

Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design
Universität Stuttgart
Prof. Dr.-Ing. H. Binz

C. Karthaus, H. Binz, D. Roth

Studie zur Kooperation und zum Informationsaustausch zwischen Konstruktions- und Erprobungsabteilungen

Bericht Nr. 628



Institut für Konstruktionstechnik
und Technisches Design
Universität Stuttgart
Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz
Institutsleiter

Studie zur Kooperation und zum Informations- austausch zwischen Konstruktions- und Erprobungsabteilungen

Dieser Bericht umfasst 46 Seiten.

Stuttgart, den 05.05.2015

Carsten Karthaus, M.Sc.

Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz

Dipl.-Ing. Daniel Roth

Bericht des
Instituts für Konstruktionstechnik und Technisches Design
Universität Stuttgart

Bericht Nr. 628

IKTD Bericht Nr. 628

ISBN-13: 978-3-922823-90-2

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design

Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz

Universität Stuttgart

Pfaffenwaldring 9

D-70569 Stuttgart

Telefon +49 (0)711 685-66055

Telefax: +49 (0)711 685-66219

E-Mail: mail@iktd.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Motivation	6
1.2	Zielsetzung und Struktur der Untersuchung.....	7
2	Stand der Technik	7
3	Aufbau der empirischen Untersuchung	9
3.1	Untersuchungsmethode.....	10
3.2	Struktur der Untersuchungsgruppe.....	11
3.3	Aufbau der Interviews	14
4	Ergebnisse	16
4.1	Organisation	16
4.2	Prozess zur Rückführung von Versuchsergebnissen	17
4.3	Werkzeuge zur Unterstützung der Erprobungsdokumentation	18
4.4	Sichtweise der Befragten zur Wissensnutzung.....	21
4.5	Potenziale, Chancen und Verbesserungen.....	28
4.6	Aufbereitung und Analyse der Ergebnisse.....	31
5	Schlussfolgerungen	36
6	Zusammenfassung und Ausblick	38
	Literatur	40
	Anhang	46

Abkürzungen

Abkürzung	Benennung
CAD	Computer Aided Design
Fzg	Fahrzeug
ISTQB	International Software Testing Qualification Board
PEP	Produktentwicklungsprozess
SMS	Short Message Service
WM	Wissensmanagement

Abbildungsverzeichnis

Bild 3.1:	Teilnehmerstruktur nach Produktgruppen [KARTHAUS14, S. 254].....	12
Bild 3.2:	Produktgruppenverteilung nach Komplexität [KARTHAUS14, S. 255]	13
Bild 4.1:	Häufigkeitsverteilung der Antworten, ob Erprobungswissen ausreichend genutzt wird in Bezug auf die Organisationsformen.....	17
Bild 4.2:	Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung, in Anlehnung an [VDI 2206 2004, S. 29]	19
Bild 4.3:	Häufigkeitsverteilung der Antworten auf die Frage, ob das Erprobungswissen ausreichend genutzt wird [KARTHAUS14, S. 256].....	24
Bild 4.4:	Häufigkeitsverteilung der Antworten, ob Erprobungswissen ausreichend genutzt wird, in Abhängigkeit von der Mitarbeiteranzahl.....	25
Bild 4.5:	Auswertung der Antworten, ob Erprobungswissen ausreichend genutzt wird in Abhängigkeit von Produktkomplexität und Stückzahl.....	26
Bild 4.6:	Rangfolge der Ursachen / Einflussfaktoren für nicht ausreichende Nutzung und eine mangelnde Rückführung von Erprobungswissen in Anlehnung an [KARTHAUS14, S. 257].....	27
Bild 4.7:	Rangfolge der Potenziale für eine effizientere Zusammenarbeit zwischen Erprobung und Konstruktion in Anlehnung an [KARTHAUS14, S. 258]	29
Bild 4.8:	Erfragte Erfolgsfaktoren für eine effektive Zusammenarbeit zwischen Erprobung und Konstruktion / Entwicklung	30
Bild 4.9:	Ist-Zustandsbeschreibung der Rückführung von Erprobungswissen mittels „Reference Model“	33

1 Einleitung

„Der Konstruktionsprozess ist in erster Linie ein informationsverarbeitender Prozess“ [HUBKA76, S. 7], mit dem Ziel, die Informationen in Form von Anforderungen in Merkmale eines Produkts oder die Beschreibung des Maschinensystems umzusetzen. Das für das Konstruieren notwendige Erfahrungswissen wird in der Produktentwicklung als wichtig angesehen. Es wird jedoch in vielen Bereichen nicht effektiv genutzt, siehe [TURKI14, S. 86 f.]. Dieses Problem bestätigt auch Lindemann [LINDEMANN09, S. 203] „Der Erfahrungsschatz aus abgeschlossenen Projekten wird in der Praxis leider kaum dokumentiert“.

Zu Beginn des Produktentstehungsprozesses, in der Planung oder in der Konstruktion werden Merkmale und deren Ausprägungen in Relation zu späteren Entwicklungsschritten verhältnismäßig einfach festgelegt. Die Merkmale, welche durch den Konstrukteur festgelegt werden [WEBER05, S. 4], z. B. die Zähnezahzahl und der Modul eines Getriebes, ergeben die nicht vom Konstrukteur direkt festlegbaren Eigenschaften des Produkts [WEBER05, S. 5]. Solche Produkteigenschaften sind z. B. die Tragfähigkeit oder die Lebensdauer eines Getriebes. Diese Produkteigenschaften sind beim späteren Gebrauch des Produkts für den Kunden relevant.

Der Einfluss und die Auswirkungen der festgelegten Merkmale auf die Produkteigenschaften sind dem Entwicklungsingenieur nicht immer bekannt. Das führt zum sog. „Paradoxon der Produktentwicklung“ [EHRENSPIEL13, S. 202 f.]. Dieses beschreibt die Tatsache, dass in der Phase, in welcher die Produkteigenschaften noch am stärksten beeinflusst werden können, die Erkenntnismöglichkeit über die festzulegenden Produkteigenschaften am geringsten ist [EHRENSPIEL13, S. 202].

Daher ist es wichtig, in der Konstruktion die Merkmale möglichst von Anfang an „richtig“ festzulegen, weshalb der Entwickler oder Konstrukteur kurze, effektive Regelkreise und Rückkopplungen über die sich ergebenden Eigenschaften benötigt. Hierdurch können z. B. falsche Ausprägungen frühzeitig erkannt und deren Ursachen identifiziert werden, vgl. z. B. [EHRENSPIEL13, S. 202 f.].

Eigenschaften werden mittels Berechnungen, Simulationen oder Versuchen ermittelt [LINDEMANN09, S. 157 ff.]. Dabei wird eine kundennahe Erprobung mit repräsentati-

ven Lastzyklen angestrebt. U. a. erfolgt die Erprobung nach der Konstruktion und der Herstellung von Prototypen, weshalb Wissen aus einem nachgelagerten Prozess in die Konstruktion / Entwicklung zurückgeführt werden muss. Durch die Erprobung wird der Vergleich der Produkteigenschaften mit den Anforderungen möglich. Dies führt zur Erkennung von Schwachstellen und Fehlern eines Produkts.

1.1 Motivation

In der Literatur, z. B. [EHRENSPIEL13, S. 202 f.], [FELDHUSEN13, S. 299 f.], [LINDEMANN09, S. 203], [VDI 2221 1993], wird der Rückfluss der Informationen aus Vorgängerprojekten gefordert, um das Erkenntnisniveau in den frühen Phasen zu verbessern.

Des Weiteren sollten die Auswirkungen der „neu“ definierten Merkmale auf die Produkteigenschaften möglichst früh erkannt werden. Die Eigenschaftsfrüherkennung führt dazu, dass während des Durchlaufens des Produktentstehungsprozesses vorhandenes Wissen früher genutzt werden kann. Dies hat eine Reduzierung der Änderungsaufwendungen bei gleichzeitig höheren Änderungsmöglichkeiten zur Folge, vgl. z. B. [LINDEMANN09, S. 159].

Weitere Probleme im Umgang mit Wissen, wie z. B. die Nutzung bestehenden Wissens für neue Projekte und Dienstleistungen oder der Transfer von Wissen in Projekten und zwischen Projekten u. v. m. wurden in [VOIGT09, S. 10] veröffentlicht. Die Inhalte bauen auf dessen früherem Werk [VOIGT06, S. 20] auf. Zahlreiche weitere Studien, siehe Kapitel 2, untersuchten ebenfalls den Umgang mit Wissen im Produktentstehungsprozess.

Die Aussagen der ausgewerteten Literatur beziehen sich meist allgemein auf das Wissen, welches zum Entwickeln notwendig ist. Es finden sich keine Studien aus der industriellen Praxis zum Umgang mit Wissen speziell aus der Erprobung, das bestätigen die Literaturuntersuchungen [BAKELE12] und [WICHNER12]. Daraus ergibt sich die Motivation für diese Studie, den aktuellen Stand zur Kooperation und zum Informationsaustausch zwischen Konstruktions- und Erprobungsabteilungen in der industriellen Praxis zu untersuchen, um ein grundlegendes Verständnis über die Rückführung von Erprobungswissen in der industriellen Praxis aufzubauen.

1.2 Zielsetzung und Struktur der Untersuchung

Durch die unterstützenden Literaturrecherchen von [BAKELE12] und [WICHNER12] lässt sich die erste Hypothese entwickeln, welche dieser Studie zu Grunde liegt:

- „Aus Sicht der Experten wird in der Produktentwicklung das Wissen aus Erprobungsabteilungen bzw. die Erfahrung von Versuchingenieuren in Teilen der Maschinenbauindustrie zu wenig genutzt“.

Sollte sich die erste Hypothese als wahr herausstellen, bedeutet dies für die zweite Hypothese:

- „Der Informationsfluss wird durch eine systematische und praxistaugliche Anwendung und Auswahl von Wissensmanagementmethoden verbessert“.

Ziel ist es, das Problem einer nicht ausreichenden oder mangelnden Nutzung des Erprobungswissens in der industriellen Praxis aufzuzeigen und Potenziale für die Forschung aus Sicht der Industrie herauszuarbeiten. Um Lösungen und Verbesserungen zu erforschen, ist die Beschreibung des Ist-Zustandes notwendig. Dafür stellen sich folgende Hauptforschungsfragen zur Beschreibung des Ist-Zustandes:

- Wird das Erprobungswissen ausreichend genutzt?
- Wie wird das Wissen, welches in Erprobungsbereichen generiert wird bzw. vorhanden ist, aktuell in der Produktentwicklung genutzt?

Die Hauptforschungsfrage für Forschungspotenziale lautet:

- Welche Potenziale / Verbesserungschancen bestehen aus Sicht der Industrie für eine effizientere Produktentwicklung?

Die weiteren Fragen und Unterfragen können dem Interview-Leitfaden im Anhang auf Seite 46 entnommen werden.

2 Stand der Technik

Speziell das Wissen in und aus Erprobungsbereichen wurde von Karthaus [KARTHAUS13] als Erprobungswissen wie folgt definiert: „Unter Erprobungswissen versteht man das Wissen, das für eine erfolgreiche Durchführung des Erprobungsprozesses als Grundlage vorausgesetzt wird und Wissen, das während der Erprobung gewonnen wird“.

In Anlehnung an North [NORTH11, S. 37] kann Wissen nur durch die zugrunde gelegten Informationen und Daten entstehen. Wissen wird aus Informationen und Daten erzeugt, wenn die Informationen z. B. mit Erfahrungen in einem Kontext vernetzt und interpretiert werden können. Nach North [NORTH11, S. 37] ist Information die Form, in welcher das Wissen kommuniziert und gespeichert wird. Daher spielt der Informationstransfer eine zentrale Rolle im Bereich der Produktentwicklung, vgl. [BINZ11, S. 79].

Rodenacker [RODENACKER70] stellt fest, dass als Quelle neuer Informationen zu einem Produkt nur das Experiment in Frage kommt, was folgender Satz bestätigt: „Das Experiment hat aber für die Ingenieursarbeit die größte Bedeutung, weil jegliche neue Information für die Konstruktion, soweit sie nicht bereits in der Literatur greifbar ist, aus dem Experiment gewonnen werden muss“ [RODENACKER70, S. 19]. Zum Experimentieren gehören in diesem Kontext unterschiedliche Methoden der Eigenschaftsanalyse und –absicherung (z. B. Simulation, Prüfstandsversuch, Feldversuch). Eine Unterteilung der Erprobungsmethoden in der automobilen Antriebsstrangabsicherung findet sich beispielsweise in [KLOS11, S. 162 f.]. Das Experiment ermittelt Eigenschaften des Produktes in Form von Informationen. Diese müssen zum Abgleich mit den Anforderungen oder zur Nutzung innerhalb des Unternehmens an verschiedene Abteilungen und Disziplinen verteilt werden. Die Studie fokussiert allerdings auf die Rückführung des Erprobungswissens zur Nutzung und zur Verbesserung der Produkte in der Konstruktion / Entwicklung und nicht in anderen Fachbereichen, Abteilungen oder Disziplinen. Dass der Umgang mit Informationen und die Kommunikation zentrale Einflussfaktoren für die Effektivität und die Effizienz der Produktentwicklung sind, wurde in vielen Studien herausgearbeitet, z. B. [SALZBERG90], [FRANKENBERGER97], [ECKERT01], [KLEINSMANN10], [GOPSILL13].

Das Zusammenspiel von Konstruktion und Berechnung wurde in [KREIMEYER07] untersucht. Das Ergebnis war, dass das Problem sehr vielschichtig ist und die soziale Komponente des Problems, z. B. die Kommunikation zwischen den Mitarbeitern, nicht vergessen werden darf [KREIMEYER07, S. 12].

Ingenieure verbringen zwischen 25 und 75 % ihrer Arbeitszeit mit dem Austausch von Informationen [GOPSILL13, S. 270].

Speziell die Bedeutung des Erfahrungswissens für die Produktentwicklung untersuchte Turki [TURKI14]. 80 % der 58 befragten Produktentwickler sahen Erfahrungswissen als wichtig bis sehr wichtig für den eigenen Unternehmensbereich an [TURKI14, S. 86 ff.]. 25 % der Teilnehmer bewerteten allerdings die Effektivität der Nutzung vorhandenen Erfahrungswissens als schlecht oder eher schlecht.

Über den Umgang mit Informationen und Erfahrungen, im Speziellen mit Fehlern während der Erprobung in der PKW-Triebstrangentwicklung, gibt Schenk [SCHENK12] Aufschluss. Schenk [SCHENK12, S. 436] ermittelte, dass ca. 18 % der Prüfstandsabschaltungen auf Dauerlaufprüfständen nicht nachvollziehbar dokumentiert sind.

Einige Softwaretools zur Unterstützung des Informationsmanagements im Umfeld der automobilen Industrie sind beispielsweise in [TEUCHERT07] oder [ALBERS13] zu finden.

Das unterstützt die Motivation, den Ist-Zustand zur Rückführung von Erprobungswissen in der industriellen Praxis, aufgrund fehlender Informationen in der Literatur, zu untersuchen.

