

# Wissensbasierte Softwareumgebung im Konstruktionsprozess

## **Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades

## **Doktoringenieur**

**(Dr.- Ing.)**

von Dipl.- Wirtsch.- Ing. Robert Furian

geb. am 15. Mai 1983 in Braunschweig

genehmigt durch die Fakultät für Maschinenbau

der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Gutachter:

Prof. Dr.- Ing. Karl-Heinrich Grote

Prof. Dr.- Ing. Frank Rieg

Dr.- Ing. Frank von Lacroix

Promotionskolloquium am 07. Mai 2014



Fortschritte in der Maschinenkonstruktion

Band 2/2014

**Robert Furian**

**Wissensbasierte Softwareumgebung  
im Konstruktionsprozess**

Shaker Verlag  
Aachen 2014

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

Zugl.: Magdeburg, Univ., Diss., 2014

Copyright Shaker Verlag 2014

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-2882-9

ISSN 1615-7192

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

# Geleitwort des Lehrstuhlinhabers

Die Forschungsarbeiten an den Hochschulen müssen sich heute mehr denn je den Anforderungen aus der Industrie stellen. Der wirtschaftliche Erfolg des Unternehmens wird besonders an einer schnellen Produkt- und Prozessinnovation gemessen. Der internationale Wettbewerb ist dabei durch die umfassende Nutzung des technologischen Fortschritts gekennzeichnet. Unternehmen integrieren oft auch externe Potentiale und Ressourcen, um dem Kostendruck für Forschungs- und Entwicklungsleistungen zu begegnen. Besonders die Industrieunternehmen in den neuen Bundesländern greifen die anwendungsorientierten Ergebnisse der Hochschulen als Technologietransfer auf. Dabei führen theoretische Ergebnisse zu effizienteren Vorgehensweisen in der Entwicklung und praktische Resultate zu einer Umsetzung in Serienprodukte.

Die Schriftenreihe „Fortschritte der Maschinenkonstruktion“ berichtet über abgeschlossene Forschungs- und Entwicklungsvorhaben der Lehrstühle des Instituts, die als Abschlussberichte der aus unterschiedlichen Finanzierungsquellen geförderten Vorhaben oder als Dissertationen erarbeitet wurden.

Der hier vorliegende Band kommt aus dem Lehrstuhl „Konstruktionstechnik“ und berichtet über die Nutzung einer wissensbasierten Softwareumgebung im Konstruktionsprozess. Diese Thematik ist aufgrund der immer größer werdenden Wissens- und Informationsmengen für die Bewältigung der Aufgabenstellungen in den Konstruktionsabteilungen der Unternehmen von immer größer werdender Bedeutung.

Magdeburg, im Mai 2014

Prof. Dr.- Ing. Karl -Heinrich Grote

Leiter des Lehrstuhles Konstruktionstechnik im Institut für Maschinenkonstruktion



# Danksagung

Die vorliegende Dissertation entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als Doktorand der Abteilung Entwicklungssteuerung Komponente (HE-1) der Volkswagen AG am Konzernsitz Wolfsburg und in Zusammenarbeit mit dem Institut für Maschinenkonstruktion der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg.

Meinen herzlichen Dank aussprechen möchte ich Herrn Prof. Dr.- Ing. Karl-Heinrich Grote für die wissenschaftliche Betreuung meiner Promotion und die Übernahme des Erstreferats. Seine immerwährende Unterstützung und der gewährte Freiraum haben zum Erfolg dieser Doktorarbeit maßgeblich beigetragen. Ebenso bedanke ich mich auch den Mitarbeitern des Instituts für ihre Unterstützung.

Herrn Prof. Dr.- Ing. Frank Rieg danke ich für die Übernahme des Koreferats und die anregenden praktischen wie auch philosophischen Diskussionen, welche sich aus der Dissertation ergeben haben.

Herrn Dr.- Ing. Frank von Lacroix als fachlichen Betreuer meiner Doktorarbeit seitens der Volkswagen AG möchte ich danken für die großartige Betreuung, die ständige Motivation und Unterstützung, und die zahlreichen fachlichen und überfachlichen Diskussionen während meiner Doktorandentätigkeit.

Herrn Joachim Scharmacher, Leiter der Abteilung HE-1 der Volkswagen AG, danke ich für die Förderung meiner Entwicklung als Doktorand und die Freiheiten, die er mir während meiner Doktorandenzeit gewährt hat.

Weiterhin möchte ich den Kollegen und Mitarbeitern der Abteilung HE-1 für ihre wertvollen Anregungen und Diskussionen danken. Auch den Kollegen der Abteilung HTE/3, welche bereitwillig und konstruktiv mit mir zusammengearbeitet haben, gilt mein Dank.

Mein abschließender Dank gilt meinen Eltern Katharina und Konrad Furian, welche mich jederzeit in meinem Leben unterstützt und auf den richtigen Weg gebracht haben. Ohne sie wäre dies alles erst gar nicht möglich geworden.



# Zusammenfassung

Die vorliegende Doktorarbeit entstand im Rahmen des EU-Forschungsprojektes LeanPPD (Lean Product and Process Development). Das Projekt widmete sich der Übertragung der Lean-Prinzipien aus der Produktion auf den Produktentstehungsprozess. Eines der wesentlichen Erkenntnisse daraus war, dass der Entwicklungsprozess durch einen wissensbasierten Ansatz, welcher den Entwickler bei seiner täglichen Arbeit unterstützt, wesentlich schlanker und verschwendungsärmer gestaltet werden kann.

Dieser Ansatz wird in dieser Promotion aufgegriffen und in Hinblick auf die industrielle Anwendbarkeit in einem speziellen Aufgabenumfeld vertieft und analysiert. In dieser Aufgabe geht es darum, das relevante Expertenwissen der Entwickler, welches aus den Änderungen an unterschiedlichen Bauteilen resultiert, zu erfassen, zu sammeln und abzuspeichern, um es als veräußertes EDV-gestütztes Wissen in zukünftigen Projekten wieder zur Verfügung zu stellen. Da es für diese Problemstellung bisher noch keine hinlänglich bekannte Lösung gibt, wird in dieser Promotion ein neues Konzept für eine wissensbasierte Softwareumgebung präsentiert.

Der Nachweis der Praxistauglichkeit erfolgt über die Anwendung und Evaluation dieser Softwareumgebung für einen bestimmten Prozess im Geschäftsfeld Kunststoff der Volkswagen AG.

## **Abstract**

This doctoral thesis was developed in the scope of the RTD project LeanPPD (Lean Product and Process Development) supported by the Commission of European Community. The project is about transferring the principles of lean philosophy from production into the product development process. One essential insight was that a knowledge based approach can support the product designer in his daily work and it can make the development process leaner and lower the waste in it.

This approach is picked up in this dissertation and is focused and analyzed on the industrial application in a working environment. The core work is about capturing and storing the specific expert knowledge, which results from constructive changes on the component, and provide it as explicit knowledge to the product designer in upcoming projects. Since there is no known solution for this problem, in this doctoral thesis a new concept for a knowledge based environment is presented.

The verification in a practical context is made by the application and evaluation of this software environment for a specific process in the business unit trim of the Volkswagen AG.

## **Disclaimer**

Veröffentlichungen über den Inhalt der Arbeit sind nur mit schriftlicher Genehmigung der Volkswagen Aktiengesellschaft zugelassen.

Die Ergebnisse, Meinungen und Schlüsse dieser Dissertation sind nicht notwendigerweise die der Volkswagen Aktiengesellschaft.

Publications about the content of this work require the written consent of Volkswagen AG.

The results, opinions and conclusions expressed in this thesis are not necessarily those of Volkswagen AG.

Magdeburg, 26. November 2013



# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	I
Abbildungsverzeichnis .....	III
Tabellenverzeichnis .....	V
Abkürzungsverzeichnis .....	VI
1 Einleitung .....	1
1.1 Einführung .....	1
1.2 Problemstellung .....	2
1.3 Aufbau der Arbeit .....	3
2 Stand von Wissenschaft und Technik .....	5
2.1 Wissen & Wissensmanagement .....	5
2.1.1 Definition Wissen .....	5
2.1.2 Implizites & explizites Wissen .....	7
2.1.3 Definition Wissensmanagement .....	11
2.1.4 Wissensmanagementsysteme bei der Volkswagen AG .....	15
2.2 Schlanke Entwicklung .....	17
2.2.1 Lean Philosophie .....	18
2.2.2 Lean Development .....	19
2.3 LeanPPD .....	21
2.3.1 Das Lean Self-Assessment Tool .....	23
2.3.2 Der Lean Knowledge Life Cycle .....	26
2.4 Produktentstehungsprozess .....	29
2.4.1 Grundlagen .....	30
2.4.2 Produktentstehung in der Automobilindustrie .....	31
2.4.3 Rechnergestützte Produktentwicklung und -konstruktion .....	35
2.4.4 Phasen im Konstruktionsprozess .....	36

2.4.5	Wissensmanagement in der Produktentwicklung.....	39
2.4.6	Wissensmanagement in der Produktentwicklung der Volkswagen AG .	41
2.5	Knowledge Based Environment .....	43
2.5.1	Wissensbasierte Systeme.....	43
2.5.2	Abgrenzung zu Knowledge Based Engineering .....	45
2.5.3	Definition Knowledge Based Environment .....	48
2.6	Semantik & Semantisches Web .....	49
2.7	Resümee zum Stand der Wissenschaft und Technik .....	57
3	Wissensbasierte Softwareumgebung.....	59
3.1	Einleitung.....	59
3.2	Bisherige Vorgehensweise .....	61
3.3	Analyse und Bewertung.....	62
3.4	Zwischenfazit.....	64
3.5	Anforderungen an die KBE .....	66
3.6	Umsetzung und Aufbau der KBE.....	68
3.6.1	Benutzeroberfläche & Benutzerverwaltung.....	70
3.6.2	Neuer Prozess der Änderungsdokumentation .....	74
3.6.3	Indizierung und Suche von Wissen.....	82
3.6.4	Einbindung der Ontologie .....	85
3.6.5	Entscheidungsunterstützung.....	89
3.6.6	Technische Umsetzung .....	93
4	Ergebnisse .....	95
5	Schlussfolgerung und Ausblick .....	101
6	Literaturverzeichnis .....	105
7	Glossar.....	113

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wissenstreppe nach (North, 2011) .....	6
Abbildung 2: HANSE-Modell der Wissenskomponenten (Verein Deutscher Ingenieure, 2009) .....	9
Abbildung 3: Wissensumwandlung und Wissensspirale (Nonaka & Takeuchi, 2012)10	
Abbildung 4: Bausteine des Wissensmanagements nach (Probst, Raub, & Romhardt, 2010) .....	12
Abbildung 5: Zielsystem des Wissensmanagements (Klabunde, 2003) .....	13
Abbildung 6: Die 12 Projektpartner im LeanPPD-Projekt .....	22
Abbildung 7: Auswertung einer Perspektive: Tabellarisch und mit Spinnennetzdiagramm und Mittelwert .....	25
Abbildung 8: Die sieben Phasen des Lean Knowledge Life Cycles (angelehnt an (Maksimovic, Al-Ashaab, Shehab, & Sulowski, 2011)).....	26
Abbildung 9: Gesamtdarstellung Produktentstehungsprozess (angelehnt an (Verein Deutscher Ingenieure, 2002)).....	30
Abbildung 10: Produktentstehungsprozess in der Automobilindustrie (angelehnt an (GRUNER Engineering & Design GmbH, 2013)) .....	32
Abbildung 11 : Zehnerregel nach (Pfeifer & Schmitt, 2010).....	35
Abbildung 12: Vorgehensweise in der Entwicklung und Konstruktion (Verein Deutscher Ingenieure, 1993).....	37
Abbildung 13: Methoden und Werkzeuge zum Wissensmanagement im Verlauf der Entwicklung (Kaiser, Conrad, Köhler, Wanke, & Weber, 2008).....	40
Abbildung 14: Grundsätzlicher Aufbau eines wissensbasierten Systems (angelehnt an (Mescheder & Sallach, 2012)).....	44
Abbildung 15: Schematischer Aufbau von Knowledge Based Engineering im LeanPPD-Projekt.....	46
Abbildung 16: Veranschaulichung der Zeitersparnis unter Benutzung von Knowledge Based Engineering (angelehnt an (Stokes, 2001)).....	47
Abbildung 17: Prinzipieller Aufbau eines semantischen Netzes (Kurbel, 1992).....	51
Abbildung 18: Beispiel eines einfachen semantischen Netzes mit Hilfe eines Graphen .....	51
Abbildung 19: Beispiel für eine hierarchisch aufgebaute Ontologie .....	55

