozessteuerung* unter anderem: *PDM/PLM, Collaborative Engineering, Systems Engineering, Product-Service Systems (PSS) Engineering, die digitale Unterstützung für die Instandhaltung und das Konfigurationsmanagement.*

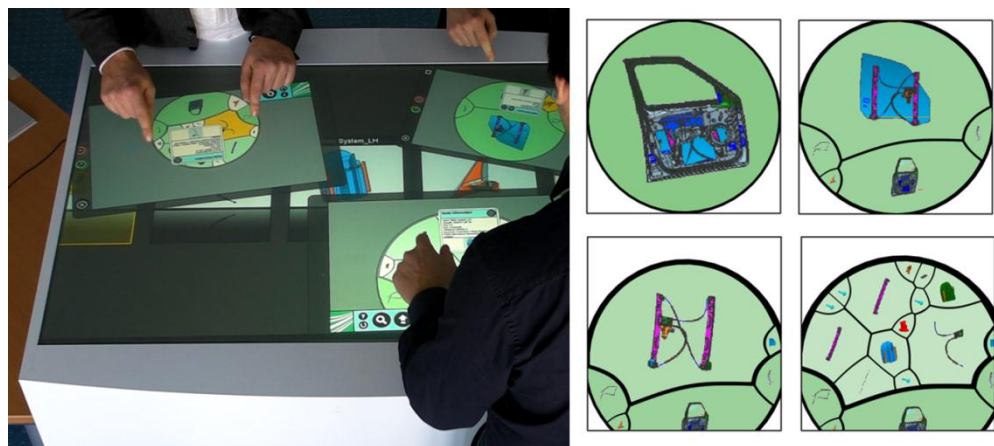
Einige der Lösungsansätze seien im Folgenden beschrieben:

- *Kollaborative, interdisziplinäre, interaktive Design Reviews am Multitouch-Tisch:* Mittels einer Multitouch-Applikation wird die Navigation in Produktstrukturen in Entscheidungsprozessen anschaulicher gestaltet, indem die Inhalte der Produktstruktur in einer Kachelansicht aufbereitet werden. Über die Ebene der Hauptbaugruppen kann über einfache Fingergesten auf der Oberfläche des Multitouch-Tisches in tiefere Ebenen der Produktstruktur navigiert werden. Bauteile können schließlich in einer dynamischen 3D-Ansicht angesehen werden. Ein Freigabe-Workflow ist hinterlegt, sodass einzelne Baugruppen schrittweise nacheinander freigegeben oder zur Wiedervorlage zurückgehalten werden können. Die Applikation vereinfacht die Review-Situation und ermöglicht auch für Entscheider ohne PDM- und CAD-Kenntnisse den spielerisch-einfachen Umgang mit den Produktmodellen. Mehrere Teilnehmer können gleichzeitig am Review teilhaben und sich aktiv einbringen. Näheres s. Abb. 32.
- *Ad-hoc Kollaboration:* Es wurde eine prototypische Lösung entwickelt, die eine Kombination aus Screensharing und der lokalen Visualisierung bei jedem Teilnehmer umsetzt. Im Gegensatz zum Screensharing wird jedoch nicht das gesamte Programmfenster oder der ganze Desktop übertragen, sondern nur das 2D-Abbild des gerenderten 3D-Modells, das mit den Bildern aller Teilnehmer überlagert wird. Eine korrekte Überlagerung ist notwendig, damit jeder Teilnehmer den visuellen Eindruck des gesamten Produktes korrekt wahrnehmen und Zusammenhänge und Abstände zwischen den Bauteilen richtig interpretieren kann. Um diese korrekte Überlagerung zu erreichen wird ein sog. Tiefenbild mit übertragen. Alle Teilperspektiven werden dann zu einer vollständigen Modellansicht zusammen gerechnet. Die Einzelnen Teilhaber sehen dann die vollständige Baugruppe dynamisch vor sich, können aber nur in ihrem privaten Teil der Baugruppe auf Struktur und Parametrik zugreifen. Somit bleiben vertrauliche Informationen bei den jeweiligen Teilhabern, jeder Anwender kann sein eigenes CAD-System oder einen Webbrowser während des Reviews einsetzen und verteilte Besprechungen können ad-hoc gestartet werden. Dieser Ansatz ermöglicht so eine Kollaboration, die alle Teilnehmer gleichermaßen integriert, praktisch keine Vorlaufzeit erfordert sowie das geistige Eigentum weitestgehend schützt. Es wurde untersucht, auf welche Weise sich CAD-Systeme beliebiger Hersteller koppeln lassen, um diese zur Kollaboration einzusetzen. Resultat dieser Untersuchung ist eine prototypische Koppelung zwischen zwei am Markt verfügbaren CAD-Systemen sowie dem eigenen Werkzeug. Diese Systeme können ihre jeweilige Ansicht mit den anderen teilen. Eine Integration der Screensharing-ähnlichen

Lösung, die oben beschrieben ist, wird angestrebt, verlangt jedoch nach einer größeren Öffnung der Schnittstellen zu den kommerziellen Programmen.