3 Aufbau der empirischen Untersuchung

Prinzipiell stehen für empirische Studien unterschiedliche Methoden (Interviews, Fragebögen, Beobachtungen usw.) zur Verfügung, vgl. z. B. [BEREKOVEN09]. Die Befragung ist der Beobachtung vorzuziehen, da sie das Ziel verfolgt, qualitative Aussagen zu erfragen. Diese erzielt im Vergleich zur Beobachtung ausreichend genaue Ergebnisse. Die Akzeptanz bei Befragungen ist höher, da bei Beobachtungen der Beobachter die Abläufe innerhalb von Firmen aufzunehmen hätte, wozu entsprechende vertragliche Geheimhaltungsunterlagen hätten erstellt werden müssen. Der Aufwand einer Befragung ist verglichen mit dem einer Beobachtung geringer, da die Beobachtung firmeninterner Prozesse mehr Zeit erfordert.

Bei der Befragung ist zwischen der quantitativen und der qualitativen Untersuchung zu unterscheiden. Der Hauptunterschied zwischen quantitativen und qualitativen Untersuchungen ist die Art des verwendeten Datenmaterials [BORTZ06, S. 296 ff.]. Eine quantitative Methode ist z. B. der standardisierte Fragebogen mit vordefinierten Antworten bei einer entsprechend hohen Anzahl an teilnehmenden Personen. Die

qualitative Befragung, wie sie hier gewählt wurde, wird im folgenden Kapitel näher erläutert.

3.1 Untersuchungsmethode

Die vorliegende Untersuchung wurde als qualitative Befragung von Unternehmen mittels persönlicher, strukturierter Interviews durchgeführt. Die Aspekte, welche für die Wahl dieser Methode sprechen, sind in Anlehnung an [BEREKOVEN09, S. 89]:

- Im Einzelfall, z. B. bei heiklen Problemen, ist es möglich, durch angepasste Formulierungen und verbesserte Frageabfolgen auch eine Antwort zu bekommen.
- Es können Rückfragen gestellt werden.
- Interviews können flexibel an die Interviewpartner angepasst werden.
- Diese Studie ist eine Pilotstudie, welche dazu dient, ein grundlegendes Verständnis aufzubauen. Hierfür sind qualitative Methoden geeignet. Weitere quantitative Studien können folgen, um das Verständnis zu vertiefen.

Nachteil von Interviews und qualitativen Studien ist, dass sich die Aussagen meist aufgrund der geringen Teilnehmerzahl im Vergleich zu Fragebögen nicht verallgemeinern lassen. Die Ergebnisse sind daher nicht unbedingt als repräsentativ anzusehen [BEREKOVEN09, S. 89 f.]. Ein weiterer Nachteil ist die subjektive Verzerrung und Beeinflussung des Teilnehmers durch den Interviewer, welche durch die Interaktion zwischen Interviewer und Teilnehmer, durch Sympathien und Antipathien oder durch Unterschiede z. B. im Geschlecht, der Nationalität o. ä. entstehen. [BORTZ06, S. 238 f. & S. 246 f.]. Diesem Nachteil kann durch die Standardisierung des Interviews mittels Interviewleitfaden entgegen gewirkt werden [BORTZ06, S. 238 ff.], [PRÜFER02, S. 3 ff.].

Die flexible Anpassung der Interviews ist ein Vorteil und ist in diesem Fall erforderlich, da teilweise unterschiedliche Begriffsdefinitionen in Unternehmen vorherrschen, welche zu Irritationen und zu Ungenauigkeiten bei der Ausfüllung von Fragebögen führen können und das Ergebnis somit verfälschen. Durch Nachfragen nach Definitionen und der Erläuterung von Fragen sind diese Irritationen vermeidbar. Aus den oben beschriebenen Gründen waren für diese Pilotstudie die Interviews den Fragebögen vorzuziehen.

3.2 Struktur der Untersuchungsgruppe

200 Personen aus der Industrie waren eingeladen an der Studie teilzunehmen, von denen sich 40 Personen an der Umfrage beteiligten. Die nachfolgende Auflistung gibt Aufschluss über die Zusammensetzung der Untersuchungsgruppe. Dabei geben die Zahlenwerte in Klammern die Personenanzahl wieder. Die Verteilung ergibt sich hinsichtlich der verschiedenen Aspekte in Bezug auf:

- Funktionsabteilungen: Konstruktion / Entwicklung (22) und Versuch (18)
- Hierarchieebenen (aufsteigend vom Sachbearbeiter zum Hauptabteilungsleiter): Sachbearbeiter (4), Teamleiter (13), Abteilungsleiter (15) oder Hauptabteilungsleiter (8)
- Die zeitliche Einordnung in den Produktentwicklungsprozess (PEP): in Vorentwicklung (11) und Serienentwicklung (29)
- Die untersuchten Produktgruppen: siehe Bild 3.1. Ziel war es, pro Unternehmen zwei Personen, je eine aus dem Versuch und eine aus der Entwicklung, zu befragen, was nicht immer möglich war. Da die Studie darauf abzielt, qualitative Aussagen zu generieren, können auch Aussagen von Einzelpersonen einer Firma zum Verständnis beitragen. Eine Auswertung dieser Aussagen ist dementsprechend zweckmäßig.
- Die Komplexität der Produkte, siehe Bild 3.2. Dazu wurden Zahlen über die Stückzahl, die Teileanzahl und die an der Entwicklung beteiligten Personen, von den Teilnehmern erfragt.
- Die Länder, in welchen die Teilnehmer arbeiten: Deutschland (39) und Frankreich (1).

Aufgrund der Vertraulichkeit der Aussagen wurde die Studie nach der Datenerfassung anonymisiert. Das betrifft die teilnehmenden Firmen und die Namen der beteiligten Personen.

Die Verteilung der Funktionen auf Entwicklung und Versuch ist ähnlich, sodass eine ausgeglichene Auswertung entsteht. Die Ebenen des mittleren Managements (Teamleiter und Abteilungsleiter) sind die am stärksten repräsentierte Personengruppe. Leider konnten nicht viele Sachbearbeiter für die Befragung gewonnen werden. Abhängig von den verschiedenen Organisationsstrukturen einzelner Firmen, erfolgt die

Rückführung von Erprobungswissen firmenintern zwischen unterschiedlichen Teams oder unterschiedlichen Abteilungen. Je nach Firma sind die Fragestellungen team- oder abteilungsübergreifend. Die befragten Hierarchieebenen dieser Studie repräsentieren die richtige Zielgruppe, da dieser Personenkreis einen tieferen Einblick in den übergreifenden Wissensaustausch haben sollte.

In Bezug auf die zeitliche Einordnung in den PEP ist die Serienentwicklung am stärksten vertreten. Hierauf liegt auch der Fokus der Kommunikation zwischen Entwicklung und Konstruktion.

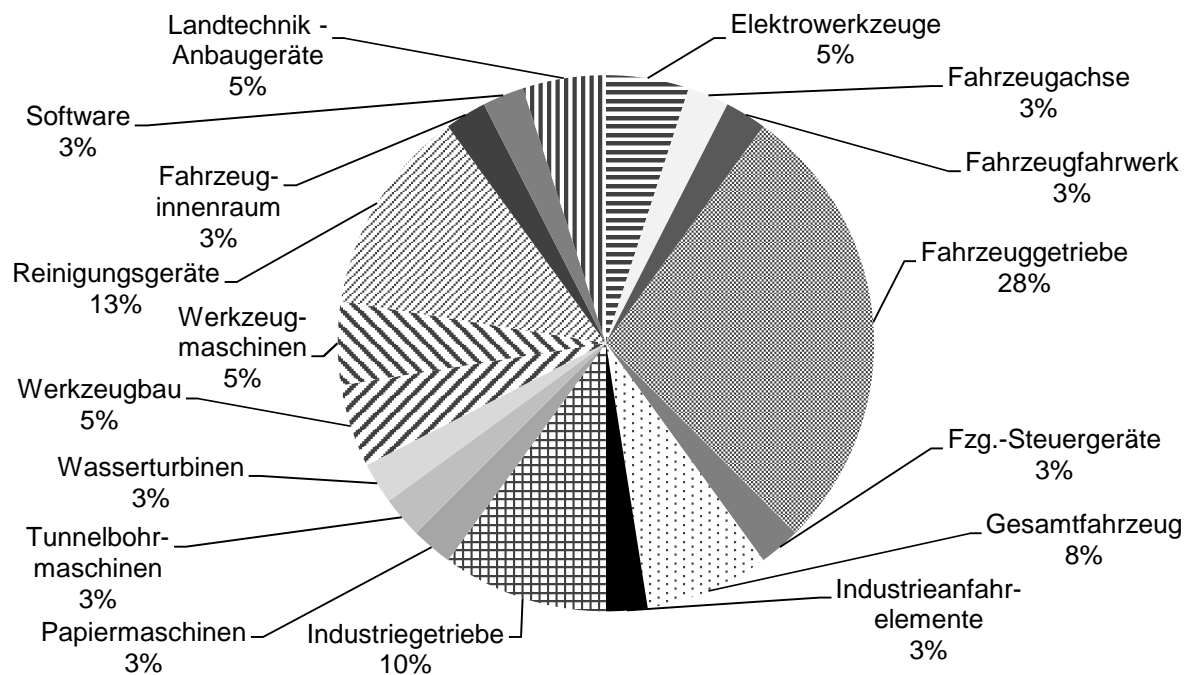


Bild 3.1: Teilnehmerstruktur nach Produktgruppen [KARTHAUS14, S. 254]

Insgesamt wurden Teilnehmer aus 17 unterschiedlichen Produktgruppen befragt, siehe Bild 3.1. Am häufigsten vertreten ist der Industriezweig der Fahrzeuggetriebe, gefolgt von den Reinigungsgeräten und den Industriegeräten. Allerdings sind auch Besonderheiten wie Wasserturbinen, Tunnelbohrmaschinen und Papiermaschinen dabei. Industrieanfahrelemente sind Anfahrelemente, welche in industriellen Antriebsträngen eingesetzt werden, z. B. Flüssigkeitskupplungen.

Vermutlich hat die Produktkomplexität einen Einfluss auf die Wissensnutzung im Unternehmen, und daher soll diese bei der Auswertung der Studie berücksichtigt

werden. Die Bewertung der Komplexität erfordert mehrere Parameter. Diese sind nach Ehrlenspiel [EHRLENSPIEL13, S. 36 f.] die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Elemente und die Anzahl sowie die Vielfalt der Verbindungen und Abhängigkeiten zwischen den Elemente eines Produkts. Die Anzahl und Vielfalt der Verbindungen und Abhängigkeiten zwischen den Elementen kann praktisch nicht mit guter Genauigkeit geschätzt werden. Die Befragung würde daher keine validen Werte liefern, weshalb diese Verbindungen / Abhängigkeiten nicht erfragt wurden. Die Betrachtung der Komplexität (Produkt- und Organisationskomplexität) wurde auf die Parameter (Stückzahl, Teilezahl und Mitarbeiter) vereinfacht, um im Interview schätzbare Werte von den Teilnehmern zu erhalten.

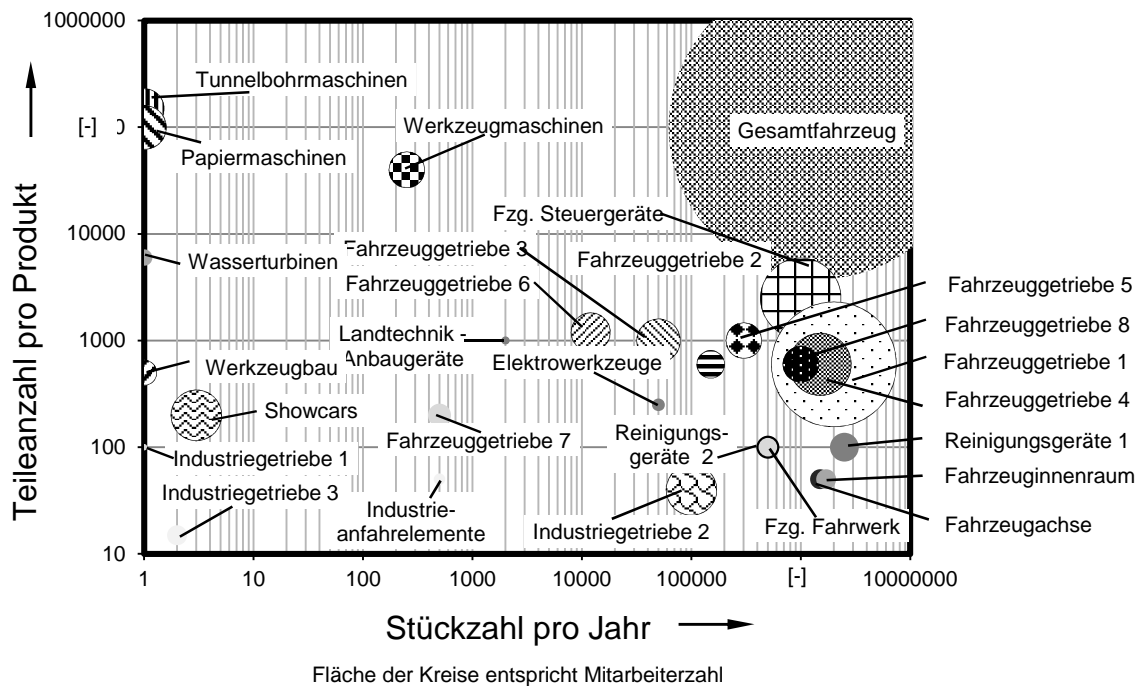


Bild 3.2: Produktgruppenverteilung nach Komplexität [KARTHAUS14, S. 255]

Der Interviewzeitraum lässt keine fundierte Produktanalyse zur Ermittlung aller Kriterien zu, welche zur Beurteilung der Komplexität notwendig sind. Deshalb war der Autor im Rahmen des Interviews auf, für den Interviewpartner, schätzbare Werte angewiesen. Eine Vor- oder Nachbetrachtung des Produkts durch den Interviewpartner, hinsichtlich dieser Kriterien, hätte wahrscheinlich die Akzeptanz und damit die Teilnehmerquote der Studie reduziert. In Bild 3.2 sind die Angaben zu Teilezahl, Stückzahl und Entwicklungspersonenzahl zu repräsentativen Produkten der teilnehmen-

den Unternehmen dargestellt. Die Nummerierung z. B. der Kategorie Fahrzeuggetriebe ergibt sich durch die Anzahl der unterschiedlichen Firmen.

Die „Teileanzahl“ beschreibt die Anzahl der unterschiedlichen Bauteile der Stückliste eines Produkts. Die „Stückzahl“ ist die geplante Stückzahl eines Jahres. Dabei wird auch die Anzahl der Varianten berücksichtigt. Die Skalen für Abszisse und die Ordinate sind logarithmisch aufgetragen. Die Fläche der Kreise in Bild 3.2 entspricht der Mitarbeiterzahl, die für das jeweilige Produkt in der Entwicklung und Erprobung insgesamt beschäftigt sind. Dies ist erforderlich, um die Heterogenität der unterschiedlichen Produkte in einem Diagramm darstellen zu können. Der Softwareentwickler ist in Bild 3.2 nicht dargestellt, da es keine physischen Bauteile bei der Softwareentwicklung gibt. Die Komplexität der Produkte in Bild 3.2 steigt nicht unbedingt von links unten nach rechts oben. Einflussfaktoren wie z. B. der Anteil der Softwareentwicklung, die Komplexität einzelner Wirkprinzipien etc. und, wie zuvor bereits erwähnt, die nicht erhobene Anzahl und Vielfalt der Relationen zwischen den Bauteilen bleiben unberücksichtigt.