---

Abbildung 20: Arbeitsschritte eines Konstrukteurs im Änderungsmanagement.....	60
Abbildung 21: Abschnitte im PEP mit Änderungsdocumentation.....	61
Abbildung 22: Ergebnisse der Perspektive Werkzeuge & Tools zu Beginn der Arbeit .....	64
Abbildung 23: Die beiden Säulen des Bauteillebenslaufs.....	68
Abbildung 24: Schematischer Aufbau des Bauteillebenslaufes.....	69
Abbildung 25: Startseite mit Auswahl des Fahrzeugprojektes und des ZSBs.....	70
Abbildung 26: Übersicht sämtlicher Bauteile des ZSBs Türinnenverkleidung .....	71
Abbildung 27: Übersicht des Einzelbauteils mit Tagcloud, Konstruktionsregeln und Bauteilinformationen.....	72
Abbildung 28: Benutzer- und Zugriffsadministration im Bauteillebenslauf.....	73
Abbildung 29: Ablauf der Dokumentation der Änderung am Bauteil.....	76
Abbildung 30: Erfassen des Expertenwissens durch Beschreibung und Begründung der konstruktiven Änderung am Bauteil.....	78
Abbildung 31: Dokumentation der Kosten- und Terminauswirkungen der Änderung und Erstellung eines Änderungsblattes .....	80
Abbildung 32: Auflistung der am Bauteil vorgenommen Änderungen.....	81
Abbildung 33: Grundkonzept der Lucene Suchmaschine .....	83
Abbildung 34: Indexer beim Hinzufügen und Aktualisieren der Dokumente auf dem Server.....	84
Abbildung 35: Graph einer dezentral aufgebauten Ontologie eines Bauteils.....	86
Abbildung 36: Übersicht aller Klassen des ZSBs Türinnenverkleidung .....	87
Abbildung 37: Definition der Eigenschaften des ZSBs Türinnenverkleidung .....	88
Abbildung 38: Zuordnung der verschiedenen Eigenschaften des Bauteils.....	89
Abbildung 39: Beispiel für eine Konstruktionsrichtlinie zur Entformung eines Bauteils (Mozdzanowski, 2012) .....	91
Abbildung 40: Entscheidungsunterstützung des Entwicklers mit passenden Vorschlägen in der Ontologie und Tagcloud.....	96
Abbildung 41: Ergebnisse der Perspektive Werkzeuge & Tools nach Implementierung der KBE .....	97
Abbildung 42: Vorher-Nachher-Vergleich des Self-Assessments im Spinnennetzdiagramm .....	98

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gegenüberstellung von Produktion und Produktentwicklung (angelehnt an (Schuh, 2006)).....	20
--	----

## Abkürzungsverzeichnis

BF .....	Beschaffungs-Freigabe
BSC .....	Balanced Scorecard
BTL .....	Bauteillebenslauf
CAD .....	Computer Aided Design
CATIA .....	Computer Aided Three-Dimensional ..... Interactive Application
DFMA .....	Design for Manufacturing and Assembly
DMU .....	Digital MockUp
FMEA .....	Failure Mode and Effects Analysis
HTML .....	Hyper Text Markup Language
IT .....	Informations-Technologie
KBE .....	Knowledge Based Environment
KBE <sub>Eng</sub> .....	Knowledge Based Engineering
KBS .....	Knowledge Based Systems
KFZ .....	Kraftfahrzeug
K-PDM .....	Konzern- ..... Produktdatenmanagementsystem
KVS .....	Konstruktionsdaten-Verwaltungssystem
LeanKLC .....	Lean Knowledge Life Cycle
LeanPPD .....	Lean Product and Process Development
LKW .....	Lastkraftwagen
OWL .....	Web Ontology Language
PDF .....	Portable Document Format
PDM .....	Produktdatenmanagement
PEP .....	Produktentstehungsprozess
PHP .....	Hypertext Preprocessor
RDF(S) .....	Resource Description Framework Schema
SOP .....	Start of Production
SET .....	Simultaneous Engineering Team
XML .....	Extensible Markup Language

# 1 Einleitung

## 1.1 Einführung

Thema des Promotionsvorhabens ist die Erstellung einer wissensbasierten Softwareumgebung KBE (Knowledge Based Environment), welche die Effizienz bei Produktentwicklungen, insbesondere im Konstruktionsprozess, steigern soll. Dies geschieht, in dem spezielle Arbeitsschritte des Prozesses unterstützt werden.

Die Kernthematik und wissenschaftliche Herausforderung der Arbeit ist die Vorstellung eines neuartigen Konzeptes einer Softwareumgebung, welches dem Produktentwickler und Konstrukteur zur richtigen Zeit das richtige Wissen während seiner Arbeit zur Verfügung stellt. Dazu ist es erforderlich, das Expertenwissen, welches zur optimalen Bauteilauslegung im Konstruktions- und Produktentstehungsprozess erforderlich ist, anzusammeln, zu filtern und zu speichern. Dieses Wissen gilt es in die KBE zu implementieren. Anschließend wird dieses generierte Wissen systematisch den Konstrukteuren und Produktentwicklern bei Nachfolgeprozessen bereitgestellt. Die Nutzer werden durch die KBE mit allen relevanten Informationen und Applikationen, die zur Problemlösung beitragen könnten, versorgt. Dabei kann die Software auf eine dynamische, standardisierte Datenbank zugreifen, die dem Nutzer hinreichende Informationen über die technischen Gegebenheiten und bereits bewährte Problemlösungen aus vorangegangenen Projekten zur Verfügung stellt. Ebenso muss die Möglichkeit vorhanden sein, neue Informationen direkt in die Datenbank zu implementieren, um neues Wissen zu integrieren und bestehendes Wissen zu aktualisieren.

Dabei bedient sich die Software bei den aktuellsten Werkzeugen des Web 2.0, beispielsweise semantischen Technologien und Ontologien. Diese sind in verschiedenen Formen im World Wide Web im Einsatz, um dem Nutzer einen überschaubaren Überblick über das ansteigende Informationsvolumen aus dem Internet zu ermöglichen. Implementiert in die KBE können diese Methoden dem Entwickler hilfreich zur Seite stehen, wenn es um Entscheidungsunterstützung und Wissensmanagement geht.

## 1.2 Problemstellung

In der Automobilindustrie nutzen die Entwickler bereits seit vielen Jahren die Informations- und Kommunikationstechnologie für die Entwicklung neuer und immer komplexer werdender Fahrzeuge. Dabei wird auf verschiedenste Anwendungen und Systeme zur Gestaltung und Auslegung von Bauteilen zurückgegriffen. Ebenso existiert eine Vielzahl von Möglichkeiten, die dazugehörigen Produktdaten und -informationen zu speichern, zu verwalten und anderen Personen und Abteilungen zugänglich zu machen.

Das wesentliche Wissen zur Auslegung und Konstruktion eines Bauteils ist jedoch nach wie vor an den verantwortlichen Fachexperten bzw. Konstrukteur gebunden. Verlässt dieser Mitarbeiter aber die Abteilung (z.B. Ruhestand oder Abteilungswechsel), kann sein angesammeltes Wissen für zukünftige Projekte nicht mehr genutzt werden. Der Nachfolger oder die Kollegen dieses Experten müssen meistens in diesem Fall ihre eigenen Erfahrungen bei der BauteilAuslegung und der Entwicklung machen und dadurch werden viele Arbeiten und Prozesse wiederholt. Dies führt zu doppelter Arbeit und einer Verschwendung von Ressourcen und Zeit.

Um jedoch auch zukünftig Produkte mit anforderungsgerechter Qualität, Zuverlässigkeit und Leistung in immer kürzerer Zeit und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten herzustellen, ist es eine Notwendigkeit, dieses Expertenwissen weiterhin zu verwenden und zu handhaben und auf die Erfahrungen der Vergangenheit aufzubauen.

Diese Vorgehensweise bei der Entwicklung neuer Produkte durch die effektive und nachhaltige Verwendbarkeit von Daten, Informationen und Wissen ist von eminenter Bedeutung für die Innovationsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens.

---

### 1.3 Aufbau der Arbeit

Zu Beginn wird im vorliegenden Kapitel 1 dieser Arbeit die Ausgangssituation erläutert, die als Motivation für die Erstellung der Dissertation gilt. Hieraus ergeben sich die Anforderungen und Ziele, auf die diese Dissertation hinarbeitet.

In Kapitel 2 wird zum besseren Verständnis das Umfeld, in welchem diese Arbeit entstanden ist, dargestellt. Vorgestellt werden dabei die Themenfelder zum Wissen und Wissensmanagement, die schlanke Entwicklung, das Projekt LeanPPD, ein Überblick über den Produktentstehungsprozess, sowie die Kernthemen Knowledge Based Environment und Semantik.

Eine Erläuterung der wissensbasierten Softwareumgebung erfolgt in Kapitel 3. Dies untergliedert sich in eine Vorstellung bisher vorhandener Systeme zum Wissensmanagement bei Volkswagen, erläutert und bewertet die bisherige Vorgehensweise in der Produktentwicklung. Daraus ergibt sich der Lösungsmangel und die Verbesserungspotenziale werden aufgezeigt. Es folgt eine Beschreibung des neuartigen Lösungsansatzes sowie der speziellen Realisierung der wissensbasierten Softwareumgebung für die Volkswagen AG.

Kapitel 4 gibt einen Abriss des vorigen Kapitels wieder und fasst die wesentlichen Erkenntnisse und Ergebnisse der Arbeit über das neue Konzept und dessen Anwendung in der Entwicklungsabteilung der Volkswagen AG zusammen. Es folgt eine Evaluation der praktischen Umsetzung in Form einer Vorher-Nachher-Analyse in Bezug auf den neuen Lösungsansatz und der umgesetzten Methoden.

Das fünfte und letzte Kapitel leitet aus den bisherigen Erkenntnissen die wesentlichen Schlussfolgerungen ab und gibt eine kurze Reflektion der vorliegenden Arbeit. Schlussendlich wird ein Ausblick gegeben auf die Potenziale der entwickelten Anwendung sowie eine Handlungsempfehlung für das zukünftige Vorgehen und weiterführende Forschungsarbeiten.



---

## 2 Stand von Wissenschaft und Technik

### 2.1 Wissen & Wissensmanagement

Für das weitere Verständnis und der Einordnung in den thematischen Kontext erfolgt in diesem Abschnitt ein Überblick über die Themen Wissen und Wissensmanagement. Hierzu existiert eine große Anzahl an Definitionen und Modellen. Nachfolgend werden zwei bestehende Modelle, die Begriffshierarchie und die Wissenstreppe erläutert und eine für diese Dissertation gültige Definition des Begriffes Wissen festgelegt. Es folgen die zu unterscheidenden Arten des Wissens sowie eine Beschreibung der Wissensidentifikation. Abschließend wird der Terminus Wissensmanagement genauer beleuchtet und in Zusammenhang mit der Unternehmensressource Wissen gebracht.

#### 2.1.1 Definition Wissen

In der Literatur werden die Begriffe Daten, Informationen und Wissen oft in verschiedenen Zusammenhängen gebraucht und teilweise nicht hinreichend voneinander unterschieden (Bodendorf, 2006) (North, 2011). Um diese Termini sauber voneinander abzugrenzen, haben (Rehäuser & Krcmar, 1996) eine Begriffshierarchie entwickelt, die die Beziehungen zwischen den Begriffen auf den ersten vier Treppenstufen der in Abbildung 1 dargestellten Wissenstreppe veranschaulicht.