- *Engineering of (industrial) Product-Service Systems (PSS)*: Für interdisziplinäre Entwicklung neuer Lösungen werden neue Vorgehensmodelle definiert und industriell abgesichert. So wurde bspw. auch ein Vorgehensmodell spezifiziert, dass zur integrierten Entwicklung von Sach- und Dienstleistungen dient. Das Ziel ist die Entwicklung integrierter Lösungen, die Sach- und Dienstleistungen zu einem Leistungsbündel verbinden und damit neuartige Geschäftsmodelle ermöglichen. [MÜLLER AND STARK, 2010]
- Für die Kollaboration werden weiterhin Vorgehensweisen für *den* *Zuschnitt von Entwicklungsmethodiken* erforscht, wobei Randbedingungen wie Branche, Unternehmen, Produkt und Projekt Einfluss nehmen. Das prozessbasierte Projektmanagement in der interdisziplinären Entwicklung von Product-Service Systems ist bspw. ein weiterer Baustein zur operativen, IT-Werkzeug-gestützten Unterstützung des kollaborativen Projektmanagements. [NGUYEN ET AL., 2012]

Abb. 32 Design Review und Navigation in Produktstrukturen mittels Multitouch



Modellbildung zur Bewertung der Kollaboration

Neben der theoretischen Beschreibung von Kollaborationsfähigkeit, vgl. Abschnitt 1.3, ist es ungleich schwerer eine Metrik zur Messung von Kollaborationsfähigkeit zu definieren. Für die Bewertung der Fähigkeit zur kollaborativen Produktentwicklung muss eine solche Metrik nicht nur die Zusammenarbeit als solche, sondern auch die typischen Anwendungsfälle der Produktentwicklung berücksichtigen. Dazu gehören Aspekte der Projektdurchführungspraktiken, Hintergründe zu Lieferketten und der Orchestrierung spezialisierter Engineering-Gewerke. Fragenstellungen über die Abwicklung von Änderungsprozessen (Engineering Change), den Datenaustausch über Grenzen in Unternehmensnetzwerken hinweg und Flexibilität bei der Einrichtung temporärer Partnerschaften bedingen die Modellbildung. Insbesondere die Fragen und Antworten zum Werkzeugeinsatz während des Produktdatenaustausches, zu den Prozessvorgaben und dem Projektmanagement liefern hier wichtige Anhaltspunkte.

Für die Bewertung von Kollaborationsfähigkeit, also der Fähigkeit effizient mit Partnern zusammenzuarbeiten, soll auf Basis der Erkenntnisse aus der Studie daher ein neues Modell im Rahmen weiterer Forschungsaktivitäten am IPK aufgebaut werden. Dieses basiert wie eingangs erwähnt auf den Dimensionen *Koordination, Kommunikation und Wissensintegration* [STEINHEIDER, 2001] und ergänzt die *Informationslogistik*. In den jeweiligen Dimensionen (Skalen) finden sich einzelne Messgrößen (Items), die über einzelne Fragen erfasst und aggregiert werden können. Dazu zählen Messgrößen, die sich bspw. auf die Organisation der Projektarbeit, das Klima der Kommunikation, die Verwendung von ähnlichen Begrifflichkeiten und Modellen oder die Ausbaustufen der IT-Bebauung im Unternehmen und mit Partnern beziehen können. Inspirationen und Vorarbeiten finden sich u.a. in [STEINHEIDER, 2001; STEINHEIDER ET AL., 2009; HEISIG ET AL., 2010; MAIER ET AL., 2006; ROBINSON, 2010]. Dabei wird auch auf weitere PLM-Studien zurückgegriffen, um aus diesen wichtige Erkenntnisse über zukünftige PLM-Anwendungsfälle [ABRAMOVICI ET AL., 2009] und PLM-Strategien [RAAD RESEARCH, 2011] zu nutzen.

Diese Studie liefert mit ihrer breiten Datenbasis aus der Praxis einen exzellenten Startpunkt für weitere Arbeiten zur Untersuchung der Kollaboration in industriellen Entwicklungsprozessen.

7.4

Entscheidungspunkte für PLM-Vendoren und Anwender

Hinter der Fähigkeit effiziente Kollaboration zu betreiben, steht auch die Frage nach Umsetzung von PLM-Lösungen im Unternehmen und darüber hinaus. Es stellt sich die Frage, wie zukünftig der PLM-Betrieb bzw. die »PLM Factory« in Unternehmen aufrecht gehalten und effizienter gefahren werden kann:

- *Betreibermodelle:* Welche Betreibermodelle werden sich zukünftig für PLM-Lösungen ergeben müssen? Welche Funktionalitäten müssen permanent oder temporär über lokale Dienste oder die Cloud bereit gestellt werden? Wie kann ein schnelles »Hochfahren« von Kollaborationslösungen für neue Projekte mit externen Partnern geschehen? Wie kann dem Schutz eigenen Wissens trotz steigender Vernetzung auch zukünftig Rechnung getragen werden?
- *Durchgängigkeit:* Wie weit kann und muss die Durchgängigkeit zwischen PDM-Ansätzen im Lebenszyklus eines Produkts gehen? Wie weit muss ein PLM-Ansatz tatsächlich ausgefahren werden, um ein durchgängiges Lebenszyklusmanagement und Konfigurationsmanagement für instandhaltungsreiche Investitionsgüter und neue Geschäftsmodelle zu ermöglichen? Wie weit muss PLM nach SOP (Start of Production) tatsächlich reichen?
- *Ausbaustufen:* Wie sollten PLM-Konzepte generell ausgebaut werden? Wann sind schlanke, dedizierte Lösungen gefordert, wann im Gegensatz dazu umfassende PLM-Lösungen, die eine Vielzahl von Prozessen und Teilhabern bedienen?
- *Automatisierung und PLM-Intelligenz:* Wie viel Automation und Intelligenz wird zukünftig von PLM-Lösungen gefordert sein, damit der PLM-Betrieb den einzelnen Ingenieur nicht überfordert, sondern ihn spürbar entlastet?

Diesen und weiteren schweren Fragen haben sich PLM-Vendoren und -Anwender sowohl in großen Unternehmen als auch in KMUs zu stellen. Ein Standardvorgehen, welches alle Anforderungen bedient, wird kaum zu finden sein, wie auch aktuelle Entwicklungen in der Industrie zeigen. In den Branchen finden sich unterschiedliche Zielsetzungen hinsichtlich Zuliefererintegration, markenübergreifender Design-Strategien innerhalb von Konzernen, durchgängiger Prozesse von Produktentstehung und digitaler Produktionsplanung und der Verbindung von Produktentwicklung und MRO (Maintenance, Repair, and Overhaul). Hier zeigen sich deutliche Unterschiede bei den großen PLM-Abnehmern. Während der Automobilbau vorwiegend steigende Konfigurationsmöglichkeiten / Variantenanzahlen der Produkte bewältigen muss, legt der Maschinen- und Anlagenbau eher Wert auf eine Durchgängigkeit für das Produkt- und Service-Datenmanagement aus frühen und späten Phasen des Produktlebenszyklus.