Es ergibt sich eine heterogene Struktur der Untersuchungsgruppe. Aus diesem Grund ist die Repräsentationsfähigkeit der Teilnehmergruppe kritisch zu betrachten. Zudem gibt es sowohl unterschiedliche Produkte, Hierarchiestufen, Unternehmensbereiche und zeitliche Einordnungen in den Entwicklungsprozess. Dennoch lassen sich Tendenzen und Gemeinsamkeiten aus Sicht der Industrie feststellen. Der Kern und das Ziel dieser qualitativen Studie ist es, einen Überblick über die Einflussfaktoren dieses Problems zu erhalten und ein Verständnis über die Rückführung von Erprobungswissen aufzubauen. Die mittels der Studie erhobenen Daten eignen sich zur Erreichung des Untersuchungsziels. Da die Ergebnisse nur für die Untersuchungsgruppe gelten, sind diese nicht übertragbar.

3.3 Aufbau der Interviews

Ziel der Umfrage ist es, die in Kapitel 1.2 gestellten Forschungsfragen zu beantworten. Der entwickelte Interviewleitfaden sichert die Vergleichbarkeit der Interviewergebnisse. Dieser findet sich im Anhang auf Seite 46.

Der formale Aufbau des Leitfadens orientiert sich an [SCHUMANN11, S. 51 ff.], der inhaltliche Aufbau orientiert sich an [HERFELDER07, S. 210 ff.].

Die Oberfragen richten sich an den Themengebieten der Produktentwicklung (Situation, Prozesse, Werkzeuge, Methoden, Mensch, Produkte) nach Ponn [PONN08, S. 7] aus.

1. Organisation: „Wie sind bei Ihnen der Konstruktionsbereich und der Erprobungsbereich organisiert?“
2. Prozesse: „Gibt es in Ihrem Aufgabenbereich einen standardisierten Prozess zwischen Konstruktion / Entwicklung und dem Versuch zur Ergebnismeldung und wie ist dieser gestaltet?“
3. Werkzeuge: „Welche Werkzeuge nutzen Sie zur Erprobungsdokumentation?“
4. Sichtweise des jeweiligen Befragten: „Wird aus Ihrer Sicht das im Versuch generierte Wissen in der Entwicklung / Konstruktion ausreichend genutzt?“
5. Chancen und Verbesserungen: „Was sind Ihrer Meinung nach die Erfolgsfaktoren für eine effiziente Zusammenarbeit zwischen Erprobung und Konstruktion?“
6. Allgemeines: Teileanzahl, Stückzahl, Mitarbeiter etc.

Diese Themengebiete der Produktentwicklung haben nach Ponn [PONN08, S. 7 ff.] alle einen Einfluss auf die Effizienz und die Effektivität der Produktentwicklung. In dieser Studie ist zu untersuchen, ob diese Dimensionen auch einen Einfluss auf die Rückführung von Erprobungswissen aufweisen.

Die Interviewzeit pro Person betrug 30 Minuten. Für die Akzeptanz der Interviews durch die Teilnehmer war eine angemessene Dauer des Gesprächs einzuhalten. In der überwiegenden Anzahl der Fälle wurden Einzelinterviews durchgeführt. In Ausnahmen wurden Gruppeninterviews durchgeführt. Zur einfacheren Auswertung erfolgte eine digitale Tonaufzeichnung der Interviews. Die Auswertung erfolgte auf Basis der transkribierten Interviews. In geforderten Einzelfällen erfolgte eine Freigabe der Transkription durch die Befragten.

4 Ergebnisse

An dieser Stelle folgen die Ergebnisse der Studie zur Zusammenarbeit und zum Informationsaustausch zwischen Konstruktion / Entwicklung und Erprobung. Erste Ergebnisse dieser Studie wurden bereits in [KARTHAUS14] veröffentlicht.

Die Ergebnisse folgen dem Aufbau des Interviewleitfadens. Innerhalb der einzelnen Bereiche des Interviewleitfadens werden die Fragen der Reihe nach beantwortet. Der erste Bereich betrifft die Organisation der Unternehmen.

4.1 Organisation

Die Organisationsform der Unternehmen wurde hinsichtlich der Aufbauorganisation und der Einbindung (zentral, dezentral oder kombiniert) der Erprobungsabteilung in diese Aufbauorganisation untersucht. Aufgrund der Unterschiedlichkeit der untersuchten Firmengröße sind viele Arten von Organisationsformen (funktional, divisional, Center-Konzepte, matrixorganisiert) vertreten. Die unterschiedlichen Organisationsformen werden z. B. in [BEA06, S. 377 ff.] und die Arten der Einbindung werden z. B. in [BÜRCEL96, S. 152 ff.] näher beschrieben. Die Antworten („Ja“, „Nein“ und „Teilweise“) auf die Frage, ob Erprobungswissen ausreichend genutzt wird (vgl. Bild 4.3 in Kapitel 4.4), verteilen sich auf die unterschiedlichen Organisationsformen gleichmäßig, siehe Bild 4.1. Das Phänomen der mangelnden Wissensnutzung tritt in allen Organisationsformen auf. Daher ist anzunehmen, dass es keinen Einfluss der Organisationsform auf die Nutzung und die Rückführung von Erprobungswissen gibt.

Die Art der Einbindung der Erprobung in die Aufbauorganisation lieferte bei der Auswertung keine zusätzlichen Erkenntnisse. Auch hier ist anzunehmen, dass die Art der Einbindung der Erprobung in die Aufbauorganisation keinen Einfluss auf die Nutzung von Erprobungswissen hat.

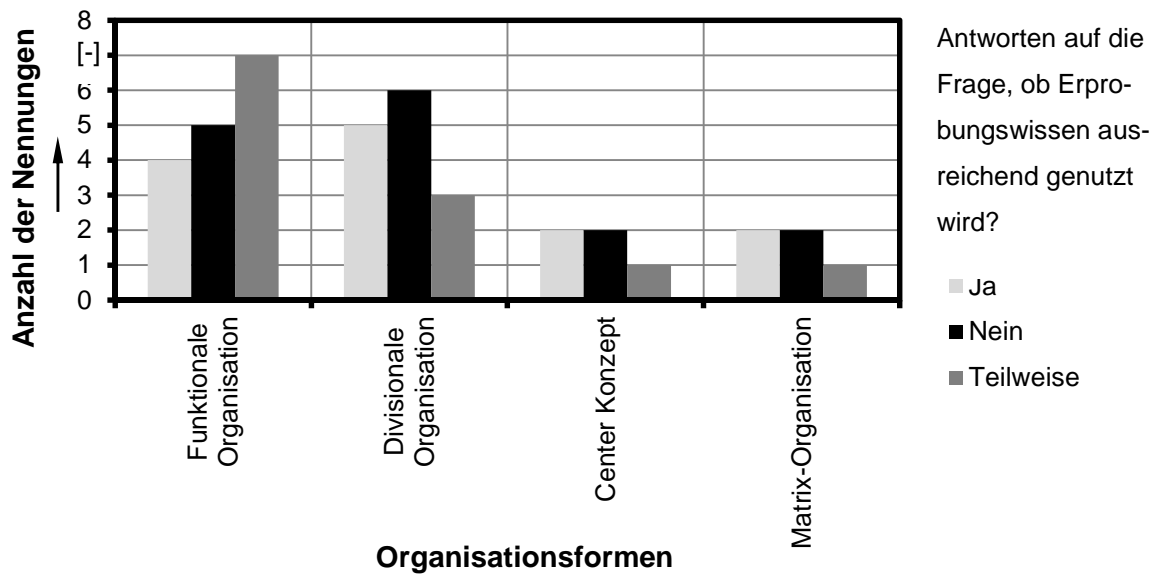


Bild 4.1: Häufigkeitsverteilung der Antworten, ob Erprobungswissen ausreichend genutzt wird in Bezug auf die Organisationsformen

4.2 Prozess zur Rückführung von Versuchsergebnissen

Die Frage: „Gibt es in Ihrem Aufgabenbereich einen standardisierten Prozess zwischen Konstruktion / Entwicklung und dem Versuch zur Ergebnisrückmeldung? Wenn ja, wie ist dieser gestaltet?“, gibt Aufschluss darüber, wie der Informationsaustausch zwischen Erprobung und Entwicklung / Konstruktion organisiert ist.

In vielen Fällen gibt es standardisierte Prozesse zur Rückmeldung von Versuchsergebnissen (12). In nahezu ebenso vielen Fällen war hierzu kein klarer Prozess dokumentiert (13). Die übrigen Befragten (15) lieferten hierzu keine Antwort.

Die Arten der Rückführung basieren in den überwiegenden Fällen auf direkter und persönlicher Kommunikation in Form von Besprechungen und Regelkommunikationen. Diese finden am Arbeitsplatz, in Besprechungszimmern oder auch direkt am Prüfstand statt. Zuvor werden meist erste Informationen und Unterlagen per E-Mail, Telefon oder SMS übermittelt. Die räumliche Nähe wird bei allen Befragten, bei denen Prüffeld und Entwicklung räumlich leicht erreichbar sind, als großer Vorteil hervorgehoben.

Meist werden Ergebnisse (z. B. Fehler) mit einer Bewertung (z. B. rot / grün / gelb) seitens der Versuchsingenieure untermauert, um die Rückmeldung zu unterstützen.

Zur Verbesserung der Kommunikation und zur raschen Abstellung von schwerwiegenden Fehlern werden in einigen Fällen 8D–Fehlerabstellprozesse (vgl. z. B. [JUNG13]) (auch 8D-Reporte genannt) angestoßen oder Expertenteams gebildet. Ein 8D-Report umfasst dabei die Schritte: Teambildung, Problembeschreibung, Treffen von Sofortmaßnahmen, Ursachenanalyse, Festlegung von Korrekturmaßnahmen (inkl. Wirksamkeitsprüfung), organisatorische Verankerung von Korrekturmaßnahmen, Einleitung von Vorbeugungsmaßnahmen und Abschluss des Problemlösungsprozesses [JUNG13, S. 13].

Ob ein standardisierter Prozess oder eine Vorgehensweise zur Ergebnismeldung definiert ist oder nicht, spielt nach Aussage der Befragten hinsichtlich der Wissensnutzung keine Rolle. Es gibt keine Korrelation zwischen den Aussagen, ob es einen standardisierten Prozess zur Wissensrückführung gibt und den Aussagen, ob Erprobungswissen ausreichend genutzt wird. Daher ist ein definierter Prozess noch kein Garant dafür, dass die Wissensrückführung mit einem definierten Prozess besser funktioniert als ohne. Für beide Fälle muss es dementsprechend weitere Einflussfaktoren für den Informationsaustausch geben.

4.3 Werkzeuge zur Unterstützung der Erprobungsdokumentation

Der Wissensmanagementansatz nach Probst [PROBST10] enthält acht Bausteine des Wissensmanagements (WM) und ist im deutschsprachigen Raum ein oft zitierter Ansatz, siehe [MERTINS09, S. 18]. Praktiker bewerten allerdings vorrangig vier Aktivitäten als essenziell und wichtig [MERTINS09, S. 18]. Dies belegt die Studie von Heisig [HEISIG01, S. 114 ff.]. Diese vier Kernaktivitäten sind die Wissenserhebung, die Wissenssicherung, die Wissensverteilung und die Wissensnutzung. Diese vier Kernaktivitäten sind auch für die Rückführung von Erprobungswissen zu verwenden. Die Darstellung der Reihenfolge der Kernaktivitäten zur Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung ist exemplarisch am V-Modell nach [VDI 2206 2004] in Bild 4.2 dargestellt. Diese Reihenfolge der Kernaktivitäten und damit der Prozess zur Rückführung von Erprobungswissen lässt sich auch auf die Phasen der Produktentstehung nach [VDI 2221 1993, S. 8 ff.] übertragen. Die Produktentwicklung ist sowohl eine organisatorische Einheit als auch ein Prozess im Unternehmen [PONN08, S. 7]. Der Versuch und die Erprobung sind nach [VDI 2221 1993, S. 8] Teil

des Produktentstehungsprozesses und damit nicht Teil des Produktentwicklungsprozesses. Im V-Modell nach [VDI 2206 2004, S. 29] hingegen ist die Eigenschaftsabsicherung Teil des Vorgehensmodells. Nach Ehrlenspiel [EHRENSPIEL13, S. 8] umfasst die Produktentwicklung mehrere Bereiche als die eigentliche Konstruktion, z. B. noch die Berechnung, den Prototypenbau oder den Versuch. In der Literatur gibt es unterschiedliche Sichtweisen und Definitionen für den Begriff der Produktentwicklung und die Zugehörigkeit der Erprobung.

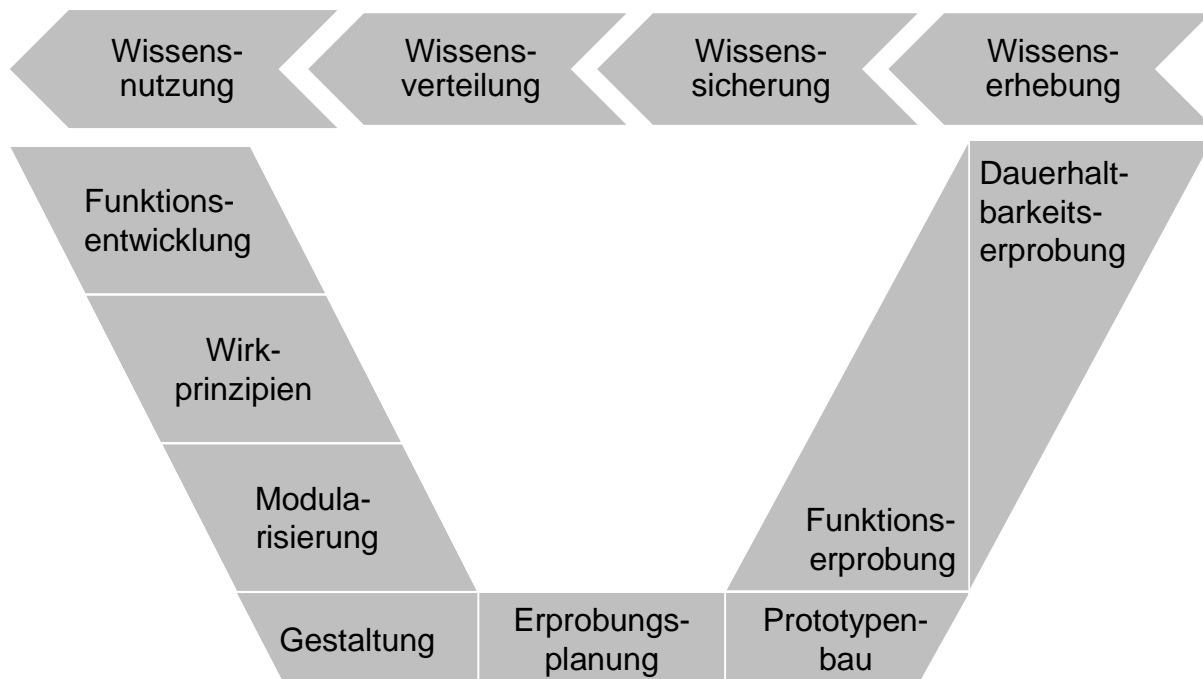


Bild 4.2: Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung, in Anlehnung an [VDI 2206 2004, S. 29]

An dieser Stelle ist die Erprobung eine der eigentlichen Entwicklung folgende, nachgelagerte Phase des Produktentstehungsprozesses. Im begrifflichen Sinne von [VDI 2221 1993], [EHRENSPIEL13, S. 1 f.] oder [FELDHUSEN13] wäre im V-Modell der linke, abwärtsgerichtete Schenkel als der Prozess der eigentlichen Produktentwicklung zu verstehen. Deshalb ist das Wissen aus einem der eigentlichen Entwicklung nachgelagerten Prozess zurückzuführen in die Produktentwicklung, siehe Bild 4.2. Die vier Kernaktivitäten können durch Werkzeuge / Tools unterstützt werden, welche im Weiteren zu untersuchen sind.