Aus einem Zeichenvorrat werden Zeichen nach einer vordefinierten Syntax zu Daten angeordnet. Ordnet man diesen Daten eine Bedeutung (Semantik) zu und stellt man sie in einen Zusammenhang (Kontext), werden sie zu Informationen. Durch Informationen kann ein Empfänger seine Wahrnehmung zu einem Sachverhalt ändern und einen Kontext beurteilen. Werden mehrere Informationen miteinander zu einem bestimmten Zweck vernetzt, resultiert daraus Wissen. Dazu werden Kenntnisse benötigt, in welchem Verhältnis die Informationen zueinander stehen und wie diese sinnvoll verknüpft werden können. Um einen Sachverhalt zu ändern, benötigt man zum einen Informationen über dessen Zustand, zum anderen Wissen über Zusammenhänge und Ursache-Wirkungsbeziehungen. Eine Vernetzung von

Informationen ist somit meist zweckgerichtet (Pragmatik) (Bodendorf, 2006) (North, 2011). Nach (Verein Deutscher Ingenieure, 2009) ist es nun möglich, mit dem vorhandenen Wissen in einem bestimmten Handlungsfeld Vergleiche anzustellen, Verknüpfungen herzustellen und Entscheidungen zu treffen.

Eine Weiterentwicklung der Begriffshierarchie fand durch (North, 2011) statt, der seinerseits die Wissenstreppe geprägt hat. Findet eine sinnvolle Verwendung von Wissen nämlich in einem bestimmten Kontext statt, lässt sich dies als Kompetenz eines Individuums oder Unternehmens bezeichnen. Gibt es in diesem Fall Kernkompetenzen, die nur schwer nachzuahmen sind, resultiert daraus die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens, welches es durch die Generierung von vollkommen neuen Dingen oder Produkten zu einem Wettbewerbsvorteil ausbauen kann (North, 2011).



**Abbildung 1: Wissenstreppe nach (North, 2011)**

(North, 2011) postuliert, resultierend aus der Wissenstreppe, zwei Ansätze im Wissensmanagement: Im strategischen Wissensmanagement werden Unternehmensziele und daraus Wissensziele definiert. Aus diesen Zielen ergibt sich, welche Kompetenzen und somit welches Wissen den Wettbewerbsvorteil des Unternehmens sicherstellt. Die Wissenstreppe verläuft also von oben nach unten. Entgegengesetzt verläuft das operative Wissensmanagement von unten nach oben und zeigt die Verknüpfung von Informationen und Wissen aufsteigend bis zur Kompetenz.

---

In betriebswirtschaftlichen Literaturquellen findet eine stärker ressourcenbasierte Betrachtungsweise für Wissen statt: Neben den konventionellen Produktionsfaktoren Arbeit, Betriebsmittel, Werkstoffe und Information wird Wissen als fünfter Produktionsfaktor angesehen (Rehäuser & Krcmar, 1996).

Resultierend aus den vorherigen Ausführungen der Termini Daten, Informationen und Wissen und der Wissenstreppe lässt sich die folgende Definition des Wissensbegriffs von (Probst, Raub, & Romhardt, 2010) formulieren:

„Wissen bezeichnet die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen. Dies umfasst sowohl theoretische Kenntnisse als auch praktische Alltagsregeln und Handlungsanweisungen. Wissen stützt sich auf Daten und Informationen, ist im Gegensatz zu diesen jedoch immer an Personen gebunden. Es wird von Individuen konstruiert und repräsentiert deren Erwartungen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge.“ (Probst, Raub, & Romhardt, 2010).

### **2.1.2 Implizites & explizites Wissen**

Nach der Definition des Begriffes Wissen werden nun im Folgenden die verschiedenen Arten des Wissens erläutert. (Al-Laham, 2003) und (Knörck, 2009) geben einen guten Überblick über die verschiedenen Kategorien und Arten von Wissen. Dabei wird in der Literatur häufig der Ansatz zwischen der expliziten und der impliziten Dimension des Wissens genannt, welcher von (Nonaka & Takeuchi, 2012) und (Lucko & Trauner, 2005) sehr intensiv diskutiert wird:

Explizites Wissen ist allgemein zugängliches Wissen. Es zeichnet sich dadurch aus, dass es formalisiert, beschreibbar und standardisierbar ist und in den unterschiedlichsten Systemen, Strukturen Prozessen eingeordnet und in Dokumentationen und Datenbanken abgelegt werden kann. Explizites Wissen wird auch dokumentiertes Wissen genannt (Verein Deutscher Ingenieure, 2009) (Lucko & Trauner, 2005). Weil es in eine formalisierte, systematische Sprache gebracht werden kann, ist es möglich, es mit Hilfe von Informationstechnologie in eine digitale Form zu bringen und zu verarbeiten, übertragen und abzuspeichern und weiterführend in formaler Sprache zu beschreiben. Eine Weiterverarbeitung mit der Informations- und Kommunikationstechnik zur Unterstützung vom

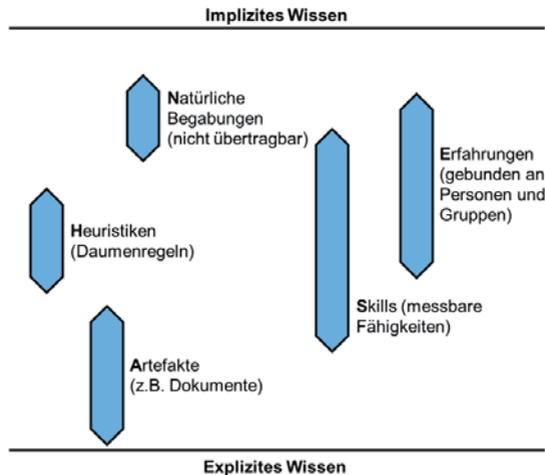
Wissensmanagement ist damit die Bedingung für explizites Wissen (Conrad, 2010) (Nonaka & Takeuchi, 2012). Gebrauchsanweisungen sind ein Beispiel für explizites Wissen. Diese sind systematisch gegliedert, in einer formalen Sprache verfasst und für jeden Interessenten zugänglich.

Implizites Wissen umfasst das Wissen, was einer Organisation oder anderen Menschen nicht zugänglich ist. Es hat keinen persönlichen, sprachlichen und formalen Ausdruck, da es größtenteils aus Erinnerungen, Erfahrungen, Überzeugungen und Fähigkeiten beruht. Diese professionelle Expertise einer Person sorgt dafür, dass diese Person handlungsleitend für andere Personen ist, da ihr Wissen von dritten erwünscht und gefragt ist. Ein Beispiel für implizites Wissen ist das Beherrschen des Fahrradfahrens. Es kann nicht mit Unterstützung einer Beschreibung erlernt werden. Implizites Wissen ist personengebunden und abhängig vom Kontext, daher ist es nur schwer kommunizierbar und formalisierbar. Auch technische Elemente, beispielsweise Know-How und Fähigkeiten und Fertigkeiten von Mitarbeitern durch jahrelange Erfahrung, können implizites Wissen sein (Conrad, 2010). Nach (Verein Deutscher Ingenieure, 2009) wird es auch stilles oder verborgenes Wissen genannt.

Weiterhin kann zwischen individuellem und kollektivem Wissen unterschieden werden: Während individuelles Wissen immer an Personen gebunden ist, ist kollektives Wissen mehreren Personen oder einer Gruppe zugänglich und kann von ihnen geteilt werden. Beide Arten lassen sich wiederum in implizites und explizites Wissen unterteilen (North, 2011) (Al-Laham, 2003).

Das HANSE-Modell (Abbildung 2) zeigt die Wissenskomponenten und ihre Tendenz zum impliziten und expliziten Wissen. Die fünf Komponenten heißen im Einzelnen:

- **Heuristiken**
- **Artefakte**
- **Natürliche Begabung**
- **Skills**
- **Erfahrungen**

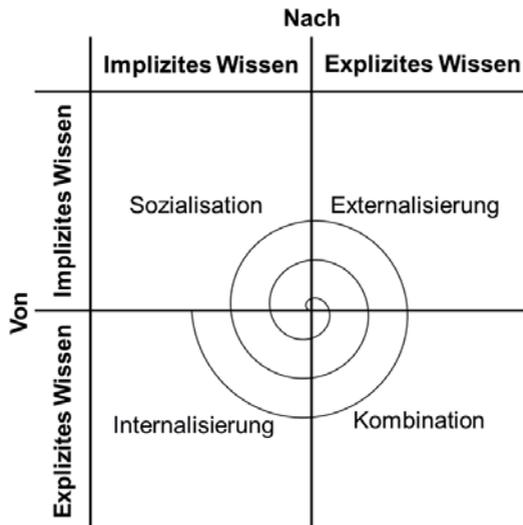


**Abbildung 2: HANSE-Modell der Wissenskomponenten (Verein Deutscher Ingenieure, 2009)**

Im Modell ist zu erkennen, dass es keine klare Abgrenzung zwischen implizitem und explizitem Wissen gibt. Es wird allerdings deutlich, welche unterschiedlichen Arten von Wissen existieren und dass diese Arten nicht zwangsläufig auf andere Menschen übertragbar sind. Insbesondere Expertenwissen, welches auf Erfahrungen beruht, ist sehr an Menschen gebunden und daher nicht einfach an andere Mitarbeiter weiterzugeben. Weiterführende Erläuterungen und Diskussionen zum HANSE-Modell finden sich in (Snowden, 2000).

Um ein besseres Verständnis für das Zusammenspiel zwischen den beiden Wissensarten zu erhalten, wird nun das Modell der Wissensumwandlung nach (Nonaka & Takeuchi, 2012) vorgestellt. Dabei spricht man von Wissensumwandlung, sobald implizites und explizites Wissen zusammenwirken. Durch diese Interaktion wird Wissen sowohl quantitativ als auch qualitativ zwischen beiden Bereichen generiert und erweitert. Dabei führen (Nonaka & Takeuchi, 2012) ein spiralförmiges Modell, auch SECI-Modell genannt, ein, welches die vier unterschiedlichen Formen der Wissensumwandlung und die Wissenserschöpfung als einen iterativen Prozess veranschaulicht (Abbildung 3). Dabei wird das Wissen von der individuellen Ebene ansteigend von Interaktionsgemeinschaften erfasst und die Barrieren von Gruppen, Abteilungen, Bereichen und sogar Unternehmen überschritten. Dabei entsteht

kontinuierlich neues Wissen und die Wissensbasis des Unternehmens expandiert und muss mit Hilfe von Wissensmanagementaktivitäten kontrolliert, gesteuert und gefördert werden (Nonaka & Takeuchi, 2012).



**Abbildung 3: Wissensumwandlung und Wissensspirale (Nonaka & Takeuchi, 2012)**

Die vier Formen der Wissensumwandlung sind im Einzelnen (Nonaka & Takeuchi, 2012):

- **Sozialisation:** Hier findet der Erfahrungsaustausch zwischen zwei Individuen über Beobachtung, Nachahmung und Übung statt, beispielsweise über ein mentales Modell und technische Fertigkeiten. Notwendig ist dabei jedoch die Erfahrung. Ohne eine gemeinsame Erfahrung ist es kaum möglich, sich in die Denkweise der anderen Person hineinzusetzen.
- **Externalisierung:** Bei diesem Prozess nimmt das bisherige implizite Wissen durch Analogien, Metaphern, Hypothesen und Modellen eine explizite Form an, welches durch verschiedene Formen von Reflexion und Interaktion noch konkretisiert wird. In diesem Schritt entsteht neues

---

Wissen, weil aus implizitem Wissen neue explizite Konzepte gebildet werden

- Kombination: Hier wird Wissen auf neue Anwendungsgebiete transferiert. Durch eine neue Zusammenstellung von bekannten Informationen durch Editieren, Verändern oder Gruppieren von explizitem Wissen kann hier auch neues Wissen entstehen.
- Internalisierung: In diesem Schritt findet das aufgezeichnete Wissen (beispielsweise aus Dokumenten) den Weg in die alltägliche Praxis eines Individuums durch Aufnahme, Ergänzung und Neustrukturierung des Wissens, ähnlich dem „learning by doing“.

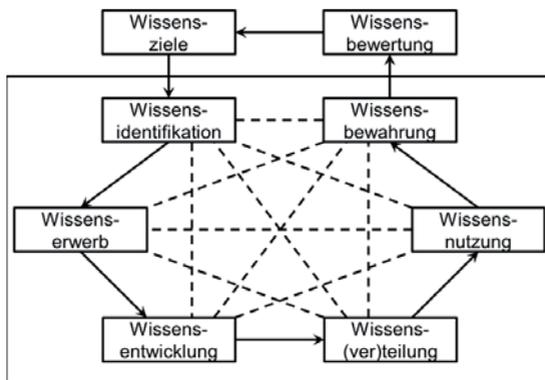
Wie nun erkennbar wird, eignet sich die Sozialisation als Austausch von implizitem Wissen nur sehr begrenzt zur Nutzung von Wissen. Erst das Explizieren von Wissen hilft dem Unternehmen weiter, weil es dieses Wissen dann erst verarbeiten, speichern und verteilen kann (Klabunde, 2003).