7.5

Nutzen der anwendungsnahen Forschung

Ausblick auf zukünftige
Entwicklungen

Um die zukünftigen Herausforderungen und innovative Lösungsansätze für PLM-Lösungen schlagkräftig bearbeiten zu können, wird die Zusammenwirkung von Forschung, Industrie und Gremien als wichtiges Bindeglied gesehen. Wie auch in dieser Studie ist weiterhin die Beteiligung der Endanwender von größter Bedeutung, sowohl im Sinne von Einzelpersonen als auch im Sinne der Beteiligung von Unternehmen. Die Erprobung neuer PLM-Konzepte kann in Experimentalumgebungen durch die Zusammenarbeit von PLM-Anbietern und Forschungseinrichtungen wertvolle Hinweise auf die Innovationskraft und Anwendbarkeit neuer Konzepte liefern. Die Teilhaber dieser Studie unterstützen solche Konstellationen der anwendungsnahen Forschung und laden weitere Partner zur Mitwirkung ein.

Über die Studie hinaus besteht die Überlegung, Anschlussstudien in regelmäßigen Abständen zu wiederholen und ggf. auf die europäische oder internationale Ebene auszuweiten.

This summary provides theoretical background and selected results of the study »Collaboration and digital Engineering Tools«. In order to preserve consistency with other publications of results, elements of the scientific paper [MÜLLER ET AL., 2012] have been reused here with minor modification and extension. Anyhow, this executive summary does not replace or copy the scientific paper. Readers are recommended to look up the paper available at Springer.

(Citation quotes are not used in this executive summary.)

8.1

Introduction

Product creation is facing the next level of fundamental changes and severe challenges in terms of collaboration and information management. Global demands are growing substantially to achieve energy efficient and sustainable value creation networks for production, products, and services without compromising traditional success factors such as time to market, cost, and quality.

In order to stay competitive under such conditions, collaboration partners in industry and public sectors will require new interplay solutions for engineering design execution, domain knowledge representation, expert competence utilization, and digital assistance systems; for further details see [STARK ET AL., 2010].

Product development is characterized by cross-company collaboration and an intensive exchange of product data. Engineers typically apply a multitude of digital engineering tools and act in diverse engineering processes. Finally, efficient collaboration amongst companies and disciplines is a key for successful engineering of complex systems, variant-rich systems, and customized products and needs for efficient application of digital engineering tools. Process standards on the one hand and tools for virtual product creation on the other hand play a major role in engineering practice. Product Data and Lifecycle Management (PDM/PLM) and process standards are central means to enable and control information exchange amongst (internal and external) collaboration partners. Anyhow, the supply chain and engineering competencies are distributed in terms of location, discipline, etc.

Finally, the product development process cannot be carried out by individual product developers [EHRENSPIEL, 2009; EIGNER AND STELZER, 2009; GAUSEMEIER ET AL., 2006; KERN, 2005]. There is a growing need for a collaborative product development process. This allows collaboration across domains, organizational boundaries and product development phases including a consistent consideration of customer requirements and restrictions from the entire product lifecycle [EHRENSPIEL, 2009; LU ET AL., 2007; WILLAERT, 1998]. Collaboration capability across individuals, teams, and organizations becomes a key engineering work skill in both directions: horizontally along the phases of the PDP (Product Development Process); vertically along the supply chain and between disciplines. The following figure is summarizing such aspects.

This scenario is challenging for engineers performing their daily tasks and for vendors of virtual product creation tools at the same time. To analyse this setup from a neutral and scientific perspective the »Study on collaborative product development and digital engineering tools« has been carried out in German industry by three partners: firstly, the Division Virtual Product Creation of the Fraunhofer Institute for Production Systems and Design Technology IPK (Berlin, Germany), a research institution; secondly, CONTACT Software (Bremen, Germany), a PLM solution vendor; thirdly, the VDI (Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, Germany), an important association of German engineers.

8.2

The study in brief

Within the study, the »culture« of today's collaborative product development is investigated in significant detail. The target of this study is to gain deep insight into dependencies of collaboration influencing factors, to develop a model to assess collaboration in industrial product creation processes and to derive indication for improvement of digital engineering and collaboration tools.

The questions were:

- How do engineers work today?
- Which tasks play a major role in their daily business?
- How much time is remaining for core engineering tasks like design, calculation and design validation?
- How do engineers assess their workplace (environment)?
- Where are opportunities for an enhancement of processes and digital engineering tools?

In total, 1,401 engineers answered the questionnaires. Amongst the 1,401 respondents, approximately 23% development engineers and 27% project leaders contributed with their practical experience. Managing directors (7%), team leaders (22%), department leaders (13%) and engineering practitioners from IT and process development departments (8%) participated as well. Some represented more than one job role. More than 50% of all returning questionnaires came to almost equal proportion from the branches automotive engineering and mechanical and plant engineering. Throughout the branches aviation and aerospace, energy technologies, electrical engineering and industry, chemical and process engineering, plastics engineering, medical engineering, IT services in engineering, and engineering services there was a satisfying distribution.