Die Wissenserhebung erfolgt in den meisten Fällen manuell durch das Erstellen von Versuchsberichten mit klassischen Office-Anwendungen (33), wie Microsoft Excel,

PowerPoint oder Word. In sieben Fällen verwenden die Unternehmen eigens entwickelte Systeme. Hierzu zählen teilweise webbasierte Tools für die Versuchsdokumentation. Die Dokumentation von Erprobungsinformationen und damit die Wissens-erhebung wird in den meisten Fällen nicht automatisiert unterstützt (34). In einigen Fällen in der Endabnahme wird eine teilautomatisierte Berichterstellung durch den Prüfstand genutzt (2). Skripte und Post-Mortem Funktionen (z. B. nach [GABERSCIK02, S. 81 ff.]) am Prüfstand ermöglichen eine Unterstützung der Messdatendokumentation und –auswertung (4).

Zur Wissenssicherung und damit zur Ablage der Berichte, werden verschiedene Systeme eingesetzt. Die Befragten verwenden dazu:

- eigens entwickelte Erprobungs- / Entwicklungsdatenbanken (24),
- strukturierte Ablage von Berichten auf File-Servern (9),
- Ablage von Berichten im SAP-System (3),
- Ablage in PLM- / PDM-Systemen (2),
- eigens dafür entwickelte Knowledge-Databases (2).

Das Verschlagworten und Kategorisieren von Einträgen findet bei Erprobungsdatenbanken Anwendung, teilweise mit Volltextsuche. Semantische Verknüpfungen wurden im Zusammenhang mit diesen Werkzeugen nicht genannt. In einem Fall ist diese Erprobungsdatenbank über 25 Jahre im Einsatz und stellt heute eine firmeninterne Wissensbasis dar. Angelegt mit entsprechenden Benutzeroberflächen zur Auswertung der Daten, erhält der Entwickler schnellen Zugriff auf die Informationen.

Die Befragung zeigt auf, dass unterschiedliche Werkzeuge zur Anwendung kommen. In den meisten Fällen, z. B. der Wissenssicherung kommen Werkzeuge zum Einsatz, die individuell an das jeweilige Unternehmen und Produkt angepasst werden müssen.

Die Wissensverteilung erfolgt in der bereits in Kapitel 4.2 dargestellten Weise. Die Wissensnutzung bzw. die Bewertung der Wissensnutzung ist von der Sichtweise der Ingenieure und deren Funktion (Konstrukteur / Entwickler oder Versuchsingenieur) abhängig und wird im nächsten Kapitel 4.4 separat untersucht.

4.4 Sichtweise der Befragten zur Wissensnutzung

Die erste Frage in diesem Fragenblock zur Beschreibung des Entwicklungs- bzw. Erprobungsprozesses hat die Intention, das zugrunde liegende Vorgehensmodell zu ermitteln. Die 18 Erprobungs- oder Versuchingenieure beantworteten die Frage „Wie sieht bei Ihnen der Erprobungsprozess aus?“, wie folgt: In sieben von 18 Fällen folgt der Erprobungsprozess dem generischen V-Modell (vgl. z. B. [VDI 2206 2004]), im speziellen Fall der Softwareentwicklung folgte der Erprobungsprozess den Standards des „International Software Testing Qualification Board“ (ISTQB). Die übrigen Prozesse waren firmenspezifisch und konnten von den Befragten nicht einem generischen Vorgehensmodell zugeordnet werden (10).

Zusammenfassend zeigt sich, dass innerhalb der Untersuchung die Erprobung in den meisten Fällen firmenspezifisch und nicht durch ein generisches, allgemeingültiges Vorgehensmodell erfolgt. Dies verstärkt die Vermutung von [BAKELE12] und [WICHNER12], dass eine generische Erprobungsmethodik in Form der Konstruktionsmethodik, z. B. nach [VDI 2221 1993], nicht vorhanden ist.

Aufseiten der Entwicklung (22) wurden in einzelnen Fällen generische Vorgehensmodelle für die Entwicklung konkret benannt (V-Modell (5) und VDI 2221 (2)). In den meisten Fällen entspricht der Entwicklungsprozess firmenspezifischen Vorgehensmodellen, welche sich an den generischen Modellen orientieren. Das zeigt, dass es einen Unterschied zwischen der Forschung (Modelle & Methoden) und der Industrie bzgl. der angewandten Vorgehensmodelle gibt. Daraus lässt sich die Notwendigkeit für die flexible Anpassbarkeit von Modellen und Methoden (Forschungsergebnissen) auf die industrielle Praxis ableiten.

Der nächste Fragenblock des Leitfadens aus dem Anhang beschäftigt sich damit, welche Funktionsabteilung welche Informationen benötigen. Hierfür wurde erfragt „Welche Informationen erhalten Sie zu Beginn aus der Konstruktion?“.

Bei den Informationen, welche die Erprobungsabteilungen aus den Entwicklungsabteilungen erhalten, handelt es sich nach Aussage der Befragten vornehmlich um technische Zeichnungen oder 3D-CAD-Modelle. Als wesentlichsten Aspekt nannten die Teilnehmer aus dem Bereich „Versuch“ (18) Informationen zum Neuheitsgrad einzelner Bauteile, d. h. wie „neu“ sind die Bauteile, werden diese bereits in anderen

Produkten eingesetzt oder welche Erfahrungen hat die Konstruktion mit diesen Bauteilen. Hinzu kommen die Vorgaben zur Art der Erprobung, über zu messende Größen, zum Lastkollektiv und zu den zu testenden Parametern. Speziell diese Daten liefert nicht immer die Entwicklungsabteilung, sondern sie werden bei einigen Firmen von Erprobungsabteilungen vorgegeben. Im Allgemeinen werden zu Beginn der Erprobungsphase diese Informationen in gemeinsamen Besprechungen ausgetauscht und diskutiert, um die erforderlichen Tests zu definieren. Der Erprobungsumfang wird dann meist auf Basis von Standard-Erprobungsportfolios plus einigen individuellen Tests, z. B. für neue Bauteile, definiert.

Die Frage an die Produktentwickler (22) „Welche Informationen aus der Erprobung unterstützen Sie am meisten bei der Konstruktion der Bauteile?“ lieferte die nachfolgenden Ergebnisse. Nicht jeder Teilnehmer gab auf diese Frage eine Antwort. Entwickler / Konstrukteure werden nach eigener Ansicht bei ihrer Arbeit durch folgende Informationen aus der Erprobung am meisten unterstützt:

- Reifegradentwicklung des gesamten Produkts (4),
- Schadens- / Fehlersituation (2),
- Schadensentstehung / Ursache (2),
- Lastkollektive und Betriebsbedingungen des Produkts (2),
- Gesetzmäßigkeiten, Einflussparameter und deren Auswirkungen (1),
- Schwachstellen und Mängel (1),
- Informationen über einzelne Produkteigenschaften zum Vergleich mit Anforderungen (1),
- Qualität von Berechnungsmodellen (Verifizierung Modell vs. Realität) (1),
- Optimierungs- / Verbesserungspotenziale (1),
- Geometrien für ein optimiertes CAD-Modell (1).

Die Antwortmöglichkeiten wurden nicht vorgegeben, und die Antworten der Teilnehmer wurden durch den Autor in diese Klassen eingeteilt.

Informationen zur Reifegradentwicklung mit dem Ziel der Überwachung des Projektfortschritts wurden am häufigsten genannt. Diese Angabe wurde vorwiegend von Teamleitern gegeben. Es ist anzunehmen, dass Personen unterschiedlicher Hierarchieebenen unterschiedliche Informationen fordern. D. h., Sachbearbeitern und Füh-

rungskräften müssen Informationen aus dem Prüffeld in unterschiedlicher Form zur Verfügung gestellt werden.

Die Antworten auf die Frage „Stehen Ihnen die notwendigen Informationen zur Verfügung und können Sie darauf zugreifen?“ fallen unterschiedlich aus. In den meisten Firmen haben sowohl Entwicklung als auch Erprobungsabteilung Zugriff auf alle dokumentierten Messdaten und Erprobungsinformationen (11). In einigen Fällen hat nur die Erprobungsabteilung Zugriff (9). In diesem Fall müssen die Entwickler / Konstrukteure auf die Informationen des Versuchsingenieurs zurückgreifen. In keinem der beschriebenen Fälle wurde dies als ein Problem des Entwicklers / Konstrukteurs angesehen, da z. B. die Versuchsingenieure die Daten ohnehin schneller finden oder weil die Auswertung der Datenbanken sehr komplex ist. Die übrigen Befragten gaben hierzu keine Antwort.

Auf die Hauptforschungsfrage in diesem Bereich „Wird aus Ihrer Sicht das im Versuch generierte Wissen in der Konstruktion ausreichend genutzt?“, fällt die Antwort wie in Bild 4.3 dargestellt aus. Es bleibt zu beachten, dass dies eine qualitative Studie darstellt. Diese Frage wurde allen Teilnehmern in gleicher Weise gestellt. Es wurden die drei Antwortmöglichkeiten „Ja“, „Nein“ und „Teilweise“ vorgegeben. Die Antwort „Ja“ bedeutet, dass das Wissen aus der Erprobung umfassend genutzt wird und es die Produktentwicklung effektiv unterstützt. Die Antwort „Nein“ bedeutet, dass es Probleme und Verbesserungsmöglichkeiten bei der Wissensnutzung gibt. Die Antwort „Teilweise“ bedeutet, dass z. B. die Wissensnutzung innerhalb eines Projekts effektiv erfolgt, aber z. B. nicht projektübergreifend über mehrere parallele oder sequenzielle Projekte. Diese Bewertung erfolgt somit auf dem subjektiven Eindruck der Befragten, was dem Wesen einer qualitativen Untersuchung entspricht. Dieser Einfluss wurde bereits in Kapitel 3 erläutert. Wenngleich diese Auswertung auf subjektiven Eindrücken der Befragten, vornehmlich Führungskräften, beruht, ist gerade aus diesem Grund die Auswertung als valide zu betrachten, da es um team- oder abteilungsübergreifende Fragestellungen geht. Es ist anzunehmen, dass die Führungskräfte einen tieferen Einblick in den Wissensaustausch zwischen den Teams oder Abteilungen haben.

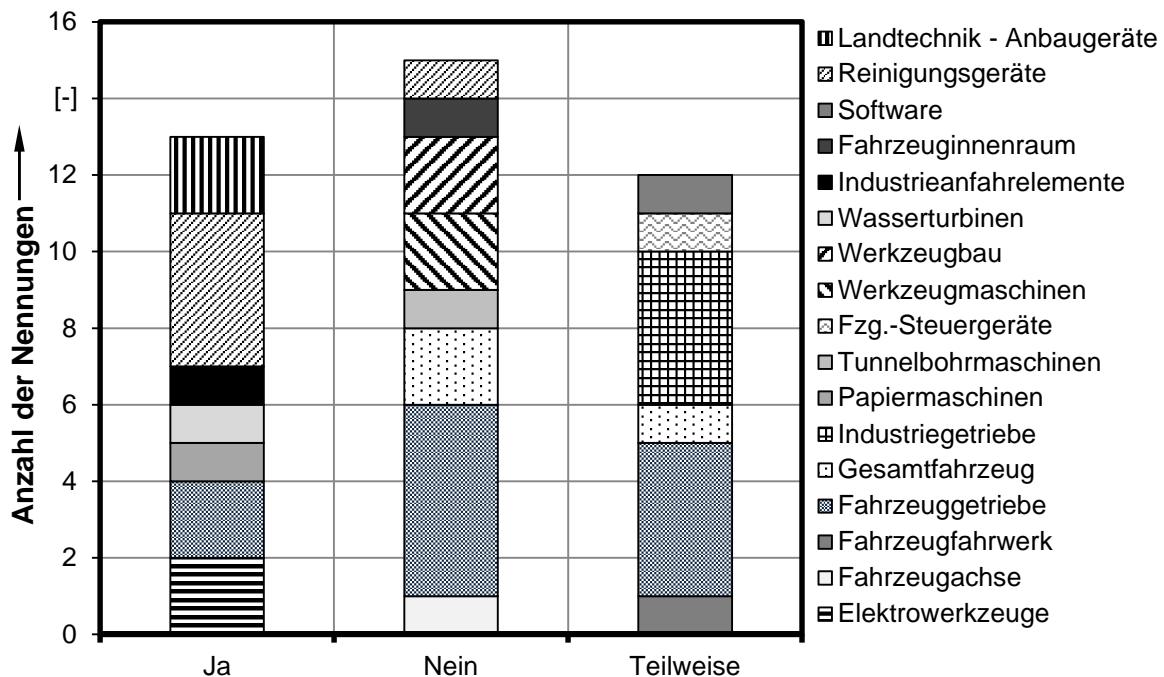


Bild 4.3: Häufigkeitsverteilung der Antworten auf die Frage, ob das Erprobungswissen ausreichend genutzt wird [KARTHAUS14, S. 256]

In Bild 4.3 ist eine fast gleichmäßige Verteilung auf die drei Antwortmöglichkeiten festzustellen. Im Bereich der Fahrzeuggetriebe und der Industriegetriebe lässt sich eine meist nur unzureichende Wissensnutzung feststellen. Im Werkzeugmaschinenbau und im Werkzeugbau scheint die Wissensnutzung ebenfalls nur unzureichend zu funktionieren. Im Bereich der Reinigungsgeräte oder der Elektrowerkzeuge hingegen scheint das Wissen sehr gut genutzt zu werden. Die Firmen, bei denen das Wissen effektiv genutzt wird, sind tendenziell in Branchen tätig, in welchen die Versuchstechnik historisch gewachsen ist, z. B. der Wasserturbinenbau oder die Landtechnik, oder es sind Produkte mit beherrschbarer Komplexität, wie z. B. die Anfahrteile, Reinigungsgeräte oder Elektrowerkzeuge.