### **2.1.3 Definition Wissensmanagement**

Wie wichtig die Bedeutung von Wissen als Wettbewerbsfaktor und damit ein gutes Wissensmanagementsystem in einem Unternehmen ist, spiegeln (Nonaka & Takeuchi, 2012) am besten wieder, indem sie postulieren, dass Wissen als eine immaterielle Ressource zu sehen ist, deren Nutzung den Erfolg einer Unternehmung maßgeblich beeinflussen kann. Aus diesem Grund wird der Existenz eines sinnvollen und nachhaltigen Wissensmanagements in immer mehr großen und zunehmend auch mittelständischen Unternehmen Beachtung geschenkt.

In diesem Abschnitt wird sich daher mit dem Begriff des Wissensmanagements intensiv auseinandergesetzt. Wissensmanagement an sich stellt ein sehr großes, interdisziplinäres Themenfeld dar. Dazu sind in der Literatur viele Definitionen, Konzepte und Beschreibungen auffindbar (Al-Laham, 2003). Die Literatur wird allerdings von zwei wesentlichen Modellen geprägt: Dem oben bereits erläuterten SECI-Modell nach (Nonaka & Takeuchi, 2012) und dem im folgenden erläuterten prozessorientierten Modell nach (Probst, Raub, & Romhardt, 2010).

Diese definieren ein Modell, welches sich dem Wissensmanagement in einem Unternehmen aus Prozesssicht annähert und daher alle in der Unternehmenspraxis relevanten Aspekte berücksichtigt. In diesem Modell werden sechs Kernprozesse dargestellt, welche die operativen Probleme von Wissensmanagement abbilden. Diese werden durch zwei strategische Bausteine ergänzt werden (Abbildung 4):



**Abbildung 4: Bausteine des Wissensmanagements nach (Probst, Raub, & Romhardt, 2010)**

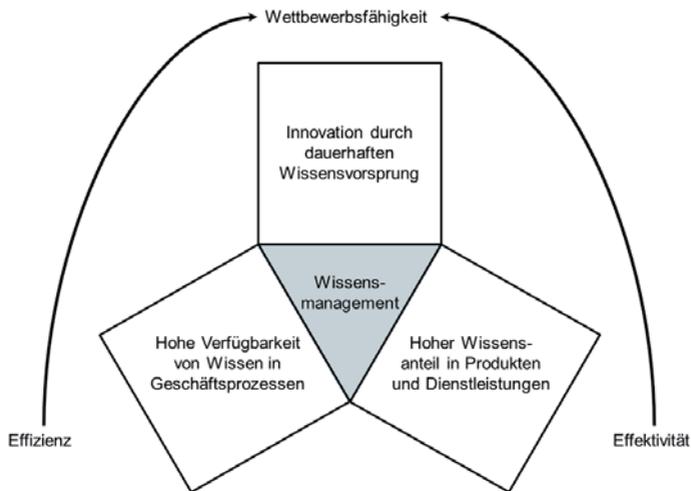
Die beiden oben stehenden Bausteine geben den anderen sechs Aktivitäten einen koordinierenden und orientierenden Zusammenhang, um sinnvoll in die Unternehmensstrategie und das Managementsystem eingebunden werden zu können (Probst, Raub, & Romhardt, 2010). Eine umfangreiche Erläuterung eines Ansatzes, welcher im LeanPPD-Projekt entwickelt wurde und seinen Ursprung aus diesem Modell hat, findet in Abschnitt 2.3.2 statt.

Im Rahmen des Forschungsbereiches dieser Dissertation soll folgendes Verständnis über Wissensmanagement in Industrieunternehmen gelten:

Die Wissensbasis des Unternehmens, welche sich aus sämtlichen Wissensbeständen und -trägern bildet, ist der zentrale Bestandteil des Wissensmanagements. Wissensmanagement ist somit die Bereitstellung und Verwaltung von Instrumenten, um diese Wissensbasis durch Planung, Organisation, Steuerung, Nutzung und Kontrolle zu verändern und weiterzuentwickeln.

Kombiniert mit der in Abschnitt 2.1.1 erwähnten Definition von Wissen ergibt sich aus (Probst, Raub, & Romhardt, 2010), dass die Fähigkeit, Probleme zu lösen und kollektiv sinnvoll zu handeln von der Art und Weise abhängt, wie die einzelnen Wissensbestände und -träger der Wissensbasis miteinander interagieren und verbunden sind.

Instrumente können Prozesse und Tätigkeiten sein, mit deren Unterstützung die Effizienz von Wissen gesteigert werden und eine höhere Effektivität bei der Nutzung und Erstellung von Wissen gestärkt werden kann. Dies führt beides zu einer Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens, indem dessen Innovationskraft durch einen stetigen Vorsprung an Wissen gegenüber den Wettbewerbern gestärkt wird, wie Abbildung 5 veranschaulicht (Klabunde, 2003):



**Abbildung 5: Zielsystem des Wissensmanagements (Klabunde, 2003)**

Auf die Frage nach Gründen für die Notwendigkeit eines Wissensmanagementsystems liefert (Klabunde, 2003) fünf wichtige Argumente:

- Wissensverluste: Durch den Verlust von Wissensträgern haben Unternehmen erkannt, dass das jahrelang gewachsene Wissen wichtig

für den Fortbestand ist und daher Maßnahmen zur Speicherung und zum Transfer von Wissen entwickelt.

- Wissensexplosion: Die Wissensbasis eines Unternehmens vergrößert sich Jahr für Jahr und die Art und Weise, mit der das Unternehmen damit umgeht, wird in den kommenden Jahren entscheidend für seine Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft sein.
- Wissensdiversifikation: Durch die Interdisziplinarität vieler Ingenieursgebiete gilt es, das damit verbundene und bereits vorhandene Wissen ineinander zu integrieren, um eine gesamtheitliche, vernetzte Wissensbasis zu erhalten.
- Wissenserosion: Die Halbwertszeit von Wissen definiert die Zeitspanne, nach der das Wissen zur Hälfte einem alten Stand entspricht und durch neue Erkenntnisse aktualisiert werden muss. In der IT-Branche beispielsweise beträgt diese Halbwertszeit ein bis zwei Jahre, bei technologischem Wissen zwischen zwei und fünf Jahren (Puls, 2011). Das Unternehmen muss also die Weiterentwicklung und Nachhaltigkeit seiner Wissensbasis garantieren.
- Wissensnutzung: Auch relevantes Wissen, welches sich außerhalb des Unternehmens befindet, muss schnell gefunden und der Wissensbasis des Unternehmens hinzugefügt werden, um innerhalb des Unternehmens sinnvoll eingesetzt werden zu können. Das Unternehmen benötigt dazu die passenden Instrumente zur Identifikation und Bewertung.

Dabei sollte man unter Wissensmanagement in einem Unternehmen nicht zwangsläufig die Einführung einer neuen Software verstehen, sondern auch die Einbeziehung der Mitarbeiter und die organisatorische Perspektive. Eine detaillierte und übersichtliche Auflistung sämtlicher Herausforderungen, welchen sich ein Industrieunternehmen speziell in der Produktentwicklung bei der Einführung und Etablierung eines Wissensmanagementsystems stellen muss, lässt sich in (Maksimovic, et al., 2013) finden. Nach (Lucko & Trauner, 2005) muss für ein erfolgreiches Wissensmanagement im Unternehmen ein adäquates Gleichgewicht zwischen folgenden drei Feldern vorliegen (Lucko & Trauner, 2005):

- Technik: Die Informations- und Kommunikationstechnologie für flexibles Wissensmanagement
- Organisation: Entwicklung von Methoden und Vorgehensweisen für den Erwerb, die Speicherung und den Transfer von Wissen
- Mensch: Mitarbeiter und eine Unternehmensmentalität, welche einen andauernden Wissensfluss unterstützt.

Die nachfolgenden Kapitel dieser Dissertation befassen sich mit den organisatorischen und informationstechnischen Aspekten. Der Faktor Mensch findet eine weitergehende Beachtung in der Literatur von (Lucko & Trauner, 2005) und (Szulanski, 1996). Für die personalwirtschaftlichen Facetten des Wissensmanagement sowie eine Auseinandersetzung mit den Barrieren der Wissensweitergabe, z.B. die mangelnde Motivation oder Aufnahmefähigkeit des Wissensempfängers, seien ebenfalls (Szulanski, 1996) und (Knörck, 2009) zu empfehlen.

#### **2.1.4 Wissensmanagementsysteme bei der Volkswagen AG**

Angelehnt an den vorigen Abschnitt folgt nun eine Auflistung und Beschreibung der wichtigsten allgemeinen Wissensmanagementsysteme statt, welche unter diesem Begriff bei der Volkswagen AG im täglichen Gebrauch verwendet werden:

##### *Wissensstafette*

Bei der Volkswagen Wissensstafette handelt es sich um eine Methode, welche Erfahrungswissen bei ausscheidenden und wechselnden Experten oder Managern zu deren Nachfolgern überträgt. Ziel ist dabei, das Erfahrungswissen effizient und systematisiert zu erfassen und dann an einen speziellen Personenkreis weiterzugeben. Dabei kann die Methode individuell an die Bedürfnisse der Personen angepasst werden. Durch diese Art der Wissensübertragung bleibt das Wissen erfahrener Mitarbeiter im Unternehmen, Doppelarbeit und Fehler können minimiert werden, eine schneller Einarbeitung des neuen Mitarbeitern kann erfolgen und Potenziale zu Synergien können ausgeschöpft werden (Ihnken, 2013).

### A3

Die A3-Methode wird zur Unterstützung einer strukturierten Problemlösung verwendet. Dabei werden von allen Beteiligten auf einem DIN A3 Blatt alle wesentliche Inhalte des Problems vom Hintergrund und der Ausgangssituation über die Ursachenanalyse und die Zielbedingungen bis zur Umsetzung und der Kontrolle der Lösung dokumentiert. Bei Volkswagen findet man die A3-Methode überwiegend zur Definition von strategischen Zielen und Zielvereinbarungen. Im tagtäglichen Gebrauch zur Problemlösung findet das A3-Blatt jedoch keine Anwendung.

### *Wiki (Allg. und Media-Wiki)*

Das Volkswagen Wiki-System ist eine Plattform, welche es erlaubt, dass Mitarbeiter untereinander Informationen austauschen, eigenhändig Änderung am Inhalt der Seite durchführen können und somit eine Wissensbasis aufbauen. Dabei handelt es sich um eine Webapplikation auf Java-Basis und die offen für alle Bereiche ist. Es können jedoch sog. Spaces eingerichtet werden, so dass eine Abteilung oder ein Bereich ein eigenes, abgeschlossenes Wiki besitzen. Im Wiki lässt sich von der Unternehmensstruktur über wichtige Telefonnummern, Ansprechpartner und Mitarbeiterinformationen bis hin zu Berichten über Wettbewerbsprodukte und konzerneigene Fahrzeuge jede Menge Artikel finden. Gestützt werden diese durch Glossare, Tagclouds und Ranglisten, um dem Nutzer einen möglichst schnellen Zugriff auf die gesuchte Seite zu ermöglichen.

Eine spezielle Form des Wikis ist das sog. Media-Wiki, welches es erlaubt, detaillierte Informationen über die Tätigkeiten und Kompetenzen der Mitarbeiter darzustellen und auch mediale Inhalte wie Abteilungspräsentationen und –filme abzubilden. Dies erfolgt aus Geheimhaltungsgründen zumeist jedoch in abgeschlossenen Wikis.

### *PWMS*

Das Prozesswissen-Managementsystem wurde von der Volkswagen Konzern-IT entwickelt, um dem Nutzer eine standardisierte Visualisierung von Prozessen zu ermöglichen. Hierbei werden alle Schritte eines Prozesses zielgruppennah,

verständlich und interaktiv durch Web 2.0 Elemente beschrieben. Durch eine anschauliche Beschreibung dieser Prozessabläufe und Rollenverteilungen und die Bereitstellung aller Dokumente, welche in diesem Prozess erforderlich sind, wird dem Nutzer sehr praxisnah das Wissen über diesen Prozess vermittelt. Ein Glossar, eine Volltextsuche und ein leicht zu handhabendes Redaktionssystem sorgen für eine einfache Bedienung des PWMS (Lübke, 2013).