Interesting findings are related to collaborative engineering and engineering design, Product Data and Lifecycle Management (PDM/PLM), virtual product creation, information and process management, and new media in engineering design. The results are structured according to four main analysis fields:

- Work labour
- Collaboration processes
- Tool usage
- Future ideas

This study shows that from an engineers' point of view there is a lack of time for concentrated work on core tasks of technical development such as designing and approving new systems or system components. It cannot be intended that engineers become servants of digital tools. Instead, there is a need for reforming work practices in engineering in order to exploit the potentials of digital engineering tools and to get more time for creative and task-oriented work. This includes specially the correct use of available tools.

In development projects today, task of administration and coordination request a permanent rising amount of work and repress time for creative and design tasks. At the same time, development tools and PLM solutions have a tendency to become more functional but also complex. This dilemma is a severe challenge, which lacks awareness in upper management levels in industry. Furthermore, there is no other way than an enhanced tool support to manage compliance requirements and rising demands of multidisciplinary development of mechatronic products. The idealized development organisations of the future require PLM functions that are customized dynamically for different user roles with different needs for the management of product data and engineering processes.

The *technical development competence* is a significant competitive factor, which is threatened to get repressed. The effort for communication and coordination is dominating to considerable extent. A true in-depth investigation and application of complex and feature-rich CAx tools is not any more possible for most engineers. Although system integrators outsource development tasks to large extent they bear the responsibility for system integration and functional approval (validation and verification) on a system level. This competence is essential and may lack care and development if there is a lack of time. This finally may result in a high risk. The shift of technical competence causes doubtful thought.

8.4 Facts and figures

The next paragraphs provide selected results in form of facts in order to give an overview of the situation captured by the study. The following findings, given in percentages, apply to the whole of the answers.

One first important finding is related to the significance of the different digital tools. Approximately 76% of the participants answered that the use of e-mail has high relevance for their daily work. This fact draws a parallel to the amount of time for communication, coordination, and arranging things with colleagues and partners (only approximately one third takes less than 20% of working time for this task). Focussing at engineering tools it becomes clear that CAX systems (CAD/CAE/CAM) are much more applied than PDM and ERP systems. Looking at these systems, a difference between the automotive industry and other branches becomes tangible. Engineers in the automotive industry appreciate the personal as well as the company support by PDM and ERP systems. Engineers in other branches are less convinced.

Engineers spend most time at the typical office workplace or in meeting rooms – 67% of the respondents work more than 40% of working time in their office and labs. Only 6% work more than 20% of their time at home. Only 5% work more than 20% of their working time during travelling. Even working at customer/supplier sites is more likely an exception (just 14% spend there more than 20% of their working time) – nevertheless many engineers wish to have a better support of mobile working.

Currently, the collaboration is mainly happening inside the companies – between 70 and 80% answered that their internal collaboration is (very) intensive. Collaboration with partners and suppliers is less intensively performed – between 50 and 70% said that their external collaboration happens sometimes or almost never.

Considering the high amount of outsourcing in the industry, one would expect higher amount of time spent for collaboration with external partners. Nevertheless, almost all participants (86%) liked to work with partners, suppliers and customers on the same data basis.

In automotive industry and all other branches as well, a still surprisingly much product data is predominantly exchanged with customers via e-mail. This is interesting, because security concerns in opposite dominate IT policies in many companies. The possibility to digitally define and execute (engineering) workflows, which include customers, partners and suppliers, is ranked as (very) helpful by 76% of all respondents.

As specially wearing most engineers selected the acquisition of needed information (71%), and the capturing of data and other routine tasks (48%), although such tasks do not consume a large proportion of time (approx. 63% said that this is less than 20% working time). Independent of available management solutions, just round about the half of all participants estimated that the data necessary for their work is available in time (57%) and in an adequate

form (48%). Especially in case of belated changes, 51% of all participants feel informed not early enough.

High potential for improvement is seen in the area of information logistics: Still almost all (97%) miss a project management, which brings more transparency to responsibilities, work amount and project progression. This in turn not just applies to running projects. Many (49%) criticize that results and experiences of earlier projects a comparably difficult to find and access. This is not astonishing, because there is hardly any time available or taken for systematic knowledge management. 58% say that knowledge management (project reflection, lessons learnt) is done in less than 10% of working time. The majority, 87%, finally thinks that Google-like tools to search in all enterprise data would be (very) helpful.

A use of social networks for an exchange of engineering process and product information is still regarded sceptically. Social networks within the company are regarded as (less) useless by 60% and solutions within enterprise networks are regarded as (less) useless by 63%.

8.5

Summary

This report presents and discusses results of the study for practitioners and researchers. In brief, the study shows that the work labour / work situation is acceptable in terms of equipment, but limited in terms of time for efficient use of equipment. One reason is the high amount of time needed for communication and coordination constraining core engineering tasks such as design and design validation.

For the process control, the asked engineers have got clear expectations about standardization and transparency. Nevertheless, there is a lack for time for »free work« and concentration to fulfil technical core development tasks (such as geometric design and design approval). Nevertheless, there is a desire for a higher degree of direct and personal contact in collaboration processes.

Furthermore, the study results uncover a hint for a contradiction: Although the relative majority perceive PMD systems as good support, they use other solutions as data exchange platforms. In other words: today's installed base of PDM systems as closed solutions is not sufficient to meet the collaboration needs. There is a direct need for action and solution development. Thus, large potential is expected for an application of stage-to-stage, i.e. gradually packaged PLM solutions. The use of e-mail for an exchange of product data, including also CAD data, is appallingly high although PDM systems benefit from an acceptance, which is already a good but still offering big opportunities for development.

The assessment of »future ideas« is enlightening in terms of direct needs of the engineers. The »classic« topics such as aligned use of identifiers and numbers still dominate the needs. Process supporting technologies follow closely and enjoy support. Approaches such as social media for product creation still lack confidence.