Die Verteilung ist bei den Versuchsingenieuren und den Konstrukteuren nahezu identisch. Hier scheint es keinen Einfluss der Funktion bzw. der Sichtweise der Ingenieure zu geben. Die Verteilung der Antworten aus Bild 4.3 auf die unterschiedlichen Hierarchieebenen (siehe Kapitel 3.2) in den einzelnen Unternehmen ist nahezu gleichverteilt. Die Sachbearbeiter antworteten exakt gleichverteilt mit „Ja“ (2) und „Nein“ (2).

Weitere vermutbare Einflussfaktoren sind die Organisationskomplexität und die Produktkomplexität.

In Bild 4.4 ist die Mitarbeiteranzahl als Einflussfaktor für eine effektive Nutzung von Erprobungswissen erkennbar. Aus Bild 4.4 ist zu schließen, dass mit steigender Mitarbeiterzahl die Wissensnutzung erschwert wird.

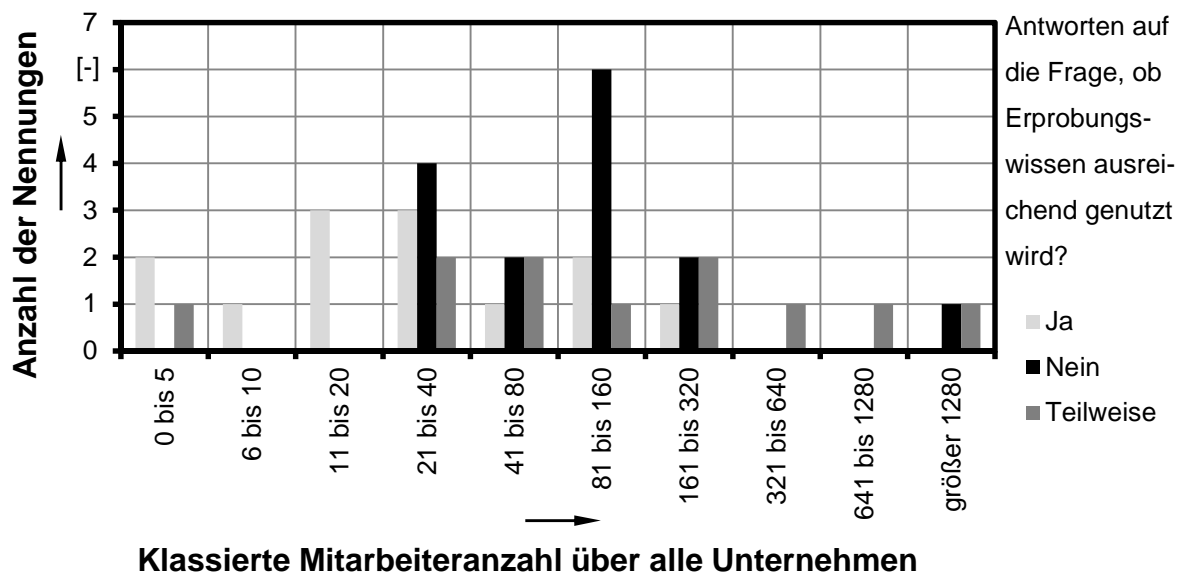


Bild 4.4: Häufigkeitsverteilung der Antworten, ob Erprobungswissen ausreichend genutzt wird, in Abhängigkeit von der Mitarbeiteranzahl

Dieses Phänomen, dass die Organisationskomplexität die Wissensnutzung beeinflusst, ist erwartbar und kann durch andere Literaturstellen bestätigt werden, z. B. [ECKERT01, S. 47 f.]. Vor allem die Wissensverteilung muss bei einer hohen Anzahl von an der Entwicklung beteiligten Personen methodisch unterstützt werden.

Für die weitere Analyse sind die Antworten „Nein“ und „Teilweise“ interessant. Es ist festzustellen, dass die Personen, die diese Antworten gaben, tendenziell aus dem Bereich der komplexen Maschinen wie dem Werkzeugmaschinenbau, dem Fahrzeugbau, dem Fahrzeug- oder Industriegetriebbau stammen. Eine allgemeine Abhängigkeit von der Produktkomplexität zeigt sich aber nicht, vgl. Bild 4.5. Dazu wären weitere Untersuchungen durchzuführen und mehr Daten über die Produkte zu erheben, vgl. hierzu die Erläuterungen zur Komplexität in Kapitel 3.2.

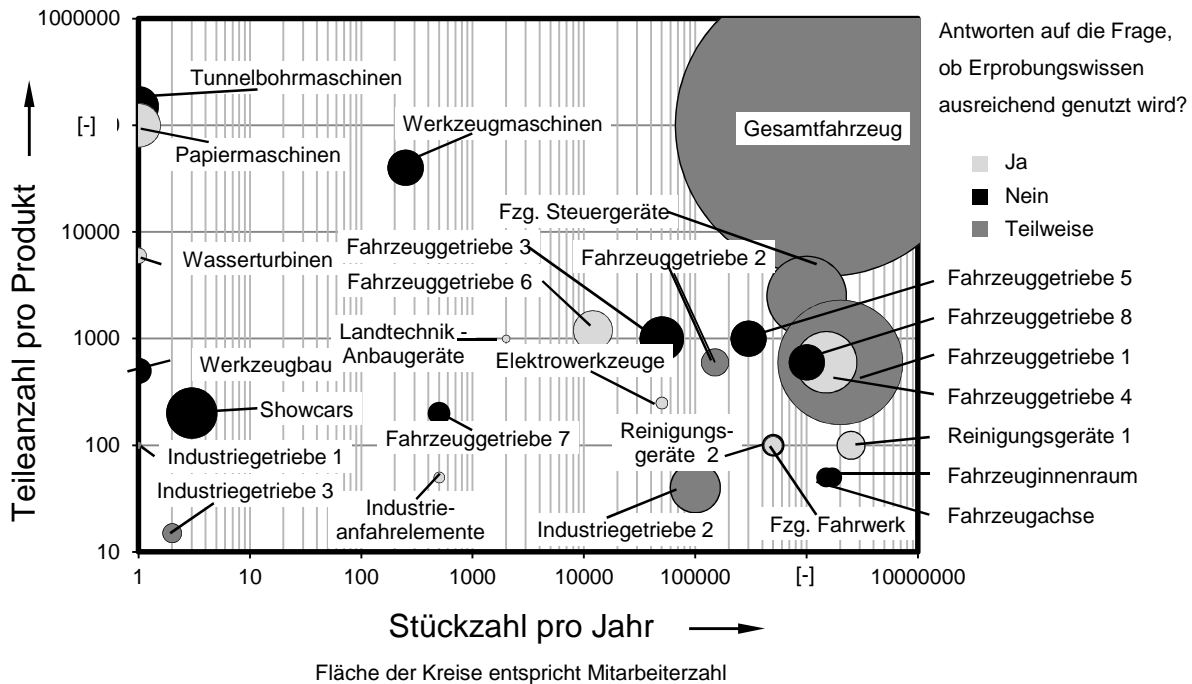


Bild 4.5: Auswertung der Antworten, ob Erprobungswissen ausreichend genutzt wird in Abhängigkeit von Produktkomplexität und Stückzahl

Die Antworten auf die Frage „Welche Ursachen gibt es für eine nicht ausreichende Wissensnutzung?“ finden sich in Bild 4.6. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die Personen, welche mit „Nein“ (15) oder „Teilweise“ (12) geantwortet haben. Mehrfachnennungen waren möglich. Die Antworten waren nicht vorgegeben und wurden vom Autor in diese Kategorien eingeteilt.

Ein Hauptaspekt für die Schwierigkeiten bei der Rückführung und Nutzung von Erprobungswissen ist laut der Befragten, dass bewährte Lösungen, Maßnahmen und Erfahrungen sowohl innerhalb als auch über Projekte hinweg nicht ausreichend oder nicht systematisch dokumentiert werden. Der zweite Aspekt ist die Motivation der Mitarbeiter zu kommunizieren, zu dokumentieren sowie die Bereitschaft, Wissen weiterzugeben. Unter dem Aspekt „Fokussierung verhindert Informationserhebung“ (siehe Bild 4.6) ist zu verstehen, dass durch den Fokus auf ein bestimmtes Bauteil die Informationen über die Peripherieteile der Erprobung verloren gehen, z. B. bei der Erprobung der Dauerhaltbarkeit des Automatikgetriebes werden keine Daten über den Motor aufgezeichnet, da z. B. das Lastkollektiv für den Motor nicht repräsentativ ist.

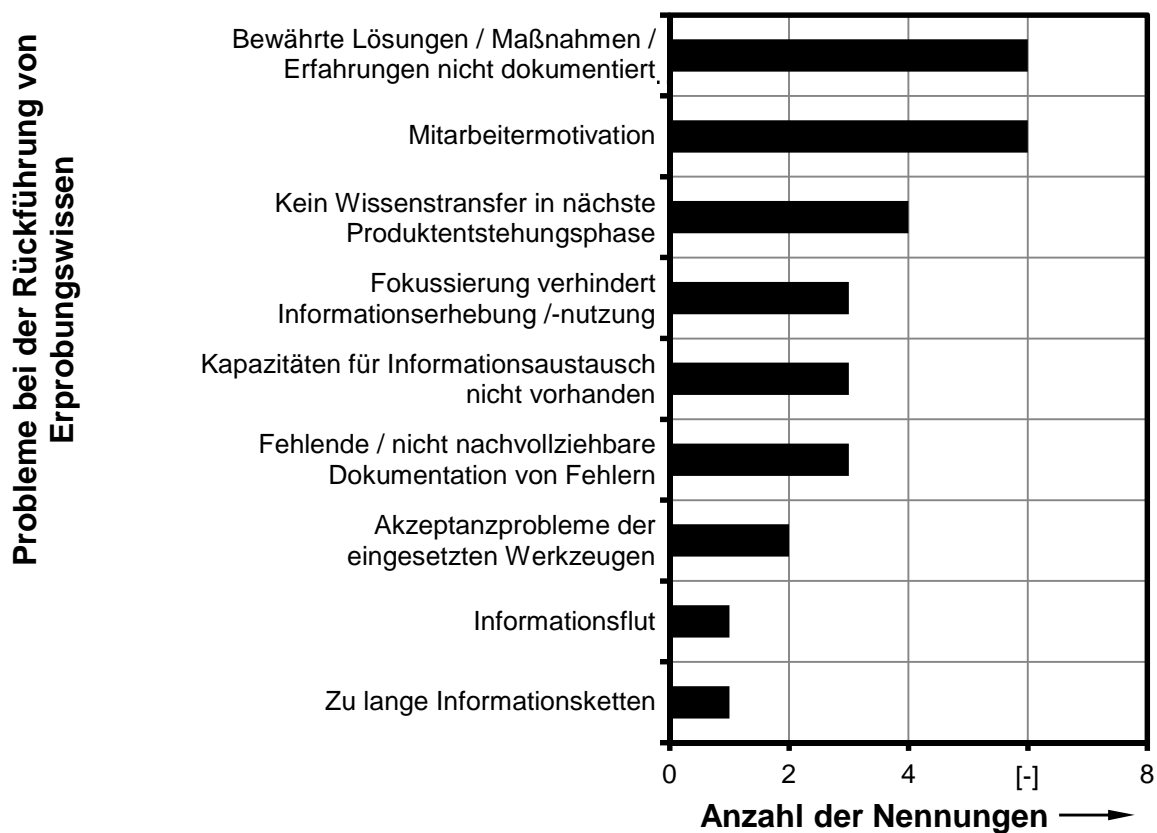


Bild 4.6: Rangfolge der Ursachen / Einflussfaktoren für nicht ausreichende Nutzung und eine mangelnde Rückführung von Erprobungswissen in Anlehnung an [KARTHAUS14, S. 257]

Die Frage, ob bereits erkannte Fehler in neuen Projekten oder innerhalb des Projekts wieder gemacht werden bzw. erneut oder vermehrt auftreten, stellt eine mögliche Folge von nicht ausreichender oder ineffektiver Wissensnutzung dar. 24 Personen antworteten mit „Ja“ und 5 Personen mit „Nein“. Die übrigen Personen gaben keine Antwort auf diese Frage oder bekamen diese Frage aus Zeitgründen nicht gestellt. Die Antworten der Personen korrelieren mit den Aussagen zur ausreichenden Wissensnutzung. Dies stellt eine für diese Gruppe valide Aussage dar.

Somit ist anzunehmen, dass eine zentrale Konsequenz von ineffektiver Wissensnutzung die Wiederholung von Fehlern ist. Das betrifft sowohl die Anzahl der Wiederholungen gleicher Fehler als auch die Anzahl der unterschiedlichen sich wiederholenden Fehler.

Die nächste Frage „In wie weit geben Sie der Versuchsabteilung Rückmeldung über die konstruktiven Änderungen?“ bzw. aus Versuchssicht: „In wie weit erhalten Sie im

Versuch Rückmeldung über die konstruktiven Änderungen?“ zielt darauf ab, wie der Informationsfluss von der Entwicklungsabteilung in die Versuchsabteilung funktioniert, nachdem aufgrund der Informationen aus dem Versuch Änderungen durchgeführt wurden.

Die Änderungen, die auf Erprobungsergebnissen basieren, werden aus Sicht der Befragten oft nicht an die Erprobung kommuniziert, sondern werden dort meist erst bei der nächsten Erprobung wahrgenommen. Diese Vorgehensweise ist in vielen Fällen der Befragten in Versuchsabteilungen akzeptiert, auch wenn mehr Informationen gewünscht sind. Aus Sicht der Entwickler erhalten die Versuchsingenieure die Information über Änderungen, da diese bereits bei der Lösungsfindung beteiligt sind. Die Änderungen, die auf Basis von Versuchsergebnissen durchgeführt werden, fließen bei einigen Befragten auch in gemeinsame Dokumente (Arbeitsblätter oder Entwicklungshandbücher) ein.

4.5 Potenziale, Chancen und Verbesserungen

Zur gezielten Forschung auf dem Gebiet der Rückführung von Erprobungswissen ist die Kenntnis über Verbesserungen aus Sicht der Industrie notwendig. Dazu soll folgende Frage dienen: „Wo sehen Sie Potenziale (Maßnahmen / Entwicklungen) in der Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Erprobung um die Effizienz für die Produktentwicklung zu steigern?“. Die Potenziale für eine effizientere Produktentwicklung zwischen Erprobung und Entwicklung / Konstruktion ergeben sich nach Bild 4.7. Mehrfachnennungen waren möglich. Die Antworten der Teilnehmer zu dieser Frage waren sehr spezifisch und wurden von dem Autor in die gewählten Kategorien eingeteilt. Die Ergebnisse zeigen, dass aus Sicht der Industrie Methoden des Wissensmanagements dazu geeignet sind, die aufgezeigten Probleme zu lösen. Kapitel 4.3 verdeutlicht, dass die Verbreitung von Wissensmanagementtools und WM-Methoden nicht sehr groß ist. Das lässt auf Hemmnisse bei der Einführung und Auswahl von WM-Methoden zur Verbesserung der Wissensnutzung in der Industrie schließen. In Verbindung mit den Antworten auf die Frage nach den Konstruktions- und Erprobungsprozessen lässt sich schließen, dass die Praktikabilität und die firmenspezifische Anpassung von WM-Methoden diese Hemmnisse verursachen.