### *Volkswagen DMS*

Das Volkswagen Dokumentenmanagement System (Volkswagen DMS) ist ein zentrales System zur Verwaltung von elektronischen Dokumenten aller Art im Volkswagen Konzern und zeichnet sich durch eine strukturierte Ablage und datenbankgestützte Verwaltung aus. Über eine browserbasierte Oberfläche kann der Nutzer standortunabhängig geheime, vertrauliche und öffentliche Dokumente in das System ablegen und diese dann mit anderen, dafür freigeschalteten, Nutzern teilen. Überwiegend wird es deshalb für die Fahrzeugprojektdokumentation genutzt. Das DMS zeichnet sich insbesondere durch mehrstufige Berechtigungsfunktionen, eine Suchfunktion, eine Benachrichtigungsfunktion und ein Klassifizierungssystem für Unterlagen (KSU) aus (Volkswagen AG, 2011).

### *Gruppenlaufwerke*

Gruppen- oder auch Netzlaufwerke werden jedem Volkswagen Mitarbeiter bereitgestellt und dienen der Speicherung von Daten, die man sonst auf der lokalen Festplatte abspeichern würde. Sie dienen im Wesentlichen der Ablage von großen Dateien und dem Dateiaustausch innerhalb einer Abteilung oder eines Projektteams. Einer Strukturierung der Daten erfolgt durch den Benutzer selbst (Volkswagen AG, 2011).

## **2.2 Schlanke Entwicklung**

Um dem Leser das Thema und die weiterführenden Kapitel dieser Dissertation in einem größeren Zusammenhang präsentieren zu können, wird in diesem Unterkapitel der Grundgedanke von Lean vermittelt und ein kleiner Überblick über

die Lean Philosophie gegeben. (Womack & Jones, 2013) beschreiben diese Philosophie als „Revolution in der Autoindustrie“ und auch in der restlichen Industrie als strategisch zukünftig wegweisendes Thema. Aus diesem Grund liefern (Womack & Jones, 2013) und (Womack, Jones, & Roos, 1990) auch die weiterführende und sehr gute Vertiefung in das Thema Lean Thinking.

### **2.2.1 Lean Philosophie**

Die Lean Philosophie oder das Lean Management, auch schlanke Unternehmensführung genannt, ist eine ganzheitliche Unternehmens-Strategie zur Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit, indem Verschwendung aus sämtlichen Produkten und Prozessen identifiziert und eliminiert wird und eine konsequente Ausrichtung auf die wertschöpfenden Prozesse und die Maximierung des Kundennutzens stattfindet. Damit führt Lean Management zu einem verantwortungsvolleren Umgang mit den Unternehmensressourcen (Womack & Jones, 2003).

Der Schwerpunkt der Lean Philosophie liegt dabei auf der Fokussierung auf die Wertschöpfung. Es sollen Werte, also Prozesse und Produkte, ohne Verschwendung entstehen, indem die wertschöpfenden Aktivitäten gezielt aufeinander abgestimmt werden. Dazu wird das gesamte Unternehmen prozessorientiert ausgerichtet, um die Aktivitäten effektiv und effizient durchführen zu können. Die Mentalität von Lean setzt dabei auf das Engagement der Mitarbeiter, die ihre Arbeitsabläufe jederzeit kritisch betrachten und Optimierungen mit einbringen, um so das Unternehmen als Ganzes zu verbessern. Prozesse, die also keinen Nutzen für den Kunden oder Nutzer bedeuten, werden demnach als Verschwendung klassifiziert und müssen abgestellt werden (Womack & Jones, 2013).

Ihren Ursprung hat die Lean Philosophie beim japanischen Automobilhersteller Toyota, wo in den 1980er Jahren mit dem Toyota Produktionssystem die schlanke Produktion angewendet wurde. Die daraus resultierende Exzellenz bei Qualität und Effizienz in der Herstellungs- und Lieferkettenphilosophie führte zu globalen Veränderungen in fast allen Bereichen (Liker, 2008).

Dabei geht die Lean-Philosophie, anders als von vielen europäischen Unternehmen fälschlicherweise praktiziert, über die Organisation in der Fertigung und Produktion

---

hinaus. So zielt der Begriff Lean Management auch auf die folgenden Bereiche ab (Glasl & Brugger, 1994):

- Produktion
- Einkauf
- Produktionsvorbereitung
- Management
- Personalwesen
- Vertrieb
- Entwicklung.

Die Anwendung der Lean-Prinzipien in der Produktion stellt sich dabei als einfachste Form der Umsetzung heraus: Arbeitsschritte, die dem Produkt einen Mehrwert hinzufügen, beispielweise das Verschweißen von zwei Bauteilen zu einem größeren, neuen Bauteil, werden als wertschöpfend definiert. Abläufe, die dem Produkt keinen Mehrwert bringen (z.B. der Transport des Bauteils von einer Maschine zur nächsten), werden per se als Verschwendung gesehen (Womack & Jones, 2003). Nichtsdestotrotz ist dieser wertneutrale, geplante Prozess aber notwendig, um die darauffolgenden wertschöpfenden Prozesse sicherzustellen. Deshalb spricht man hier von einer Stützleistung. Stützleistungen findet man u.a. auch im Einkauf oder in der Personalabteilung. Im Folgenden wird sich die Dissertation hauptsächlich mit dem Bereich Entwicklung des Lean Managements beschäftigen, dem sog. Lean Development oder der schlanken Entwicklung.

### **2.2.2 Lean Development**

Das Lean Development ist die konsequente Weiterentwicklung der Lean Prinzipien aus der Produktion in die Produktentwicklung. Dies ist allerdings nur in einem sehr begrenzten Rahmen möglich. Tabelle 1 zeigt die unterschiedlichen Charakteristika von Produktion und Produktentwicklung auf:

Produktion	Produktentwicklung
<b>Prozesse</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Detaillierte Festlegung der Tätigkeiten durch Arbeitsplan</li> <li>▪ Prozessfolge ist transparent</li> <li>▪ Prozesse sequentiell wiederholbar</li> <li>▪ Transparenz und Wiederholbarkeit ermöglicht Automatisierung der Prozesse</li> <li>▪ Kurze Wiederholungszeiten des Prozesses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Viele Unsicherheiten/Änderungen im Produktentstehungsprozess</li> <li>▪ Eingeschränkte Transparenz im gesamten Prozess</li> <li>▪ Prozesse nur bedingt wiederholbar</li> <li>▪ Automatisierungsgrad gar nicht bzw. wenig vorhanden</li> <li>▪ Prozess kann nur bedingt sequentiell dargestellt werden</li> <li>▪ Längere Zyklen des Prozesses</li> </ul>
<b>Planung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Planung berücksichtigt Tage und Wochen</li> <li>▪ Planungsverlauf beherbergt nur geringe Unsicherheiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Planung berücksichtigt Monate und Jahre</li> <li>▪ Planungsverlauf beherbergt viele Unsicherheiten und Störfaktoren, welche von außen einwirken können</li> </ul>
<b>Mitarbeiter</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mitarbeiter benötigen weniger hohe kognitive Fähigkeiten bei Kreativität und technischem Verständnis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mitarbeiter benötigen hohe kognitive Fähigkeiten</li> </ul>

**Tabelle 1: Gegenüberstellung von Produktion und Produktentwicklung (angelehnt an (Schuh, 2006))**

So wird deutlich, dass es in der Produktion u.a. durch die häufige Wiederholbarkeit und die schnellen Taktraten der Prozesse relativ einfach ist, Verschwendung zu identifizieren und abzustellen. Durch die langen Produktentwicklungszeiten und nur geringe Möglichkeit, den Prozess zu oft zu wiederholen, gestaltet sich deshalb die Identifikation und Vermeidung von Verschwendung deutlich schwieriger (Schuh, 2006). Viele Aktivitäten in der Produktentwicklung sind nicht direkt wertschöpfend, sondern auch, wie oben bereits erwähnt, Stützleistung. Außerdem kommt hinzu, dass viele Instrumente und Methoden, welche die Lean Production hervorgebracht hat, nicht auf das Lean Development übertragen werden können. So kann

---

beispielsweise der Demingkreis mit dem Prinzip des Plan-Do-Check-Act (PDCA) in der Produktion durch die kurzen Zykluszeiten hervorragend praktiziert werden, in der Produktentwicklung ist dieses Prinzip auf Grund der viel längeren und kaum wiederholbaren Zeitdimensionen nicht anwendbar.

Seine Ursprünge hat das Lean Development ebenfalls bei Toyota, von wo es später von (Morgan & Liker, 2006) als Toyota Product Development System bezeichnet wurde und sie daraus 13 Prinzipien der schlanken Produktentwicklung ableiteten, um die Produktentwicklung effizienter und wertschöpfender zu gestalten (Morgan & Liker, 2006).

Im europäischen Raum ist vielen Unternehmen die Übertragung der Lean Prinzipien auf die Entwicklung von Produkten noch nicht bekannt bzw. befindet sich erst in der Aufbauphase. Diesen Umstand deckt eine Studie von (Schuh, 2006) auf, wo im Jahr 2006 nur ein Drittel der 120 befragten Unternehmen die systematische Identifikation von Verschwendung in der Forschung und Entwicklung durchgeführt haben.

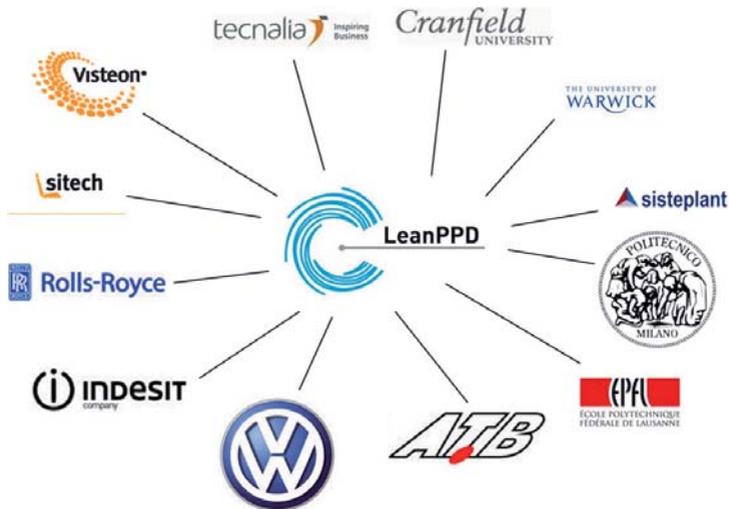
### **2.3 LeanPPD**

Das durch die EU geförderte europäische Forschungsvorhaben „Lean Product and Process Development“ (LeanPPD) hat das Ziel, Industrieunternehmen dabei zu unterstützen, ihre Produktentwicklung nach der Lean Philosophie zu gestalten.

Im Detail geht es dabei um die Entwicklung von Methoden, Vorgehensweisen und Werkzeugen für einen schlanken Produktentstehungsprozess. Diese sollen den Entwickler in der Entstehungsphase seines Produktes dabei unterstützen, schlanke Produkte zu generieren. Dies soll mit möglichst wenig Verschwendung geschehen und stattdessen soll die Wertschöpfung am Produkt gesteigert werden.

Hintergrund dieses Forschungsvorhabens ist, dass es in der Produktionsphase eines Produktes kaum noch möglich ist, seine Kosten zu drücken, da bereits über 80% der Herstellungskosten in der Produktentstehungsphase festgelegt werden. Daher ist es eminent wichtig, dieser Phase des Produktlebenszyklus eine höhere Aufmerksamkeit zu schenken und dort bereits die Grundsätze der Lean-Philosophie anzuwenden (Al-Ashaab, et al., 2010).