Executive summary

- ABRAMOVICI, M., BELLALOUNA, F. and NEUBACH, M. 2009. Delphi Studie PLM 2020, Experteneinschätzungen zur zukünftigen Entwicklung des Lifecycle Managements. ITM, Ruhr-Universität Bochum.
- ANDERL, R., EIGNER, M., SENDLER, U. and STARK, R. (eds.) 2012. *Smart Engineering, Interdisziplinäre Produktentstehung (acatech DISKUSSION April 2012)*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- EHRLENSPIEL, K. 2009. *Integrierte Produktentwicklung*, München, Wien, Carl Hanser Verlag.
- EIGNER, M. and STELZER, R. 2009. *Product Lifecycle Management, Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management*, Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- FLICK, U. 2011. *Triangulation, Eine Einführung*, VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- GAUSEMEIER, J., HAHN, A., KESPOHL, H. D. and SEIFERT, L. (eds.) 2006. *Vernetzte Produktentwicklung, Der erfolgreiche Weg zum Global Engineering Networking*: Carl Hanser Verlag.
- GRIEVES, M. 2006. *Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking*, New York, USA, McGraw-Hill.
- HEISIG, P., CALDWELL, N. H. M., GREBICI, K. and CLARKSON, P. J. 2010. Exploring knowledge and information needs in engineering from the past and for the future e results from a survey. *Design Studies*, 31, 499 - 532.
- KERN, E.-M. 2005. *Verteilte Produktentwicklung - Rahmenkonzept und Vorgehensweise zur organisatorischen Gestaltung*, Berlin, GITO-Verlag.
- KRAUSE, F.-L., FRANKE, H.-J. and GAUSEMEIER, J. (eds.) 2007. *Innovationspotentiale in der Produktentwicklung*: Carl Hanser Verlag.
- LU, S. C.-Y., ELMARAGHY, W., SCHUH, G. and WILHELM, R. 2007. A scientific foundation of collaborative engineering.
- MAIER, A. M., ECKERT, C. M. and CLARKSON, P. J. 2006. Identifying requirements for communication support: A maturity grid-inspired approach. *Expert Systems with Applications*, 31, 663–672.
- MAIER, A. M., MOULTRIE, J. and CLARKSON, P. J. 2012. Assessing Organizational Capabilities: Reviewing and Guiding the Development of Maturity Grids. *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*, VOL. 59, No. 1, February 2012, 138-159.
- MEIER, H., ROY, R. and SELIGER, G. 2010. Industrial Product-Service Systems - IPS2. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Manufacturing Technology 59 (2010), 607–627.
- MEIER, H. and UHLMANN, E. (eds.) 2012. *Integrierte Industrielle Sach- und Dienstleistungen – Vermarktung, Entwicklung und Erbringung hybrider Leistungsbündel*: Springer Vieweg.
- MÜLLER, P., PASCH, F., DREWINSKI, R., BEDENBENDER, H., HAYKA, H. and STARK, R. 2012. Study on Collaborative Product Development and Digital Engineering Tools. In: RIVEST, L., BOURAS, A. and LOUHICHI, B. (eds.) *Product Lifecycle Management. Towards Knowledge-Rich Enterprises. (IFIP WG 5.1 International Conference, PLM 2012)*. Montreal: Springer.
- MÜLLER, P. and STARK, R. 2010. Generic PSS Development Process Model. *DESIGN Conference*. Dubrovnic, Coratia: The Design Society.
- NGUYEN, H. N., MÜLLER, P. and STARK, R. 2012. Transformation towards an IPS2 business: A deployment approach for process-based PSS development projects (in print). *The 4th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems*. Tokyo, Japan.
- PASCH, F., MÜLLER, P., HAYKA, H., STARK, R. and JOCHEM, R. 2013. Anforderungen an Kollaborationen zur Sicherung der Prozess- und Produktqualität in der

- Entwicklung. In: JOCHEM, R. and RÖBLE, D. (eds.) *Qualitätsmanagement nachhaltig gestalten und umsetzen, Bericht zur GQW-Jahrestagung 2013 in Berlin*. Berlin.
- RAAD RESEARCH 2011. Product Lifecycle Management Deutschland 2012, PLM-Markt 2012, Integrierte Lösungen vs. offene Systeme (Study). Hoppenstedt Firmeninformationen GmbH - Geschäftsbereich RAAD Research.
- ROBINSON, M. A. 2009. Work Sampling: Methodological Advances and New Applications. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 20, 42–60.
- ROBINSON, M. A. 2010. An empirical analysis of engineers' information behaviors. *Journal of American Society for Information Science and Technology*, 61(4), 640–658.
- SCHNEIDER, L. 2012. Grenzüberschreitende Suche nach IT-Fachkräften. *VDI nachrichten*.
- STARK, J. 2006. *Product Lifecycle Management, 21st century paradigm for product realisation*, London, Springer-Verlag.
- STARK, R., HAYKA, H., ISRAEL, J. H., KIM, M., MÜLLER, P. and VÖLLINGER, U. 2011. Virtuelle Produktentstehung in der Automobilindustrie. *Informatik Spektrum*, 1/2011, 20-28.
- STARK, R., KRAUSE, F.-L., KIND, C., ROTHENBURG, U., MÜLLER, P., HAYKA, H. and STÖCKERT, H. 2010. Competing in Engineering Design - the Role of Virtual Product Creation. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 3/2010, 175–184.
- STEINHEIDER, B. 2001. Supporting the co-operation of R&D-teams in the product development process. *Proceedings of the 5th conference on engineering design and automation* Las Vegas, Nevada.
- STEINHEIDER, B., BAYERL, P. S., BROMME, N. M. and BROMME, R. 2009. Entwicklung und Validierung einer Skala zur Erfassung von Wissensintegrationsproblemen in interdisziplinären Projektteams (WIP). *Zeitschrift für Arbeits- u. Organisationspsychologie*, 53 (N.F. 27) 3, 121 – 130.
- STIEHLER, A. 2010. Einsatz externer Ingenieure 2010 - Eine Bedarfsanalyse, Eine empirische Studie von Berlecon Research im Auftrag von Hays.
- WILLAERT, S. S. 1998. Collaborative engineering: A case study of concurrent engineering in a wider context. *Journal of Engineering and Technology Management*, 15(1), 87–109.