In Anlehnung an Ehrlenspiel [EHRENSPIEL13, S. 146], sind Werkzeuge oder Tools konkretere Teilmethoden oder Computerwerkzeuge. Im vorliegenden Fall wurden konkreten WM-Werkzeugen, in der Regel Softwareprogrammen, Potenziale zur Verbesserung der Rückführung von Erprobungswissen zugesprochen. Die Potenziale für automatisierte Methoden zur Berichterstellung (7), wie diese in Bild 4.7 zu sehen sind, werden speziell im Bereich der Fahrzeuggetriebe (4) stark gefordert.

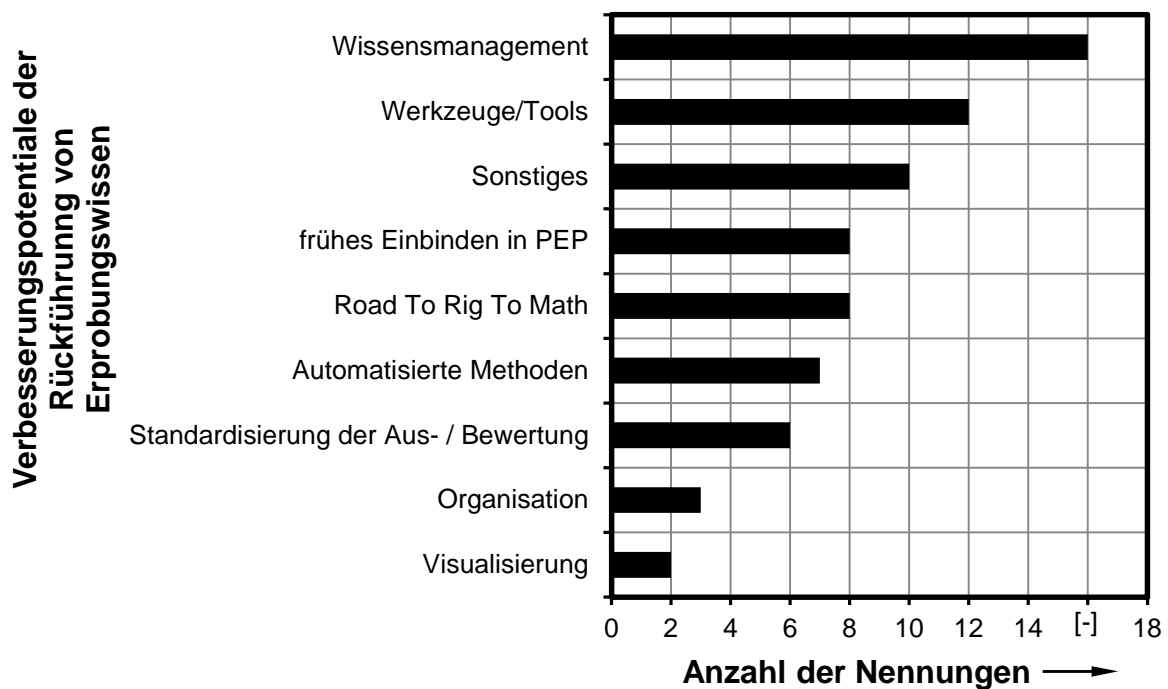


Bild 4.7: Rangfolge der Potenziale für eine effizientere Zusammenarbeit zwischen Erprobung und Konstruktion in Anlehnung an [KARTHAUS14, S. 258]

Darunter zu verstehen sind Methoden die möglichst weitestgehend automatisiert dokumentieren. Ansätze bieten [KARTHAUS13] und [SCHENK13]. Unter dem Begriff „Road to Rig to Math“ aus Bild 4.7 wird die Verlagerung der Erprobungsumfänge von der Straße auf den Prüfstand und von dort in die Berechnung verstanden [KIRCHNER07, S. 645 ff.]. Damit sind die Produkteigenschaften „früher“ im PEP bekannt, was zu einer Verkürzung der Regelkreise zur Informationsrückgabe führt.

Im Gegensatz dazu ist unter dem Punkt „früheres Einbinden in den PEP“ (siehe Bild 4.7), nicht eine Verlagerung von Prüfumfängen auf andere Methoden der Eigenschaftsanalyse (z. B. Simulation), sondern das frühestmögliche Testen mit gleichen Methoden und das frühestmögliche Einbinden der Versuchingenieure zu verstehen.

Bei der Frage: „Was sind Ihrer Meinung nach die Erfolgsfaktoren für eine effiziente Zusammenarbeit zwischen Erprobung und Konstruktion?“ wurden die Antwortmöglichkeiten „Kommunikation“, „Ergebnisrückführung“, „Ablauf“ und „Daten“ vorgegeben. Die zwei meist genannten Antworten waren an erster Position die Kommunikation und an zweiter Position die Ergebnisrückführung, siehe Bild 4.8. Der Begriff Daten wurde von keinem der Teilnehmer genannt und ist folglich in Bild 4.8 nicht dargestellt. Die Erfolgsfaktoren geben Handlungsempfehlungen für weitere Forschungen vor. Die gemeinsamen Ziele als Erfolgsfaktor in Bild 4.8 wurden von den Teilnehmern ergänzt.

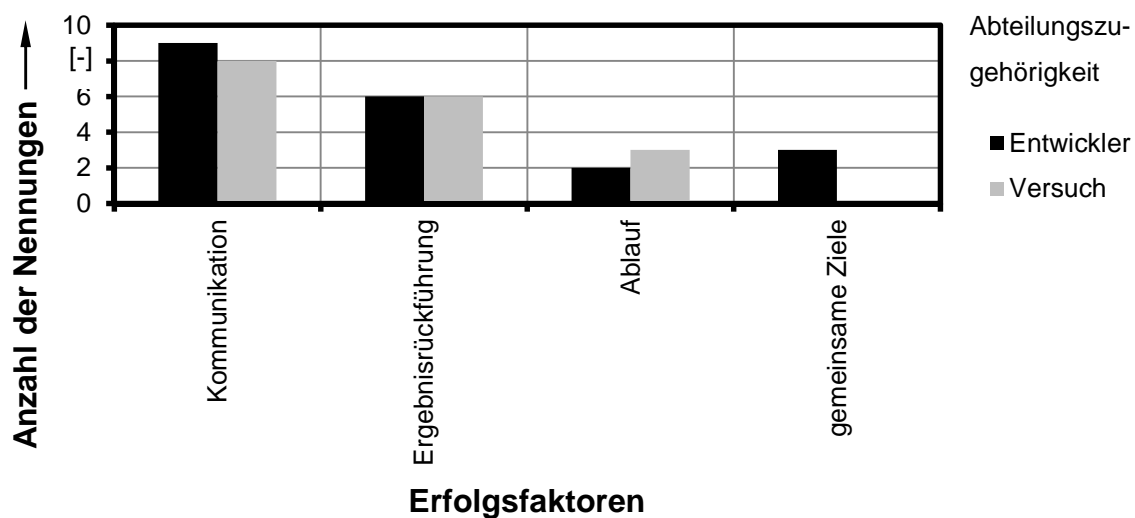


Bild 4.8: Erfragte Erfolgsfaktoren für eine effektive Zusammenarbeit zwischen Erprobung und Konstruktion / Entwicklung

Zusätzlich wurden die Teilnehmer gebeten, ihre Auswahl zu erläutern. Dabei ergaben sich folgende Teilnehmeraspekte zum Erfolgsfaktor der Kommunikation aus Bild 4.8: Die Abstimmung untereinander, das Miteinanderarbeiten, die Hemmschwellen Kontakt zu suchen und aufzubauen, Spaß an der Arbeit, Teamgeist, räumliche und organisatorische Nähe, die Firmenkultur, die Motivation und Offenheit der Mitarbeiter, das Weitergeben von Erfahrung oder das Lernen von Erfahrenen. Hierzu ein wörtliches Zitat eines Teilnehmers: „Alles was technisch machbar ist, kann nur gelingen, wenn die Menschen miteinander reden“.

Beim Erfolgsfaktor der Ergebnisrückführung aus Bild 4.8 geht es nach Ansicht der Befragten nach um folgende Aspekte:

- Die exakte Dokumentation der Beobachtung,
- die Ergebnisse plakativer und zugänglicher zu machen,
- die Aufbereitung der Daten und Statistiken in Datenbanksystemen,
- die Kondensierung der Informationsvielfalt auf die wesentlichen Daten,
- den Prozess der Fehleranalyse zu unterstützen und
- die Daten so aufzubereiten, dass man schnell am Problem ist, um über dieses zu diskutieren.

Weitere Aspekte sind:

- Die Daten in einer Sprache darzustellen,
- die beiden Bereiche Erprobung und Konstruktion zu verstehen,
- das Konservieren und Verfügbarmachen von Wissen, weil dadurch Fehler vermieden werden können,
- die Dokumentation der Ereignisse und Ergebnisse,
- das Rückspiegeln und Aufbereiten der Ergebnisse sowie die nachvollziehbare Dokumentation aller Ereignisse am Prüfstand für die Analyse im Schadensfall.

Die ErgebnISRückführung kann durch gezielten Methodeneinsatz deutlich besser unterstützt werden, dazu ist weitere Methodenforschung notwendig.

Die gemeinsamen Ziele als Erfolgsfaktor aus Bild 4.8 wurden ausschließlich von Entwicklern genannt. In der Erläuterung der Teilnehmer zeigte sich, dass die Ziele der Erprobung meist nicht klar waren. Für den Entwickler / Konstrukteur scheint sein Produkt nicht repräsentativ, nicht kundennah oder überbeansprucht erprobt zu werden. Diese Tatsache ist ein mögliches Zeichen für das Fehlen des gegenseitigen Verständnisses der Abteilungen oder des Verständnisses der Erprobungsmethodik. Das würde das Vorherrschen von Abteilungsdenken (vgl. z. B. [EHRENSPIEL13, S. 248] widerspiegeln. Ziel muss es sein, ein gemeinsames Verständnis aufzubauen.

4.6 Aufbereitung und Analyse der Ergebnisse

Für die Rückführung von Erprobungswissen kann auf Basis der Industriebefragung folgendes Modell erstellt werden, siehe Bild 4.9. Das sogenannte „Reference Model“ ist ein Beschreibungsmodell von kausalen Zusammenhängen zur Problembeschreibung der Ist-Situation in der Produktentwicklung [BLESSING09, S. 20 ff.].

Das Modell fasst die Ergebnisse dieser Studie zusammen. Dabei ist der zentrale Aspekt die effektive Nutzung von Erprobungswissen. Die Ursachen und die Folgen sind als Faktoren bis hin zum Unternehmenserfolg mit kausalen Zusammenhängen verknüpft und im Modell dargestellt. Die Auswirkung der Änderung eines Faktors auf den nächsten Faktor wird innerhalb des Modells für steigende Beeinflussung mit „+“ und sinkende Beeinflussung mit „-“ dargestellt. Diese Beeinflussung bezieht sich dabei auf das Attribut des jeweiligen Faktors (z. B. Anzahl, Anteil, Vollständigkeit etc.). Bspw. führt ein geringerer Grad an Mitarbeitermotivation zu einem sinkenden Anteil an effektiv genutztem Erprobungswissen. Zusammenhänge, die in Bild 4.9 nicht mit Quellenangaben versehen sind, entstammen dieser Studie. Da nach den Ursachen für eine ineffektive Wissensnutzung gefragt wurde, sind die Beeinflussungen auf den Anteil des effektiv genutzten Erprobungswissens mit Minus dargestellt.

Eine Erkenntnis aus der Studie ist der Zusammenhang zwischen ungenutztem Erprobungswissen und der Folge der Fehlerwiederholungen. Diese Folge der Fehlerwiederholung kann über die „rule of ten“ oder „Zehnerregel“ mit dem Unternehmenserfolg in Bezug gebracht werden, siehe Bild 4.9. Je später im Produktentstehungsprozess Fehler entdeckt werden, umso höher sind die Kosten für notwendige Änderungen, um den Fehler zu beheben [EHRENSPIEL13, S. 142 ff. oder S. 518].

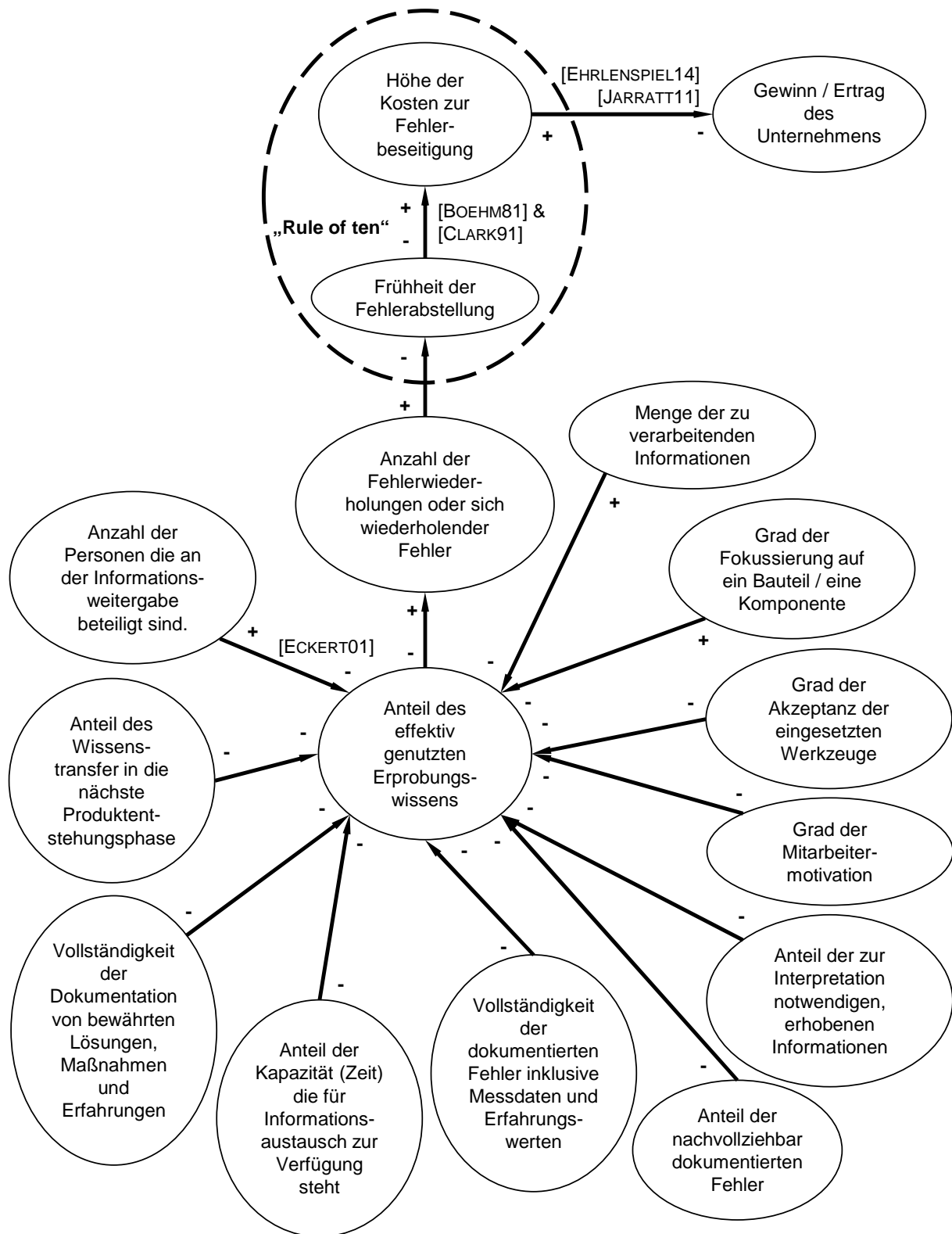


Bild 4.9: Ist-Zustandsbeschreibung der Rückführung von Erprobungswissen mittels „Reference Model“

Clark und Fujimoto [CLARK91, S. 124 & S. 93] fanden in ihren Studien heraus, dass in der Automobilindustrie Änderungen eher die Regel als die Ausnahme sind. Bestäti-

gen konnte das unter anderem Fricke [FRICKE00, S. 170]. Im Rahmen seiner Studie zeigte sich, dass ca. 30 % der Arbeitsaufwendungen für Änderungen benötigt werden.