Das Projektkonsortium setzt sich aus 7 Forschungs- und Entwicklungs- und 5 Industriepartnern zusammen, welche nachfolgend abgebildet sind:



**Abbildung 6: Die 12 Projektpartner im LeanPPD-Projekt**

Von den Partnern des Projektes wurden dazu in der Anfangsphase von LeanPPD folgende Teilziele formuliert (Al-Ashaab, et al., 2010):

- Identifizierung von wertschöpfenden Tätigkeiten im Produktentstehungsprozess
- Unterstützung der wertschöpfenden Tätigkeiten durch modernste Methoden und Tools
- Erarbeitung eines Werkzeugs zur Wertstrom-Analyse
- Bereitstellung von Modellen und Tools, um Produkte vor dem Hintergrund des japanischen Set-Based Concurrent Engineering Ansatzes zu entwickeln und zu fertigen
- Erarbeitung einer Möglichkeit, um Unternehmens- und Expertenwissen zu generieren, zu sammeln und wieder zu verwenden. Dazu soll ein Tool, eine sog. Knowledge Based Environment entwickelt werden

- 
- Erzeugung eines Referenzmodells um dem Unternehmen die Implementierung von Knowledge Based Engineering, Lean Development und Lean Product Design zu ermöglichen
  - Test der erzeugten Modelle und Werkzeuge in der industriellen Praxis
  - Formulierung eines Strategievorschlags, um die erarbeiteten Lösungen in Unternehmen mit unterschiedlichen Lean-Entwicklungsstufen zu übertragen.

Das LeanPPD Projekt soll nicht dazu dienen, theoretische Grundlagenforschung zu betreiben und es sollen auch keine komplett neuen Ansätze zu den Themen Wissensmanagement und Lean entstehen. Der Anspruch ist, in Kooperation mit den Industriepartnern anwendungsorientierte und insbesondere industriell umsetzbare Lösungen für die Produktentwicklung zu generieren, die einen nachhaltigen Nutzen für das jeweilige Unternehmen bedeuten. In diesem Kontext ist die eigentliche Herausforderung die Kombination und Integration von Funktionen aus zweckdienlichen Werkzeugen und Applikationen (Töppel, 2010).

Als Ergebnisse des LeanPPD-Projekts sind das Lean Self-Assessment Tool, das Wertstromanalyse Werkzeug, die wissensbasierte Softwareumgebung und der Set-Based Concurrent Engineering Ansatz zu nennen. Weiterführende Literatur, die die restlichen Werkzeuge und Methoden beschreibt, findet sich unter (Sorli, 2012).

Für das nachfolgende Verständnis dieser Dissertation werden in den folgenden beiden Abschnitten davon nur das Lean Self-Assessment und der Lean Knowledge Life Cycle, welcher die Grundlage für den Zyklus von Wissen in einem Unternehmen bildet, erläutert. Diese beiden Werkzeuge fanden auch Anwendung in der Praxis beim Business Case der Volkswagen AG, welche Industriepartner des Forschungsprojektes war.

### **2.3.1 Das Lean Self-Assessment Tool**

Das im LeanPPD-Projekt entwickelte Lean Self-Assessment Tool beruht auf der Basis der Balanced Scorecard (BSC). Bei der Balanced Scorecard handelt es sich um ein Managementinstrument um operative Handlungen und langfristige Unternehmensziele miteinander zu verbinden. Anhand von vier sog. Perspektiven werden Ziele, Kennzahlen, Zielwerte und Maßnahmen definiert, welche über

Ursache-Wirkungs-Beziehungen miteinander verbunden sind. Weiterführend und vertiefend sei hierzu (Kaplan & Norton, 1997) und (Probst, Raub, & Romhardt, 2010) zu nennen.

Die BSC wurde im Rahmen des Projektes modifiziert um den Ist-Stand und die Ziele zum Thema Lean Development bei den Industriepartnern zu messen. Nach Umsetzung und Implementierung der im Projekt erarbeiteten Ansätze und Werkzeuge wurde wiederum der Stand abgefragt, um fundierte Rückschlüsse über die angewendeten Methoden zu erhalten.

Dabei kann das Tool sowohl von einem gesamten Unternehmen angewendet werden oder auch nur in einer Abteilung oder einem kleineren Personenkreis und den dortigen Stand zur Anwendung der Lean Development Prinzipien abfragen. Es kann eine Person, z.B. ein Manager, oder eine Gruppe, befragt werden.

Um eine repräsentative Vorher-Nachher-Analyse und eine Trend-Dokumentation zu gewährleisten, empfiehlt es sich, das Assessment in regelmäßigen Abständen (quartalsweise oder jährlich) mit dem identischen Personenkreis durchzuführen.

Angelehnt an die BSC werden dabei vier Perspektiven betrachtet und beurteilt:

- Zeit, Kosten und Qualität
- Entwicklung von neuen Produkten
- Werkzeuge & Tools
- Mitarbeiter.

Jede der oben aufgezählten Perspektiven enthält einen Katalog mit jeweils 14 Fragen, welche mit Aussagen auf einer Skala von 1 bis 5 hinterlegt sind. Der oder die befragte(n) Person(en) sollen dann sowohl den aktuellen also auch den gewünschten Stand bestmöglich mit der zutreffendsten Aussage bewerten.

Nach der Beantwortung der 56 Fragen kann sich der Benutzer sofort die Auswertung mit seinem Leanness-Level anzeigen lassen. Neben einer tabellarischen Übersicht und Aufbereitung der Ergebnisse wird dann pro Perspektive ein Mittelwert gebildet, welcher zwischen 1 (keine bis ganz wenige Lean Denkansätze vorhanden) bis 5 (Lean-Development-Prinzipien werden als beste Vorgehensweise gelebt und auch an Zulieferer und externe Firmen kommuniziert).

Zum Vergleich lassen sich auch die Auswertungen aus früheren Umfragen abrufen und den aktuellen Ergebnissen und Auswertungen gegenüberstellen (Abbildung 7).

Perspective 2. New Product Development Process					
Lean Practices	Current Assessment Period:				
	As-Is	To-Be	Gap	Relevance	
2.2.2 Human resources are allocated effectively to NPD projects to reduce uncertainty in the early phases.	1	1	0	4	<p><b>Current Level: 3.08</b></p> <p>Average of As-Is values of all practices in the perspective</p>
2.2.3 The organization allocates cross-functional resources in the early phases of the development process to minimize design changes in later phases.	1	3	2	2	
2.3.1 A process and tools are implemented to ensure efficient resources sharing across multiple concurrent projects.	2	3	1	1	
2.4.1 The organization follows a standard product development process, known by all product development multidisciplinary teams.	3	4	1	1	
2.1.1 Key customers are highly integrated in the development and improvement of new products.	5	5	0	1	
2.1.4 Product development teams capture and analyze the customer value.	3	3	0	1	
2.2.1 Set based design techniques are applied by product development teams (several design options are considered in parallel).	3	3	0	1	
2.4.3 Methodologies are implemented to manage improvement projects in NPD and reduce process variation.	4	4	0	1	
2.5.1 The organization is aware about sustainability challenges and implements best practices in the development of environmentally friendly products considering the complete product lifecycle.	4	4	0	1	
2.5.2 The organization targets the development of a green supply chain when designing, developing, producing, assembling, packing, transporting, using, dismissing and recycling new products.	4	4	0	1	
2.1.3 The organization has a clear plan to improve the new product development process by eliminating waste (engineering mistakes, not useful or too much product design information, etc.).	4	5	1	N.A.	
2.1.2 Product development teams carry out the right amount of meetings, reviews and status reports.	4	4	0	N.A.	
2.1.5 Key performance indicators used in the NPD process include service level agreements (targets) with internal and external customers.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
2.4.2 All NPD teams follow a standard procedure when requesting product design changes.	2	2	0	N.A.	

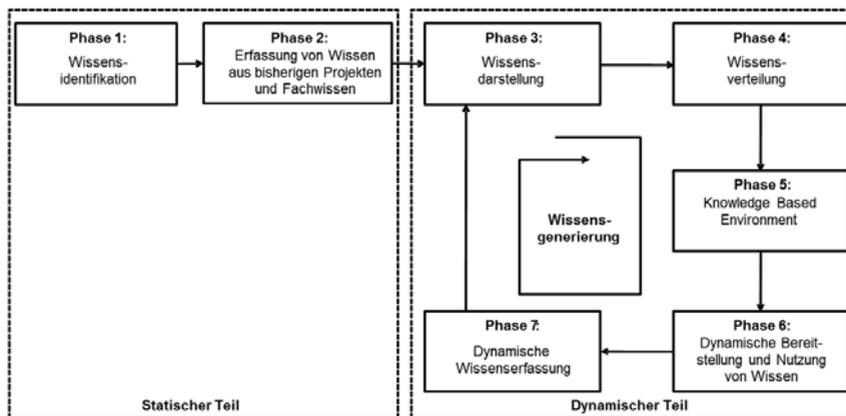
**Abbildung 7: Auswertung einer Perspektive: Tabellarisch und mit Spinnennetzdiagramm und Mittelwert**

Die praktische Umsetzung der Umfrage findet browserbasiert statt und ist gestützt auf der lizenzfreien Online-Umfrage-Software LimeSurvey (Schmitz, 2013). Für vertiefende Informationen in Bezug auf den Aufbau und die technischen Details der Umfrage sei (Flores & Flores, 2010) zu empfehlen.

Im Rahmen der Dissertation wurden mit dem Lean Self-Assessment Tool mehrere Umfragen in der Entwicklungsabteilung des Geschäftsfeldes Kunststoff durchgeführt. Diese Umfragen sollten evaluieren, in wie weit die nachfolgend in Kapitel 3 beschriebene wissensbasierte Softwareumgebung durch ihre Anwendung die Produktentwicklung und das Wissensmanagement in der Abteilung positiv beeinflusst und schlanker gestaltet.

### 2.3.2 Der Lean Knowledge Life Cycle

Ein weiteres Ergebnis des LeanPPD-Projekts, welches aus intensiver Literaturrecherche und Feldstudien bei den Industriepartnern resultiert, ist der Lean Knowledge Life Cycle (LeanKLC). In Anlehnung an das von (Probst, Raub, & Romhardt, 2010) postulierte Wissensmanagement-Konzept beschreibt er in sieben Phasen den Kreislauf von Wissen in einem Unternehmen. Dabei handelt es sich bei diesen Phasen ebenfalls um Kategorien von Problemen, welche bei der Einführung eines Wissensmanagementsystems in einem Unternehmen auftauchen können. Eine wissensbasierte Umgebung für einen Produktentwickler, wie sie später in Kapitel 3 beschrieben und entwickelt wird, muss nach diesen Phasen ausgelegt werden. Abbildung 8 zeigt den Ablauf, wie Wissen kontinuierlich in einem Unternehmen erzeugt, erfasst und bereitgestellt wird:



**Abbildung 8: Die sieben Phasen des Lean Knowledge Life Cycles (angelehnt an (Maksimovic, Al-Ashaab, Shehab, & Sulowski, 2011))**

Dabei werden bei der Einführung bzw. ersten Anwendung des Lean Knowledge Life Cycles sämtliche sieben Phasen durchlaufen. Ist dies passiert, liegt der weitere Fokus auf dem kontinuierlichen Durchlauf der Phasen drei bis sieben, in denen Wissen dynamisch und kontinuierlich generiert wird.

Nachfolgend werden die sieben Abschnitte des LeanKLC im Detail erläutert (Maksimovic, Al-Ashaab, Shehab, & Sulowski, 2011):

---

### *Phase 1 - Wissensidentifikation*

In dieser Phase geht es um das Auffinden und Identifizieren von Wissen im Unternehmen, welches sinnvoll und wiederverwertbar erscheint. Innerhalb jedes Unternehmens wird Wissen auf unterschiedliche Arten aufbewahrt und gespeichert. Daher ist ein Instrument, um nützliches Wissen zu finden, unerlässlich. Ein Beispiel für solch ein Tool sind Interviews und Fragebögen.

### *Phase 2 – Erfassung von Wissen aus bisherigen Projekten und Fachwissen*

Gemäß (Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2007) greifen die meisten Ingenieure zu Beginn von neuen Projekten zu 71% auf bereits vorhandenes Wissen aus vorangegangenen Projekten zu. Daher ist es außerordentlich wichtig, dieses Wissen zu berücksichtigen und es den relevanten Personen zu ermöglichen, auf dieses Wissen zuzugreifen. So wird hier das in der vorangegangenen Phase identifizierte Wissen erfasst und strukturiert.