Fragen aus dem Online-Fragebogen

Diese Auflistung zeigt die wesentlichen Fragen aus dem Online-Fragebogen. Es sind hier jedoch keine Kategorien gebildet worden. Ebenso sind auch nicht alle Antwortoptionen im Detail aufgeschlüsselt.

- Wie viele Mitarbeiter beschäftigt das Unternehmen, in dem Sie arbeiten?
- Wie viele Mitarbeiter sind in der Entwicklung tätig?
- Wie hoch ist der Jahresumsatz ungefähr?
- Wie lange ist das Unternehmen bereits auf dem Markt tätig?
- In welcher Branche ist das Unternehmen hauptsächlich aktiv?
- Bitte nennen Sie die wichtigsten (Dienst-)Leistungen bzw. Produkte des Unternehmens:
- Wo in der Lieferkette ist Ihr Unternehmen hauptsächlich aufgestellt?
[OEM / Systemintegrator; Systemlieferant; Komponenten- / Modullieferant; Prozessberatung / IT-Dienstleistung; Sonstige industrielle Dienstleistung]
- Welchen Abschluss haben Sie in Ihrer Berufsausbildung erworben?
[Geselle; Meister; Hochschulabschluss; Hochschulabschluss mit Promotion; Fachrichtung (bitte angeben)]
- Berufserfahrung in Jahren:
- In welcher Position arbeiten Sie?
[Geschäftsführung; Abteilungsleitung; Teamleitung; Projektleitung; Fachspezialist Entwicklung; Fachspezialist Prozesse / IT; Stellenbezeichnung (optional)]
- Welcher Disziplin ordnen Sie sich zu?
[Mechanik; Mechatronik; Elektrotechnik / Elektronik; Regelungstechnik; Software; Sonstiges]
- Welche fachlichen Aufgaben bearbeiten Sie hauptsächlich?
[Produktplanung und -management; Projektleitung; Organisation und Prozessentwicklung; Systemadministration für CAx und andere IT; Vorentwicklung; Systementwurf; Konzeptentwicklung; Berechnung und Simulation; Konstruktion (Details, Zeichnungserstellung); Musterbau, Versuch und Test; Betriebsmittelkonstruktion; Fertigungsplanung; Software-Programmierung; Design für Elektrik / Elektronik; Dokumentation; Sonstige; Ergänzung (optional)]

- Mit welchen Werkzeugen arbeiten Sie hauptsächlich?
[PDM (Produktdaten-Management); ERP (Enterprise Resource Planning); CAD / CAM / CAE; Office Werkzeuge (ohne E-Mail); E-Mail; Recherche im Internet; Recherche im Unternehmens-Intranet; Kommunikationswerkzeuge (Telefon, Web-Konferenzen, Soziale Netzwerke); Sonstiges wichtiges Werkzeug]
- Sofern Sie ein PDM- oder ERP-System häufig nutzen, bewerten Sie bitte folgende Aussagen:
 - Das System unterstützt mich persönlich sehr gut
 - Das System unterstützt die Anforderungen unseres Unternehmens insgesamt sehr gut
- Wo arbeiten Sie in welchem Umfang?
[Im Büro / Im Labor im Unternehmen; Besprechung im eigenen Unternehmen; Von zu Hause aus; Bei Kunden, Lieferanten und Partnern; Baustelle, im "Feld"; Auf Reisen]
- Welchen zeitlichen Anteil an Ihrer täglichen Arbeit nehmen folgende Tätigkeiten ein?
[Kernaufgaben wie Entwickeln, Konstruieren und Absichern; Ergebnisse prüfen und freigeben; Erfassen von Daten und Routineaufgaben erledigen; Kommunizieren, Koordinieren und sich abstimmen; Wissensmanagement (Reflexion, Lessons learned); Unterlagen und Informationen suchen und beschaffen]
- Bewerten Sie die Aufgabenblöcke hinsichtlich Ihrer Kreativität, Formalisierung und der persönlichen Wahrnehmung:
 - Welcher Aufgabenblock ist für Sie am kreativsten?
 - Welcher Aufgabenblock ist für Sie am stärksten formell geprägt?
 - Welcher Aufgabenblock ist für Sie am belastendsten?
 - Welcher Aufgabenblock bereitet Ihnen am meisten Freude?
- Bewertung der Aussage: Für die eigentliche Kernaufgabe - Lösen technischer Problemstellungen - rund um die Produktentwicklung ...
 - ... steht mir ausreichend Zeit zur Verfügung.
 - ... steht mir die richtige Arbeitsumgebung (Räumlichkeiten, Hilfsmittel, etc.) zur Verfügung.
- Haben Sie einen ergänzenden Kommentar zu Frage 18 (vorangegangene Frage)?
- Welche Möglichkeiten nutzen Sie vorrangig, um CAD- und Produktdaten mit Ihren Kunden auszutauschen?
[Zugang zu einer speziellen Datenaustauschplattform des Kunden; Automatisierter Nachrichtentransfer (EDI, OFTP, etc.); Zugang zum PDM / ERP des Kunden; E-Mail; Sonstiges (bitte angeben)]