Ehrlenspiel [EHRENSPIEL13, S. 142] gibt als Quelle für die „Rule of ten“ [CLARK91] an. Die „rule of ten“ geht aber schon auf frühere Untersuchungen von Boehm [BOEHM81] zurück. Diese Einschätzung teilt z. B. auch [FRICKE00, S. 176 f.]. Boehm [BOEHM81, S. 39 ff.] fand heraus, dass es zwischen den Softwareentwicklungsschritten (Anforderungen, Entwurf, Programmieren, Entwicklungstest, Akzeptanztest, Einsatz) und den Kosten zur Fehlerbeseitigung bzw. Softwareänderung einen exponentiellen Zusammenhang gibt. Hinzu kommt, dass Änderungen zur Verbesserungen des Produkts zum Ende des Projekts höhere Kosten verursachen [CLARK91, S. 123]. Das wird vor allem im Zusammenhang mit dem frühzeitigen „Erkennen technischer Probleme“ durch die Erprobung und damit zur rechtzeitigen Verbesserung des Entwurfs genannt [CLARK91, S. 123]. Unklar bleibt bei Clark [CLARK91], ob eine stärkere Integration der Erprobung eine Reduktion von technischen Änderungen bewirkt und welche Auswirkungen dies auf die gesamte Produktentwicklung hat [CLARK91, S. 221]. Clark und Fujimoto führen an, dass zwar die Anzahl der Änderungen zwischen japanischen und westlichen Herstellern ähnlich sind [CLARK91, S. 125], die Änderungskosten, z. B. für die Werkzeugherstellung, aber unterschiedlich [CLARK91, S. 188] sind. Dies liegt nach Einschätzung von Clark und Fujimoto an der unterschiedlichen Einstellung der Konstrukteure und Werkzeughersteller gegenüber Änderungen und der Art der Durchführung, was folgendes Zitat beweist: „Die Unterschiede in der Vorgehensweise [zwischen westlichen und japanischen Herstellern] liegen nicht in den Zahlen, sondern in Inhalt und Methode. Prozeduren [zwischen westlichen und japanischen Herstellern] sind weniger bürokratisch und mehr auf schnelle Durchführung als auf Prüfung und Abgleich ausgerichtet. Dieses Vorgehen legt mehr Gewicht auf früh statt spät, sinnvoll statt unnötig und schnell statt langsam. Ingenieure ändern früher, wenn Kosten und Termindruck noch relativ niedrig sind“ [CLARK91, S. 125]. Das Wesen der „rule of ten“ geht auf diese zwei Quellen zurück. Die Namensgebung bleibt unklar. Zwar fand die „Zehnerregel“ Eingang in den zurückgezogenen Entwurf [VDI 2247 1994, S. 6] und beschreibt ähnlich wie Boehm [BOEHM81, S. 39 ff.], dass die Kosten zur Beseitigung eines Fehlers von einer Phase zur nächsten Phase des

Produktlebenszyklus, in welcher dieser entdeckt und abgestellt wird, exponentiell ansteigen. Leider ist in [VDI 2247 1994, S. 6] die Quelle „Daimler Benz“ als Ursprung der „Zehnerregel“ angegeben, welche nicht weiter zurückverfolgt werden konnte.

Somit ist der Zusammenhang zwischen der Anzahl der Fehlerwiederholungen und deren Kosten erklärbar. Die Anzahl der Fehlerwiederholungen wirkt sich auf die „Frühheit“ (siehe Bild 4.9) der Abstellung aus. Ein Fehler ist als abgestellt zu betrachten, wenn der identische Fehler nicht mehr auftritt. Allerdings treten Fehler, bis diese als solche erkannt und als „abzustellen oder zu beheben“ eingestuft werden, oft häufiger auf oder werden bewusst während der Erprobung reproduziert. Somit hängt der Zeitpunkt der Abstellung von der letzten Fehlerwiederholung ab. Der Umkehrschluss, je früher der Fehler abgestellt wird, je weniger Fehlerwiederholungen treten auf, ist zulässig. Die steigende Anzahl von unterschiedlichen parallel auftretenden Fehlern wirkt sich auch auf die Frühheit der Fehlerabstellung auf, da die Kapazitäten der Mitarbeiter begrenzt sind und die Fehler dann sequenziell abgestellt werden. Damit verschiebt sich bei einigen Fehlern der Zeitpunkt der Fehlerabstellung.

Die Entwicklung kostengünstiger Produkte dient nach Ehrlenspiel [EHRENSPIEL14, S. 10 ff.] als Strategie zur Ertragssteigerung und trägt somit zum Unternehmenserfolg bei. Bei der Entwicklung kostengünstiger Produkte kann nach Ehrlenspiel [EHRENSPIEL14, S. 14] die Bedeutung der frühen Entwicklungsphasen nicht genug betont werden und er nimmt Bezug auf die „rule of ten“. Somit stellt Ehrlenspiel [EHRENSPIEL14] den Zusammenhang zwischen den Änderungskosten und dem Unternehmenserfolg her. Eine frühere Erkennung von Fehlern und deren Beseitigung trägt also zum Unternehmenserfolg bei. Dies bestätigt auch der Überblick über Änderungen im Ingenieurwesen von Jarratt [JARRATT11, S. 112 f.].

Die Herausforderung ist es, innerhalb eines Unternehmens die jeweiligen Situationen bzw. Probleme aus dem „Reference Model“ (Bild 4.9) zu erkennen und systematisch Methoden zu deren Lösung auszuwählen. Diese Methoden sind firmenspezifisch anzupassen und wenn nötig, sind Unterstützungswerkzeuge / Tools zu entwickeln.

5 Schlussfolgerungen

Folgende Schlussfolgerungen ergeben sich aufgrund der vorgestellten Ergebnisse:

1. Das aufgezeigte Problem, dass nicht alle Fehler nachvollziehbar dokumentiert werden, ist kein Problem einzelner Firmen und Branchen, sondern ist durchaus in mehreren Branchen relevant. Besonders bei scheinbar komplexen Produkten (hohe Teile- und Stückzahl) mit komplexen Organisationen (hohe Personenanzahl) tritt dieses Problem vermehrt auf. Eine Herausforderung ist die Beherrschung der gesamten Komplexität im Fehlerfall.
2. Es gibt unterschiedliche Ursachen, die eine Wissensnutzung erschweren. Diese Ursachen sind aus anderen Quellen / Untersuchungen teilweise bekannt und konnten für das Problem der Wissensrückführung von Erprobungswissen bestätigt werden.
3. Einige Ursachen für die unzureichende Wissensnutzung, z. B. die Motivation der Mitarbeiter, können durch technische Methoden nur schwer unterstützt werden, sondern eher durch Führungs- und organisatorische Methoden (z. B. Job Rotation o. ä.).
4. Bei einigen Ursachen, z. B. der Vollständigkeit der dokumentierten Fehler, dem Anteil der nachvollziehbar dokumentierten Fehler oder der Menge der zu verarbeitenden Informationen, ist der Einsatz von Wissensmanagementmethoden zur effektiveren Nutzung des Erprobungswissens und zur Verbesserung der Wissensrückführung möglich.
5. Die Frage nach den Folgen von ungenutztem Erprobungswissen zeigt, dass Fehler passieren. Von diesen Fehlern können Entwickler lernen. Die Behebung des Fehlers führt zu einer steigenden Produktqualität. Es ist allerdings nicht gewollt, dass gleiche Fehler mehrfach auftreten und von Neuem behoben werden müssen. Dennoch tritt dieses Phänomen in der industriellen Praxis auf. Hier zeigen sich Forschungspotenziale für Methoden zur Fehlervermeidung und zur Verbesserung der Rückführung von Erprobungswissen auf dem Gebiet des Wissensmanagements.
6. Der Einsatz von Datenbanken zur Wissenssicherung scheint Stand der Technik zu sein. Die automatisierte Erhebung (z. B. durch die Prüfstandsautomatisierung)

von Informationen zur Erstellung von Berichten zur Wissensvermittlung vom Prüfstand zum Konstrukteur / Entwickler kommt teilweise bei standardisierten Fällen in späten Entwicklungsphasen zum Einsatz. Automatisierte (oder teilautomatisierte) Methoden zur Erhebung von Informationen zur Erstellung von Berichten scheinen nach Ansicht der Befragten in der Fahrzeugindustrie besondere Potenziale zu bieten, siehe Bild 4.7.

7. Es besteht Potenzial für weitere Forschung im Bereich der anwendungs- und praxisnahen Methoden und Tools, um eine effizientere Rückführung des Erprobungswissens zu ermöglichen. Die Frage nach den Konstruktions- und Erprobungsprozessen zeigt, dass Methoden und Tools nur Anwendung finden, wenn diese firmenspezifisch angepasst werden können.
8. Die Methoden des Wissensmanagements können aus Sicht der Befragten zur Verbesserung der Rückführung von Erprobungswissen zwischen Konstruktion / Entwicklung und Erprobung angewandt werden. Potenziale aus Sicht der Verfasser bieten hierzu die Beherrschung der Komplexität der Fehleranalyse und -dokumentation, der Ergebnis- oder Ereignisinterpretation oder der Wissensverteilung innerhalb der unterschiedlichen Unternehmensbereiche.
9. Unternehmen und ihre Produkte sind individuell und die Erprobungsinformationen sind es ebenfalls. So sind der generische Prozess der Wissensrückführung (aus Bild 4.2), die Methoden und speziell die Tools, um diesen Prozess zu unterstützen, an jedes Unternehmen zu adaptieren.
10. Die Erfolgsfaktoren für eine effizientere Zusammenarbeit zwischen Erprobung und Konstruktion sind die Kommunikation zwischen Entwickler / Konstrukteur und Versuchsingenieur sowie die Ergebnissrückführung. Dazu ist Forschung nach praktikablen Methoden notwendig.

Wichtig ist die Erkenntnis, dass die Industrie die Sichtweise vertritt, dass diese Probleme mit Methoden des Wissensmanagements gelöst werden können, siehe Bild 4.7. Dazu müssen diese praxisnah und anwendungsfallspezifisch angewendet werden können, siehe Kapitel 4.5. Dafür ist eine praktische, situationsspezifische Auswahl von Methoden notwendig.

6 Zusammenfassung und Ausblick

In der Literatur wird die Rückführung von Wissen gefordert, um die Effizienz und die Effektivität der Produktentwicklung zu verbessern. Das Ziel dieser Studie war es, den Stand der Technik zur Rückführung von Erprobungswissen in der industriellen Praxis zu untersuchen und ein Verständnis darüber aufzubauen. Ein weiteres Ziel war es, die Gründe und Einflussfaktoren bei unzureichender Wissensrückführung aufzuzeigen. Die zentrale Forschungsfrage lautet: „Wird das Erprobungswissen ausreichend genutzt?“ Die für Entwicklungs- und Versuchsingenieure relevanten Informationen wurden ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass es nicht nur Informationen über Produkteigenschaften sind, sondern weit vielfältigere Informationen, z. B. zum Produktreifegrad oder zu Fehlern, Mängeln und Optimierungspotenzialen. Innerhalb der Untersuchungsgruppe ist die Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung in vielen Fällen ineffektiv und verbesserungswürdig. Die Gründe für eine nicht ausreichende Rückführung von Erprobungswissen werden präsentiert und die Werkzeuge vorgestellt, die zur Wissensspeicherung und zum Wissenstransfer in den Unternehmen verwendet werden. Die vermutete erste Hypothese, dass Erprobungswissen nicht ausreichend genutzt wird, konnte verifiziert werden. Ebenso wie die zweite Hypothese, dass die systematische Anwendung von WM-Methoden die Wissensnutzung verbessert. Diese Ergebnisse sind kritisch zu betrachten, da diese auf subjektive Antworten der Befragten basieren. Daher sind die Ergebnisse nur innerhalb der Stichprobe valide. Die gewählten Kategorien sind nicht vollständig und überschneidungsfrei. Weitere Studien können die gefundenen Resultate und Einflussfaktoren quantitativ bestätigen. Basierend auf dieser qualitativen Studie können Maßnahmen für die Forschung abgeleitet werden. WM-Methoden bieten das Potenzial, die aufgezeigten Probleme zu lösen. Auf Basis dieser Ergebnisse ist die weitere Forschung nach anwendungsorientierten Methoden und Werkzeugen und deren Auswahl zum Einsatz in der Maschinenbauindustrie zur Verbesserung der Rückführung von Erprobungswissen in die Produktentwicklung notwendig.



Danksagung

Das Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design bedankt sich bei allen Unternehmen und ihren Mitarbeitern, die sich bereit erklärt haben, an dieser Studie mitzuwirken.

Literatur

- ALBERS13 Albers, A. ; Behrendt, M. ; Schroeter, J. ; Ott, S. ; Klinger, S.: *X-in-the-loop: A framework for supporting central engineering activities and contracting complexity in product engineering processes*. In: Lindemann, U. ; Venkataraman, S. ; Kim, YS. ; Lee, SW. ; Dong, A. ; Lin, Y. (Hrsg.): Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED 2013). Vol. 6: Design Information and Knowledge. Design Society, Seoul, 2013, S. 391-400.
- BAKELE12 Bakele, T.: *Literaturrecherche zur integrierten Produktentwicklung mit Fokus auf Konstruktion und Erprobung mit Schwerpunkt auf die Erprobungsmethodik*. Studienarbeit, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Universität Stuttgart, 2012.
- BEA06 Bea, F. X. ; Göbel, E.: *Organisation - Theorie und Gestaltung*. Lucius & Lucius Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 3 Auflage, 2006.
- BEREKOVEN09 Berekoven, L. ; Eckert, W. ; Ellenrieder, P.: „*Marktforschung*“. Gabler Verlag, Wiesbaden, 12. erweiterte und überarbeitete Auflage, 2009.
- BINZ11 Binz, H. ; Keller, A. ; Kratzer, M. ; Messerle, M. ; Roth, D.: *Increasing Effectiveness and Efficiency of Product Development – A Challenge for Design Methodologies and Knowledge Management*. In: Birkhofer, H. (Hrsg.): The Future of Design Methodology. Springer Verlag, London, 2011, S. 79-90.
- BLESSING09 Blessing, L. T. M. ; Chakrabarti, A.: *DRM, a Design Research Methodology*. Springer Verlag, Dordrecht Heidelberg London New York, 2009.
- BOEHM81 Boehm, B.: *Software Engineering Economics*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1981.
- BORTZ06 Bortz, J ; Döring, N.: *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. 4. überarbeitete Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2006.
- BÜRCEL96 Bürgel, H. D. ; Haller, C. ; Binder, M.: *F & E Management*. Franz Vahlen Verlag, München, 1996.