Dabei wird das in dieser Phase gesammelte Wissen unterteilt: Zum einen gibt es das spezifische Wissen aus vorangegangenen Projekten, beispielsweise Erfahrungswissen, Expertenwissen, Lessons Learned, Projekt- und Prototypendaten, zum anderen das so genannte Fachwissen, welche sich zusammensetzt aus Regeln, Richtlinien, Randbedingungen usw. über ein bestimmtes Sachgebiet, z.B. Materialien und Fertigungsverfahren über Kunststoffe.

Ab einem bestimmten Zeitpunkt des LeanKLC ist in dieser Phase sämtliches Wissen aus vorangegangenen Projekten gesammelt, daher finden die Phasen 1 und 2 im folgenden Ablauf kaum noch Anwendung.

### *Phase 3 – Wissensdarstellung*

In dieser Phase wird das in Phase 2 gesammelte Wissen formal so aufbereitet, dass es maschinenlesbar ist und damit möglichst einfach in eine KBE eingepflegt werden kann. So kann es z.B. objektorientiert in UML (Rumpe, 2011) oder in einer semantischen Darstellung (siehe nachfolgend Abschnitt 2.6) repräsentiert werden.

#### *Phase 4 – Wissensverteilung*

Bei der Verteilung des Wissens wird das in Phase 2 erfasste Wissen und Wissen, welches im aktuellen Projekt erzeugt wird, in einer klaren Struktur in einer Datenbank zusammengeführt. Zudem wird das neu gewonnene Wissen (z.B. Lessons Learned, Konstruktionsrichtlinien) gleich eindeutig, einfach und systematisch formuliert, so dass es den Lean Kriterien entspricht.

Möglicherweise kann nicht sämtliches Wissen, insbesondere implizites Wissen, in diese Datenbank eingearbeitet werden. Daher ist es sinnvoll, einen Verweis auf diejenige Person zu platzieren, welche auf diesem Gebiet Expertenwissen besitzt und weiterhelfen kann.

#### *Phase 5 – Knowledge Based Environment*

Um das bis jetzt gesammelte und aufbereitete Wissen nun strukturiert an den Produktentwickler weiterzugeben, wird eine intuitiv bedienbare Softwareumgebung benötigt. An dieser Stelle sei an Abschnitt 2.5 verwiesen, wo die grundlegende Idee der KBE genauer erläutert wird.

#### *Phase 6 – Dynamische Bereitstellung und Nutzung von Wissen*

Während dieser Phase wird das bislang angesammelte Wissen, beispielsweise aus bisherigen Projekten, den Entwicklungsingenieuren zur Verfügung gestellt, um ihnen die Entscheidungsfindung und Problemlösung bei aktuellen Projekten und Anwendungen zu erleichtern. Diese Anwendung ist das Ziel und der Zweck von Wissensmanagement. Erreicht werden kann dies z.B. über Designvorlagen, Checklisten, Diagramme und A3 Blätter.

#### *Phase 7 – Dynamische Wissenserfassung*

Um die kontinuierliche Erfassung von Wissen während des Produktentstehungsprozesses sicherzustellen, wird in dieser Phase das Wissen, was auf Grund aktueller Simulationen, Prototypentests und anderer Aktivitäten generiert wird, abgespeichert. Diese Phase birgt zwei besondere Herausforderungen: Zum

einen müssen die neu erfassten Daten so angepasst werden, dass sie chronologisch in den PEP eingefügt werden können, zum anderen muss dieser Schritt fortwährend erfolgen.

Der hier entwickelte Lean Knowledge Life Cycle wurde aus dem Ansatz von (Probst, Raub, & Romhardt, 2010) heraus weiterentwickelt. Wesentliche Unterschiede sind:

- Einfügen eines statischen Teil für die Identifikation und den erstmaligen Erwerb von Wissen
- Anpassung der Aktivitäten an die Produktentwicklung, insbesondere das Lean Development
- Einordnung der Aktivitäten in einen Regelkreislauf
- Einbindung einer Knowledge Based Environment (siehe dazu Abschnitt 2.5)

Diese Weiterentwicklung der Kernprozesse des Wissensmanagements führt zu einer Anpassung dieses Konzeptes an die Themen, auf welche in nachfolgenden Abschnitten in diesem Kapitel genauer eingegangen wird.

## **2.4 Produktentstehungsprozess**

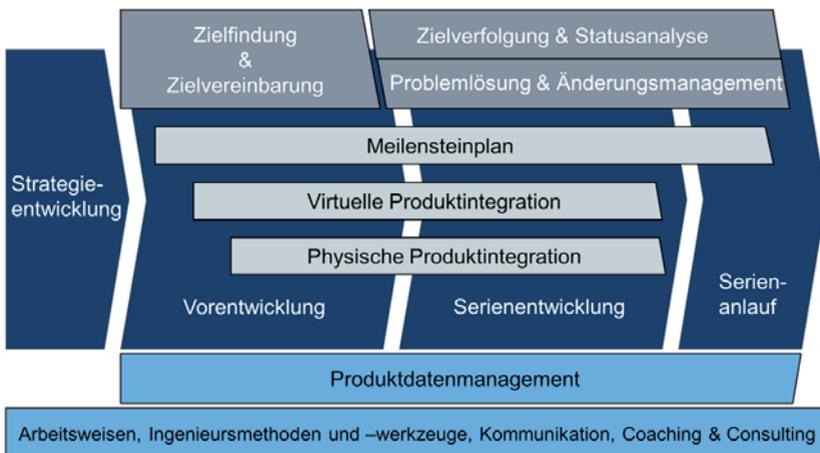
Der folgende Abschnitt gibt dem Leser einen Überblick über den Ablauf der Produktentstehung. Dabei werden zuerst die Grundlagen erläutert, um dann detaillierter auf den Produktentstehungsprozess (PEP) in der Automobilindustrie einzugehen, wo die wichtigsten Phasen und Meilensteine bei der Erschaffung eines Fahrzeugs erklärt werden. Danach folgt ein Unterkapitel, in dem der Einzug der Informations- und Kommunikationstechnologie in den PEP und die Unterstützung des Entwicklers beschrieben wird. Stellvertretend für zahlreiche Ansätze für den Ablauf des Konstruktionsprozesses wird in Abschnitt 2.4.4 der Konstruktionsprozess nach (Verein Deutscher Ingenieure, 1993) erläutert. Anschließend erfolgt ein Abriss über Ansätze des Wissensmanagements während der Produktentstehung.

### 2.4.1 Grundlagen

(Grote & Feldhusen, 2011) definieren den Produktentstehungsprozess als Teil des Produktlebenszyklus, in dem „sowohl das Produkt mit seinen Eigenschaften wie auch dessen Herstellung erdacht, konstruiert, geplant, berechnet, analysiert, simuliert und optimiert“ werden.

Je nach zu entwickelndem Produkt und Unternehmen unterscheidet sich der Produktentstehungsprozess in seinem Umfang und Detaillierungsgrad. Zwingend notwendig für einen hohen Produkt- und Prozessreifegrad sind jedoch immer eine klare Beschreibung und Organisation des PEPs und der Meilensteine (Verein Deutscher Ingenieure, 2002).

In der nachfolgenden Abbildung 9 ist ein schematischer PEP dargestellt. Deutlich zu erkennen sind mehrere zeitgleich ablaufende und ineinandergreifende Entwicklungsphasen, welche sich von der Strategieentwicklung über die Vorentwicklung bis zur Serienentwicklung ziehen. Der Serienanlauf stellt den Abschluss der Produktentstehung dar.



**Abbildung 9: Gesamtdarstellung Produktentstehungsprozess (angelehnt an (Verein Deutscher Ingenieure, 2002))**

Die Produktentwicklung ist damit eine Kausalverkettung, da die meisten nachfolgenden Entwicklungsaktivitäten auf den kreativen Ergebnissen der vorigen Entwicklungsstufe aufbauen. Damit findet die wertschöpfende Tätigkeit im

---

Entwicklungsprozess erst statt, wenn ein neues Ergebnis am Ende des ganzen Prozesses entsteht (Schuh, 2006).

Um die Zeitspanne zwischen der Idee zu einem Produkt und seiner endgültigen Auslieferung an den Kunden zu verkürzen, werden innerhalb des PEPs viele Arbeiten und Prozesse parallel durchgeführt, beispielsweise findet eine frühzeitige Einbindung aller beteiligten Unternehmensbereiche statt, wodurch Zuständigkeiten frühzeitig geklärt werden können (Verein Deutscher Ingenieure, 1993).

Insbesondere bei der Neuentwicklung eines Produktes handelt es sich beim PEP um einen Iterationsvorgang. Dabei nähert man sich schrittweise der Endlösung, bis das Ergebnis den Anforderungen entspricht. Diese Iterationsvorgänge erweisen sich in den meisten Fällen als erforderlich und treten in den verschiedenen Arbeitsschritten und auch zwischen ihnen auf. Grund dafür ist die meist hohe Komplexität des Produktes, weswegen die gewünschte Lösung nicht gleich im ersten Schritt entwickelt werden kann oder erst die Erkenntnisse aus einem nachfolgenden Arbeitsschritt für den vorangegangenen gesammelt werden mussten (Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2007). (Schuh, 2006) stellt jedoch fest, dass der Produktentstehungsprozess heutzutage bei vielen Unternehmen unnötige Iterationsschleifen und unwirtschaftliche Entscheidungswege beinhaltet, wodurch Entwicklungspotential und Ressourcen verschwendet werden.

Im weiteren Verlauf der vorliegenden Dissertation wird auf die Produktentstehung in der Automobilindustrie eingegangen und diese genauer diskutiert.

#### **2.4.2 Produktentstehung in der Automobilindustrie**

Auch die Automobilhersteller sind durch Faktoren wie die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit, die hohe Produktkomplexität und die steigende Anzahl an Fahrzeugprojekten, Modellen und Derivaten gezwungen, einen einheitlichen PEP - Ablauf mit einer entsprechenden Meilenstein-Struktur in dem Unternehmen und insbesondere in den unterschiedlichsten Entwicklungsabteilungen zu etablieren. Dabei unterscheiden sich die PEPs der verschiedenen OEMs nur geringfügig. Differenzen lassen sich auf Grund der unterschiedlichen Kompetenzstrukturen der Hersteller und der Aufteilung zwischen Eigenleistung und Fremdleistung finden. Die PEPs einzelner Marken in einem Konzern sind daher nahezu identisch bis auf die Eigenheiten der einzelnen Marken (Braess & Seiffert, 2011).

In diesem Simultaneous-Engineering-Prozess ist eine Vielzahl von kreativen Menschen in den am PEP beteiligten Unternehmensteilen (z.B. Qualitätssicherung, technische Entwicklung, Beschaffung, Produktion, Finanzen, Vertrieb) involviert. Unterhalb dieser obersten Ebene arbeiten sog. Fachteams an den Produkteigenschaften, Kosten, Terminen und anderen Dingen an den jeweiligen Komponenten am Fahrzeug, wie beispielsweise der Karosserie, dem Fahrwerk, der Elektrik oder der Ausstattung. Der PEP definiert dabei die Meilensteine, an denen die Ergebnisse dieser Teams zusammenfließen und aufeinander abgestimmt werden (Martens, 2008) (Volkswagen Group, 2013).

Nachfolgend werden die wichtigsten Meilensteine des PEP an Hand von Abbildung 10 aus der Sicht des Produktentwicklers und Konstrukteurs für das weitere Verständnis dieser Dissertation erläutert (Martens, 2008) (Braess & Seiffert, 2011):



**Abbildung 10: Produktentstehungsprozess in der Automobilindustrie (angelehnt an (GRUNER Engineering & Design GmbH, 2013))**

#### *Projekt-Feasibility (PF)*

Mit dem Meilenstein Projekt-Feasibility sind die Inhalte und Eigenschaften des Fahrzeugprojektes beschrieben und die wirtschaftliche Machbarkeit ist bestätigt. Zudem ist die Anzahl der Designmodelle bereits auf eine Handvoll reduziert.

#### *Konzept-Entscheid (KE)*

Bis zum Konzept-Entscheid werden die vorläufigen Designmodelle bewertet, die diversen Anforderungen definiert und die technische Umsetzbarkeit des Projekts nachgewiesen. Es werden Projektteams gebildet, welche sich aus Vertretern der Konstruktion/Entwicklung, Planung, Beschaffung, Qualitätssicherung, Finanzen und Fertigung zusammensetzen.