- Welche Möglichkeiten nutzen Sie vorrangig, um CAD- und Produktdaten mit Ihren Zulieferern und Ingenieurdienstleistern auszutauschen?
[eigene spezielle Datenaustauschplattform; eigenes PDM / ERP, offen für Lieferanten; Datenträger (CD, Papierzeichnungen, etc.); E-Mail; Sonstiges (bitte angeben)]
- Welche Möglichkeiten nutzen Sie vorrangig, um CAD- und Produktdaten mit anderen Abteilungen im eigenen Unternehmen auszutauschen?
[PDM-System; ERP-System; Netzlaufwerke; E-Mail; Intranet Publikationsplattformen wie z.B. SharePoint, Lotus Notes, etc.; Sonstiges (bitte angeben)]
- Mit wem arbeiten Sie in welchem Umfang zusammen?
[mit der eigenen Abteilung; mit anderen Abteilungen; mit Zulieferern und Ingenieurbüros; mit Kunden; mit Partnern]
- Bewerten Sie bitte folgende Aussagen zu Ihrem Arbeits- und Kommunikationsumfeld
 - Die Ziele für meine Aufgaben sind klar formuliert.
 - Die formalen Anforderungen an meine Arbeit sind durch Standards, Regeln usw. gut für mich nachvollziehbar.
 - Die zu beachtenden Regeln und Formalismen lassen mir genügend Freiraum für meine Arbeit.
 - Mir steht eine gute Infrastruktur zur Bearbeitung der für mich wichtigen Prozessabläufe zur Verfügung.
 - Die laufende Abstimmung mit anderen Team- und Projektmitgliedern funktioniert einwandfrei.
 - Ergebnisse und Erfahrungswissen aus bisherigen Projekten sind für mich leicht zugänglich.
- Bitte beurteilen Sie, wie gut Sie mit den Informationen für Ihre Aufgaben versorgt werden
 - Die für mich wichtigen Daten stehen mir vollständig zur Verfügung.
 - Die Daten stehen mir rechtzeitig zur Verfügung.
 - Die Daten stehen in der richtigen Form bereit, so dass ich damit sofort arbeiten kann.
 - Die Abstimmung und Einhaltung von Schnittstellen zu anderen im Team oder im Projekt funktioniert sehr gut.
 - Über nachträgliche Änderungen, die meine Aufgaben betreffen, werde ich rechtzeitig informiert.
- Beurteilen Sie bitte die folgende Aussage:
 - Verfahrensanweisungen beachte ich immer genau.
 - Unsere Verfahrensanweisungen sind praxisgerecht.
 - Unsere Verfahrensanweisungen sind einfach anzuwenden.
 - Der Sinn und Zweck unserer Verfahrensanweisungen ist klar.

- Wie bewerten Sie den Nutzen der folgenden Funktionen und Zukunftsideen für Ihre Arbeit?
 - Google-ähnliche Suche über alle Daten in Ihrem Unternehmen
 - Nutzung von IT-Services aus der Cloud
 - Interne »Soziale Netzwerke« und Diskussionsforen für den Austausch im Unternehmen rund um Ihre Arbeit
 - "Soziale Netzwerke" und Diskussionsforen für den Austausch mit Kunden, Partnern und Lieferanten
 - Spracheingabe statt Maus und Tastatur bei der Systembedienung
 - Mobiles Arbeiten unterwegs, beim Kunden, etc., auch »offline« mit allen Daten, die man im Unternehmen zur Verfügung hat
 - Verfügbarkeit Ihrer Daten auf mobilen Endgeräten wie Smartphones
 - Arbeiten mit Kunden, Partnern und Lieferanten auf einer gemeinsamen Datenbasis
 - Gemeinsame CAx-Datenformate mit Kunden, Partnern und Lieferanten
 - Workflows, die Sie selbst ad hoc formulieren und anpassen können
 - Workflows, die auch Kunden, Partner und Lieferanten einschließen
 - Gemeinsame Begriffe, Bezeichner und sprechende Nummern usw., unter denen im Unternehmen jeder das gleiche versteht
 - Darstellung von Änderungen und Änderungsmarkierungen ("Redlining") direkt in der 3D-Geometrie und in den Zeichnungen
 - Transparentes Projektgeschehen: Wer, Was, Wann, Projektfortschritt
- Ihr dringlichster Wunsch, wenn es um die Verbesserung der Zusammenarbeit im Unternehmen bei der Produktentwicklung geht?
- Fragen zum Fragebogen allgemein, zum Kontakt etc.

Abbildungen

Abb. 01 Digitale Werkzeuge in der Produktentwicklung	20
Abb. 02 Studiendesign	29
Abb. 03 Themenfelder der Auswertung	30
Abb. 04 Demographie im Überblick	36
Abb. 05 Zeitanteile der Aufgaben im Ingenieur-Alltag	38
Abb. 06 Zeitanteile der Aufgaben von Fachexperten der Entwicklung.....	38
Abb. 07 Zeitanteile der Aufgaben von Entwicklern und Projektleitern im Vergleich.....	39
Abb. 08 Bewertung der Zeit und Arbeitsumgebung für die Kernaufgaben der Entwicklung	40
Abb. 09 Bewertung der Zeit und Arbeitsumgebung durch die Fachspezialisten der Entwicklung	40
Abb. 10 Zeitanteile je Arbeitsort.....	41
Abb. 11 Zeitanteile je Arbeitsort für Fachspezialisten der Entwicklung	42
Abb. 12 Wahrnehmung von Arbeitsaufgaben und -belastung.....	43
Abb. 13 Intensität der Zusammenarbeit mit anderen Prozessbeteiligten.....	45
Abb. 14 Bewertung des Kommunikationsumfelds.....	46
Abb. 15 Bewertung der Versorgung mit Informationen.....	47
Abb. 16 Bewertung der Verfahrensanweisungen	48
Abb. 17 Werkzeugeinsatz, allgemein	49
Abb. 18 Allgemeine Bedeutung von PDM und ERP nach Rollen.....	51
Abb. 19 Persönliche Bedeutung von PDM und ERP nach Rollen.....	52
Abb. 20 Persönliche Unterstützung durch PDM und ERP.....	53
Abb. 21 Unterstützung für Unternehmen durch PDM und ERP.....	54
Abb. 22 Bedeutung von PDM nach Unternehmensgröße	55
Abb. 23 Bedeutung von ERP nach Unternehmensgröße	56
Abb. 24 Werkzeuge zum Produktdatenaustausch mit Kunden	57
Abb. 25 Werkzeuge zum Produktdatenaustausch mit Partnern	57
Abb. 26 Werkzeuge zum Produktdatenaustausch unternehmensintern	58
Abb. 27 Zukunftsideen (Teil 1, IT-Trends)	60
Abb. 28 Zukunftsideen (Teil 2, Prozesse und Daten).....	61
Abb. 29 Zukunftsideen (Teil 3, Prozesse und Daten).....	62
Abb. 30 Ad-hoc Workflow, mit dem Anwender selbst Prozesse und Abläufe definieren können	73
Abb. 31 Enterprise Search – Einfache Suche à la Google in allen Produktdaten	73
Abb. 32 Design Review und Navigation in Produktstrukturen mittels Multitouch... 76	76