- CLARK91 Clark, K. ; Fujimoto, T.: *Automobilentwicklung mit System*. Campus Verlag, Frankfurt New York, 1992, übersetzt und herausgegeben von Stotko, E. C. Das amerikanische Original: Product Development Performance. Harvard Business School Press, Boston Massachusetts, 1991.
- ECKERT01 Eckert, C. ; Clarkson, J. ; Stacey, M.: *Information flow in engineering companies: problems and their causes*. In: Culley, S. ; Duffy, A. ; McMahon, C. ; Wallace, K., (Hrsg.): Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED 2001). Design Society, Glasgow, 2001, S. 43-50.
- EHRLENSPIEL13 Ehrlenspiel, K. ; Meerkamm, H.: *Integrierte Produktentwicklung - Denkläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. Springer Vieweg Verlag, Berlin Heidelberg New York, 5. erweiterte und überarbeitete Auflage, 2013.
- EHRLENSPIEL14 Ehrlenspiel, K. ; Kiewert, A. ; Lindemann, U. ; Mörtel, M.: *Kostengünstig entwickeln und konstruieren - Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 7. Auflage, 2014.
- FELDHUSEN13 Feldhusen, J. ; Grothe, K.-H.: *Pahl/Beitz Konstruktionslehre*. Springer Vieweg Verlag, Berlin Heidelberg, 8. erweiterte und überarbeitete Auflage, 2013.
- FRANKENBERGER97 Frankenberger, E.: *Arbeitsteilige Produktentwicklung – Empirische Untersuchung und Empfehlungen zur Gruppenarbeit in der Konstruktion*. VDI Fortschrittsberichte, Reihe 1, Nr. 291, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1997.
- FRICKE00 Fricke, E. ; Gebhard, B. ; Negele, H. ; Igenbergs, E.: *Coping with Changes: Causes, Findings, and Strategies*. In: Willey, J. (Hrsg.): Systems Engineering. Bd. Nr. 3, Ausgabe 4, 2000, S.169-179.
- GABERSCIK02 Gaberscik, G. ; Wieser, M. ; Tripolt, W.: *Prüftechnik in der Antriebsstrangentwicklung*. In: Springer Verlag (Hrsg.): ATZ-Automobiltechnische Zeitschrift. Bd. Nr. 104, Ausgabe 1, 2002, S. 78-84.

- GOPSILL13 Gopsill, J. A. ; Mcalpine, H. C. ; Hicks, B. J.: *Meeting the requirements for supporting engineering design communication – partbook*. In: Lindemann, U. ; Venkataraman, S. ; Kim, YS. ; Lee, SW. ; Dong, A. ; Lin, Y. (Hrsg.): Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED 2013). Vol. 6: Design Information and Knowledge. Design Society, Seoul, 2013, S. 269-280.
- HEISIG01 Heisig, P. ; Vorbeck, J.: *Benchmarking Survey Results*. In: Mertins, K. ; Heisig, P. ; Vorbeck, J. (Hrsg.): Knowledge Management: Best Practices in Europe. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2001, S. 97-123.
- HERFELDER07 Herfelder, U.: *Matrix-basierte Verknüpfung von Komponenten und Funktionen zur Integration von Konstruktion und numerischer Simulation*. Dissertation, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Technische Universität München, 2007.
- HUBKA76 Hubka, V.: *Theorie der Konstruktionsprozesse*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1976.
- JARRATT11 Jarratt, T. A. W. ; Eckert, C. M. ; Caldwell, N. H. M. ; Clarkson, P. J.: *Engineering change: an overview and perspective on the literature*. In: Reich, Y. (Hrsg.): Research in Engineering Design. Bd. Nr. 22, Ausgabe 2, London, 2011, S. 103–124.
- JUNG13 Jung, B. ; Schweißner, S. ; Wappis, J.: *8D und 7Step - Systematisch Probleme lösen*. Carl Hanser Verlag, München, 2. Auflage, 2013.
- KARTHAUS13 Karthaus, C. ; Schenck, M. ; Klos, W. ; Binz, H.; Bertsche, B.: *Automatisierte Fehlerreaktion und lernfähige Fehleranalyse zur Erhebung von Erprobungswissen auf Antriebstrangprüfständen*. In: Spath, D. ; Bertsche, B. ; Binz, H. (Hrsg.): Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung. Stuttgart, 2013.
- KARTHAUS14 Karthaus, C. ; Roth, D. ; Binz, H.: *Empirical industrial study of the cooperation of testing and design departments*. In: Marjanovic, D. ; Storga, M. ; Pavkovic, N. ; Bojetic, N. (Hrsg.): Proceedings of the DESIGN 2014 - 13th International Design Conference. Design Society, Dubrovnik, 2014, S. 251-261 - ISSN 1847-9073.

- KIRCHNER07 Kirchner, E.: *Leistungsübertragung in Fahrzeuggetrieben - Grundlagen der Auslegung, Entwicklung und Validierung von Fahrzeuggetrieben und deren Komponenten*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2007.
- KLEINSMANN10 Kleinsmann, M. ; Buijs, J. ; Valkenburg, R.: *Understanding the complexity of knowledge integration in collaborative new product development teams: A case study*. In: Hall, J. (Hrsg.): *Journal of Engineering and Technology Management*. Bd. Nr. 27, Elsevier, 2010, S. 20-32.
- KLOS11 Klos, W. ; Schenk, M. ; Schwämmle, T. ; Müller, M. ; Bertsche, B.: „*Antriebstrangerprobung bei der Daimler AG moderne Erprobungsmethodik*“. In: Christ, C. ; Beidl, C. (Hrsg.): *Beiträge 4. Internationales Symposium für Entwicklungsmethodik*. Wiesbaden, 2011, S. 161-171.
- KREIMEYER07 Kreimeyer, M. ; Herfeld, U. ; Deubzer, F. ; Lindemann, U.: *Effiziente Zusammenarbeit von Konstruktions- und Simulationsabteilungen in der Automobilindustrie*. In: Lindemann, U. (Hrsg.): *CiDaD-Working Paper Series*. Jahrgang 02, Ausgabe Nr. 1, Garching, 2007.
- LINDEMANN09 Lindemann, U.: *Methodische Entwicklung technischer Produkte*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 3. korrigierte Auflage, 2009.
- MERTINS09 Mertins, K. ; Finke, I. ; Orth, R.: *Ein Referenzmodell für Wissensmanagement*. In: Mertins, K. ; Seidel, H. (Hrsg.): *Wissensmanagement im Mittelstand - Grundlagen – Lösungen – Praxisbeispiele*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2009, S. 15-22.
- NORTH11 North, K.: *Wissensorientierte Unternehmensführung - Wertschöpfung durch Wissen*. Gabler Verlag, Wiesbaden, 5. erweiterte und überarbeitete Auflage, 2011.
- PONN08 Ponn, J. ; Lindemann, U.: *Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.
- PROBST10 Probst, G. ; Raub, S. ; Romhardt, K.: *Wissen managen - Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*. Gabler Fachverlage, Wiesbaden, 6. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2010.

- PRÜFER02 Prüfer, P. ; Stiegler, A.: *Die Durchführung standardisierter Interviews: Ein Leitfaden*. In: Leibniz Institut für Sozialwissenschaften (Hrsg.): *GESIS - How to*. Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen (ZUMA), Mannheim, Nr. 11, 2002.
- RODENACKER70 Rodenacker, W., G.: *Methodisches Konstruieren*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1970.
- ROTH10 Roth, D. ; Binz, H. ; Watty, R.: *Generic Structure of knowledge within the product development process*. In: Marjanovic, D. ; Storga, M. ; Pavkovic, N. ; Bojcetic, N. (Hrsg): *Proceedings of the 11th International Design Conference (DESIGN 2010)*. Design Society, Dubrovnik, 2010, S. 1681-1690.
- SALZBERG90 Salzberg, S. ; Watkins, M.: *Managing Information for Concurrent Engineering: Challenges and Barriers*. In: Reich, Y. (Hrsg.): *Research in Engineering Design*. Bd. Nr. 2, Ausgabe Nr. 1, Springer-Verlag, New York, 1990, S.35-52.
- SCHENK12 Schenk, M. ; Klos, W. ; Karthaus, C. ; Binz, H. ; Bertsche, B.: *Effizienzsteigerung bei der Antriebstrangerprobung durch Einsatz moderner Erprobungsmethoden und Optimierung der Fehleranalyse*. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.): *Berechnung, Simulation und Erprobung im Fahrzeugbau 2012 (SIM-VEC)*. VDI-Berichte 2169, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2012, S. 429-440.
- SCHENK13 Schenk, M. ; Behrendt, H. ; Klos, W. ; Karthaus, C. ; Binz, H. ; Bertsche, B.: *Automatisierte Fehlerreaktion am Antriebstrangprüfstand*. In: Christ, C. ; Beidl, C. (Hrsg.): *Beiträge 5. Internationales Symposium für Entwicklungsmethodik*. Wiesbaden, 2013, S. 41-54.
- SCHUMANN11 Schumann, S.: *Repräsentative Umfrage – Praxisorientierte Einführung in empirische Methoden und statistische Analyseverfahren*. Oldenbourg Verlag, München, 5. korrigierte Auflage, 2011.
- TEUCHERT07 Teuchert, S. ; Zimmermann, G.: *Toolgestütztes Daten- und Prozessmanagement im Elektrik-/Elektronikbereich*. In: Springer Verlag (Hrsg.): *ATZelextronik*. Ausgabe Nr. 3, 2007, S. 30-34.

- TURKI14 Turki, T. ; Albers, A.: *Bedeutung von Erfahrungswissen in der Produktentwicklung*. In: Springer VDI Verlag (Hrsg.): Konstruktion. Ausgabe Nr. 3, Düsseldorf, 2014, S. 85-90.
- VDI 2206 2004 VDI Richtlinie VDI 2206 Juni 2004. *Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*.
- VDI 2221 1993 VDI Richtlinie VDI 2221 Mai 1993. *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*.
- VDI 2247 1994 Entwurf VDI Richtlinie VDI 2247 März 1994. *Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung*.
- VOIGT06 Voigt, S. ; Staiger, M. ; Finke, I. ; Orth, R.: *Wissensmanagement in produzierenden KMU*. Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg Berlin, Online unter <http://www.prowis.net>, 2006, Abgerufen am 27.06.2014.
- VOIGT09 Voigt, S. ; Seidel, H.: *Herausforderung für Unternehmen*. In: Mertins, K. ; Seidel, H. (Hrsg.): Wissensmanagement im Mittelstand. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2009, S. 9-14.
- WEBER05 Weber, C.: *CPM/PDD – An extended theoretical approach to modelling products and product development processes*. In: Bley, H. ; Jansen, H. ; Krause, F.-L. ; Shpitalni, M. (Hrsg.): Proceedings of the 2nd German-Israeli Symposium on Advances in Methods and Systems for Development of Products and Processes. Fraunhofer-IRB-Verlag, Stuttgart, 2005, S. 159-179.
- WICHNER12 Wichner, C.: *Literaturrecherche zur integrierten Produktentwicklung mit Fokus auf Konstruktion und Erprobung mit Schwerpunkt auf die Konstruktionsmethodik*. Studienarbeit, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Universität Stuttgart, 2012.
- ZELLER90 Zeller, P. ; Sonntag, E.: *Rechnerintegriertes Informations- und Testsystem in der BMW Antriebsentwicklung*. In: Springer Verlag (Hrsg.): ATZ-Automobiltechnische Zeitschrift. Bd. Nr. 92, Ausgabe 9, 1990, S. 516-524.

Anhang

Tabelle A.1: Interviewleitfaden

1. Organisation <ul style="list-style-type: none"> Wie sind bei Ihnen der Konstruktions- oder der Erprobungsbereich organisiert? 	
2. Prozesse <ul style="list-style-type: none"> Gibt es in Ihrem Aufgabenbereich einen standardisierten Prozess zwischen Konstruktion / Entwicklung und dem Versuch zur Ergebnismeldung und wie ist dieser gestaltet? 	
3. Werkzeuge <ul style="list-style-type: none"> Welche Werkzeuge / Tools nutzen Sie zur Dokumentation und zur Wissensvermittlung? 	
4. Sichtweise der Befragten zur Wissensnutzung	
Entwicklersichtweise	Erprobungssichtweise
<ul style="list-style-type: none"> Wie sieht bei Ihnen der Entwicklungsprozess aus? 	<ul style="list-style-type: none"> Wie sieht bei Ihnen der Erprobungsprozess aus?
<ul style="list-style-type: none"> Welche Informationen aus der Erprobung unterstützen Sie am meisten bei der Konstruktion der Bauteile? 	<ul style="list-style-type: none"> Welche Informationen erhalten Sie zu Beginn aus der Konstruktion?
<ul style="list-style-type: none"> Stehen Ihnen die notwendigen Informationen zur Verfügung und können Sie darauf zugreifen? 	<ul style="list-style-type: none"> Stehen Ihnen die notwendigen Informationen zur Verfügung und können Sie darauf zugreifen?
<ul style="list-style-type: none"> Wird aus Ihrer Sicht das im Versuch generierte Wissen in der Entwicklung / Konstruktion ausreichend genutzt? Treten bereits diagnostizierte Fehler in späteren Entwicklungschargen erneut auf? Welche Ursachen gibt es für eine nicht ausreichende Wissensnutzung? 	
<ul style="list-style-type: none"> In wie weit geben Sie der Versuchsabteilung Rückmeldung über die konstruktiven Änderungen? 	<ul style="list-style-type: none"> In wie weit erhalten Sie im Versuch Rückmeldung über die konstruktiven Änderungen?
5. Potenziale <ul style="list-style-type: none"> Wo sehen Sie Potenziale (Maßnahmen / Entwicklungen) in der Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Erprobung um die Effizienz für die Produktentwicklung zu steigern? Was sind Ihrer Meinung nach die Erfolgsfaktoren für eine effiziente Zusammenarbeit zwischen Erprobung und Konstruktion? (Ablauf, Ergebnismeldung, Daten, Kommunikation) 	
6. Allgemeines <ul style="list-style-type: none"> Wie hoch ist die Teileanzahl des von Ihnen betreuten Produkts? In welcher Stückzahl wird dieses pro Jahr hergestellt? Wie viele Mitarbeiter entwickeln dieses Produkt? 	

ISBN-13: 978-3-922823-90-2