Tabellen

Tab. 01	Prozentualer Anteil an Ingenieur-Rollen unter den Teilnehmern	33
Tab. 02	Prozentualer Anteil beteiligter Disziplinen	34
Tab. 03	Prozentualer Anteil beteiligter Branchen	34
Tab. 04	Teilnehmeranzahl nach Unternehmensgröße	35
Tab. 05	Teilnehmeranzahl nach Position in der Lieferkette	35
Tab. 06	Die Autoren	99
Tab. 07	Die Herausgeber	101

Abkürzungen

AR	Augmented Reality
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAX	Computer Aided x
CEO	Chief Engineering Officer
CIO	Chief Information Officer
DMU	Digital Mock-Up
E/E	Electrical/Electronic
ERP	Enterprise Resource Planning
IPK	Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik
IWF	Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb, TU Berlin
KMU	Kleine und mittelständische Unternehmen
MRO	Maintenance, Repair and Overhaul
PDM	Produktdaten-Management
PLM	Product Lifecycle Management
PSS	Product-Service Systems
SOP	Start of Production
VPE	Virtuelle Produktentstehung
VR	Virtual Reality / Virtuelle Realität

Die Autoren

Tab. 06 Die Autoren

Patrick Müller ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IPK Berlin und leitet dort stellvertretend die Abteilung Informations- und Prozesssteuerung. Er war Projektleiter zur Umsetzung der Studie.



Florian Pasch arbeitete als studentischer Mitarbeiter am Fraunhofer IPK Berlin und unterstützte insbesondere die Datenauswertung. Mittlerweile ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Qualitätswissenschaft im Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) der TU Berlin.



Dr. Roland Drewinski ist Leiter des Marketings der CONTACT Software GmbH Bremen und gab maßgebliche Impulse zur Gestaltung der Studie und zum Aufbau des Berichts.



Dr. Haygazun Hayka ist Leiter der Abteilung Informations- und Prozesssteuerung am Fraunhofer IPK Berlin. Er gab wichtige Impulse zur Gestaltung der Studie und deren Positionierung.

Die Herausgeber

Tab. 07 Die Herausgeber



Prof. Dr. Rainer Stark leitet das Geschäftsfeld Virtuelle Produktentstehung am Fraunhofer IPK Berlin. Gleichzeitig leitet er das Fachgebiet Industrielle Informationstechnik am Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) der TU Berlin. In seiner Industriezeit entwickelte er CA-Methoden und PLM-Lösungen in der Automobilindustrie.



Dr. Roland Drewinski ist als Vertreter der CONTACT Software GmbH Bremen nicht nur Autor, sondern auch Herausgeber der Studie.



Dr. Hayka leitet neben der Abteilung Informations- und Prozesssteuerung am Fraunhofer IPK dort auch das PDM/PLM-Kompetenzzentrum. Auch er ist sowohl Autor als auch Herausgeber.



Dr. Heinz Bedenbender vertritt den Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI). Dort betreut er u.a. den Fachbeirat Informationstechnik und diverse Richtlinienausschüsse.

Danksagung

Wir danken allen Teilnehmern der Studie für Ihre Unterstützung. Ohne das Engagement der Teilnehmer können solche Studien keinen Erfolg haben.

Dank gilt dem Fachbeirat Informationstechnik, der innerhalb des VDI Unterstützer der Studie war. Ebenso danken wir Herrn Christian Kind (Leiter des Arbeitskreises Informationstechnik in Berlin-Brandenburg) für die Bekanntmachung der Studie im Einzugsgebiet seines Arbeitskreises.

Für Unterstützung bei der Editierung von Texten und Graphiken danken wir Frau Scholvin (CONTACT Software Bremen), Frau Helena Rott (IPK Berlin) und Herrn Sascha Brunzel (IPK Berlin). Wir danken Frau Dr. Hein (VDI), die in der Anbahnungsphase der Studie als Unterstützerin innerhalb des VDI wirkte.

Die heutige Produktentwicklung geht wesentlich mit unternehmensübergreifender Zusammenarbeit und einem intensiven Austausch von Produktdaten einher. Der Entwickler bedient dabei eine Vielzahl von Prozessen und arbeitet mit unterschiedlichsten digitalen Werkzeugen. Im Kern der vorliegenden Studie werden folgende Fragen zur kollaborativen Produktentwicklung näher untersucht. An der Studie haben sich 1.401 Ingenieure mit ihren Antworten beteiligt. Die Aufbereitung der Ergebnisse erfolgte in Bezug auf das Produktdaten-Management (PDM/PLM), das Prozessmanagement und neue Medien in der Produktentwicklung. Die Ergebnisse sind dabei in vier Themenfeldern aggregiert: Arbeitssituation, Kollaborationsprozesse, Werkzeugeinsatz, Zukunftsideen. Dieser Bericht stellt eine Ergebniszusammenfassung und -diskussion der Studie für Praktiker und Forscher bereit.

ISBN 978-3-00-039111-8



9 783000 391118