---

### *Design-Entscheid (DE)*

Mit der Phase nach dem Konzept-Entscheid beginnt die Hauptentwicklungszeit. Bis zum Design-Entscheid wird das zur Projektentscheidung vorgeführte Designmodell festgelegt und anschließend der sog. Strak, also die geometrische Oberfläche, beschrieben und digitalisiert. Der Strak wird danach als Grundlage für digitale und virtuelle Prototypen und die sog. physischen Datenkontrollmodelle (DKM) verwendet. Parallel dazu werden erste Konzeptfahrzeuge angefertigt und durch Simulation und Berechnung abgesichert. Ab diesem Meilenstein beträgt der Zeitraum bis zum Produktionsstart bei Audi beispielsweise nur noch 2 Jahre (Braess & Seiffert, 2011).

### *Design-Freeze (DF)*

Zum Design-Freeze werden die nun beschlossenen Strakdaten endgültig festgelegt und in 3D-CAD Bauteilkonstruktionen, Lastenhefte und Teilelisten umgesetzt. Sobald die 3D-CAD-Daten erstellt und abgestimmt sind, werden anhand dieser Daten erste Prototypenwerkzeuge und –teile hergestellt. Das Prototypenwerkzeug wird darauf ausgelegt, schnell auf mögliche Änderungen von Maßen zu reagieren, und nicht Serienstückzahlen auszuwerfen.

### *Beschaffungs-Freigabe (BF)*

Pünktlich zu diesem Meilenstein müssen die Bauteile ein ausreichend qualitatives Niveau erreicht haben, es stehen Zusammenbau- und Einzelteilzeichnungen in serienadäquater Qualität zur Verfügung und Produktdatenblätter und technische Stücklisten wurden erzeugt.

Mit der Bereitstellung von Bauteilen aus dem Werkzeug beginnt nach der Beschaffungs-Freigabe die Vorserienerprobung des einzelnen Bauteils bezüglich Steifigkeit, Festigkeit, Oberfläche, Optik, Verarbeitung und weiteren Qualitätsmerkmalen. Müssen konstruktive oder technische Änderungen nach der Beschaffungs-Freigabe an den (Serien-) Werkzeugen vorgenommen werden, hat der Werkzeugmacher die Aufgabe, diese Änderung schnellstmöglich in das Werkzeug zu implementieren. Ab diesem Meilenstein wirkt sich jede Änderung am Bauteil auch auf

Kosten und Termine aus. Wiederum müssen dann Abstimmungen erfolgen, um eine gleichbleibende Teilequalität zu garantieren.

#### *Vorserien-Freigabe (VF)*

Nach diesem Meilenstein, auch Launch-Freigabe (LF) bezeichnet, werden die ersten Fahrzeuge mit ersten echten Teilen aufgebaut, welche aus Werkzeugen für die Serienfertigung stammen. Nun beginnt ein Optimierungsprozess, bei dem alle Neuteil-Umfänge, sowohl vom Lieferanten als auch aus interner Fertigung, sowie die Produktionsanlagen und -prozesse gezielt aufeinander abgestimmt und verbessert werden. Dazu gehören u.a. die Passung und Maßhaltigkeit der einzelnen Zusammenbauten in der entsprechenden Teilequalität. Durch die Prototypentests in dieser Phase erfolgt die endgültige Absicherung und Dokumentation der Fahrzeugeigenschaften.

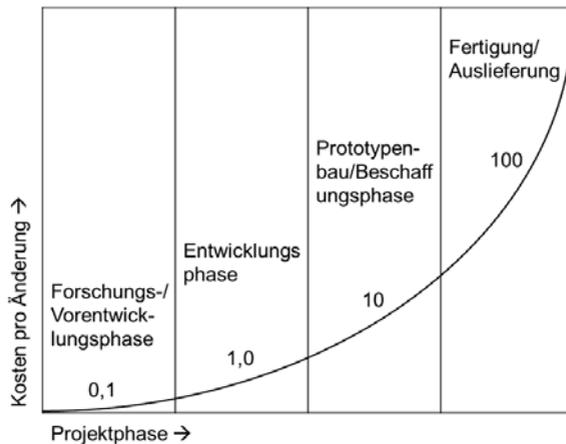
#### *Start of Production (SOP)*

Dieser Meilenstein ist der Startschuss für den Serienanlauf des Markteinführungsvolumens des Fahrzeugs. Ab hier werden die Bauteile in Serienreife mit Serienwerkzeugen hergestellt und dabei nur noch wenige Änderungen zur Feinabstimmung vorgenommen.

Drei Monate nach dem Beginn der Serienfertigung werden die Bauteilumfänge des Fahrzeugs an die Serienbetreuung weitergereicht, welche sich dann bis zum End of Production (EOP) um das Fahrzeugprojekt kümmert.

Ein wichtiger Aspekt in der Produktentwicklung ist dabei das Änderungsmanagement. Dabei gilt grundsätzlich: Je später im PEP eine Änderung erfolgt, desto kostenintensiver ist sie. Änderungen ergeben sich meist aus den Resultaten der Prototypentest und aus den Einsichten, die sich aus dem Bereich der Fertigung ergeben. Da alle Änderungen in die finale Überarbeitung des Bauteils und des Fahrzeugs einfließen, sollte das Änderungsmanagement effizient organisiert werden (Braess & Seiffert, 2011).

In der Fahrzeugentwicklung ist der Meilenstein Beschaffungsfreigabe für Änderungen relevant. Vor der Beschaffungsfreigabe werden die Änderungen größtenteils digital und in Prototypenwerkzeugen umgesetzt, was nur mit relativ geringem Aufwand und Kosten verbunden ist. Mit dem Meilenstein BF wird der abgestimmte Konstruktionsstand in die Serienwerkzeuge umgesetzt. Jede neuerliche Änderung bedeutet somit eine Änderung des Werkzeuges und der Fertigungsparameter und kann sich daher auf Entwicklungs- und Investitionskosten und möglicherweise auch einer Erhöhung der Fertigungszeit auswirken. Abbildung 11 veranschaulicht diesen Zusammenhang zwischen dem Fortschritt der Projektphase und den Änderungskosten anhand der sog. „Zehnerregel“.



**Abbildung 11 : Zehnerregel nach (Pfeifer & Schmitt, 2010)**

Daher muss bei jeder Änderung ihre Notwendigkeit genauestens geprüft und ihr Aufwand und Nutzen abgeschätzt und bewertet werden (Braess & Seiffert, 2011).

### 2.4.3 Rechnergestützte Produktentwicklung und -konstruktion

Auch in der Produktentwicklung dienen Rechner und Informationstechnologien dazu, die im PEP entstehende Fülle an Daten, Informationen und Wissen zu erfassen und zu verarbeiten und dem Nutzer den Zugriff darauf zu ermöglichen (Conrad, 2010).

Ein zentrales Tool, welches den Entwickler im Produktentstehungsprozess unterstützt, sind sog. Produktdatenmanagementsysteme (PDM). Diese haben das

Ziel, sowohl internen wie auch externen (bspw. Zulieferern) Nutzern jeder Zeit die aktuellsten Daten zum Fahrzeugprojekt zur Verfügung zu stellen, mit denen sie dann arbeiten können (Braess & Seiffert, 2011).

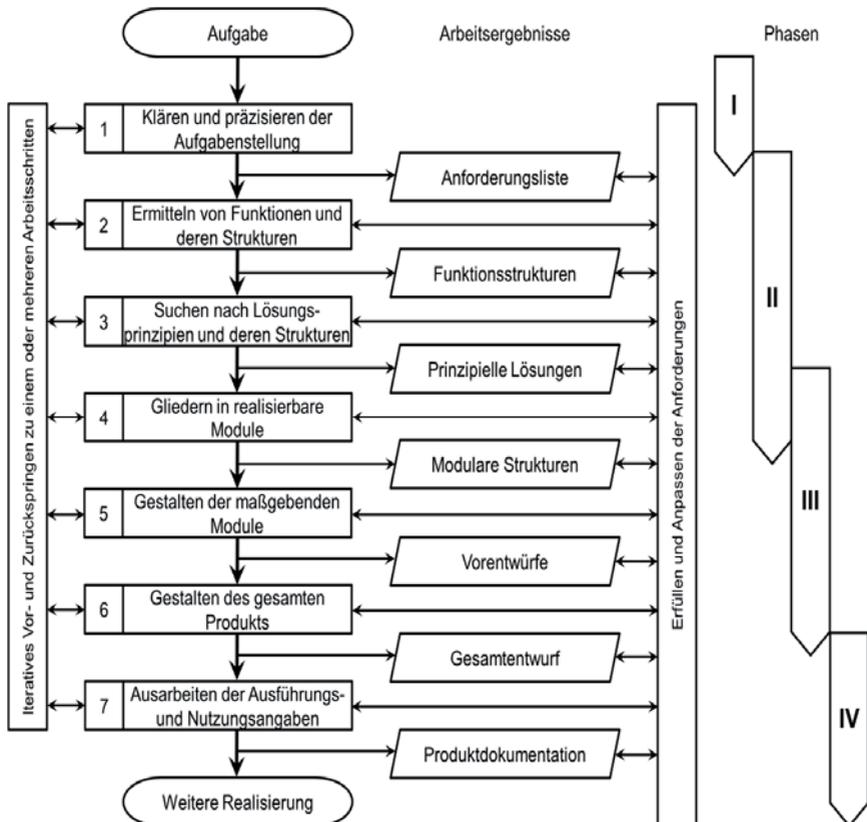
Ein Großteil der digitalen Dokumente wird dabei mit Microsoft Office Anwendungen wie Word (Textverarbeitung), Excel (Tabellenkalkulation) und PowerPoint (Präsentation) erstellt und gepflegt.

Des Weiteren werden seit vielen Jahren rechnerunterstützte Systeme eingesetzt, welche dem Entwickler helfen, das Produkt sowie dessen Herstellung mit ingenieurwissenschaftlichen Methoden zu entwickeln. Insbesondere, um Zielkonflikte und potenzielle Probleme in den frühen Phasen der Entwicklung zu entdecken und zu lösen, wächst der Einsatz computerbasierter Methoden (Braess & Seiffert, 2011). Daher sind die Berechnung, Simulation, Optimierung und Absicherung der Produkteigenschaften durch Simulations- und Analysemethoden die entscheidenden Aspekte. In der Industrie werden diese Tools als CAx-Systeme geführt (Grote & Feldhusen, 2011).

Insbesondere für die Konstruktion eines Produktes nutzen die Entwickler sog. CAD- (Computer Aided Design) Systeme und Werkzeuge. Eines der zur Zeit bekanntesten und am häufigsten genutzten Softwaresysteme für die Konstrukteure ist dabei CATIA V5 R19 des Herstellers Dassault Systemès, welches sich hervorragend für die dreidimensionale Produktmodellierung, zur parametrischen Modellierung und zur Baugruppenmodellierung eignet.

#### **2.4.4 Phasen im Konstruktionsprozess**

Der eigentliche Entwicklungs- und Konstruktionsprozess ist ein Teil des PEPs und wird zum großen Teil von der technischen Entwicklung durchgeführt. Er beschäftigt sich direkt mit der Auslegung und Gestaltung des Bauteils oder Produktes. Der Konstruktionsprozess ist am besten nach (Verein Deutscher Ingenieure, 1993) systematisiert und wird als genereller iterativer Ablauf in Abbildung 12 durch sieben Arbeitsschritte dargestellt:



**Abbildung 12: Vorgehensweise in der Entwicklung und Konstruktion (Verein Deutscher Ingenieure, 1993)**

Eine genauere Beschreibung der sieben Aufgaben und der daraus resultierenden Arbeitsergebnisse können in (Verein Deutscher Ingenieure, 1993) nachgelesen werden. Jedoch lässt sich dieser Ablauf mit Hilfe von vier Phasen (rechts in Abbildung 12) noch etwas anders gliedern:

In der ersten Phase findet die Klärung und Präzisierung der Kundenanforderung an das zu entwickelnde Produkt statt (informative Festlegung). Neben einer Anforderungsliste, in der die Liefer- und Leistungsumfänge enthalten sind, werden hier alle Anforderungen systematisch ermittelt und bewertet (Klabunde, 2003).

In der darauf folgenden Konzeptphase werden die Probleme aufgezeigt und dazu erste Lösungen erarbeitet und konkretisiert. Die erarbeiteten Lösungsvarianten werden dann nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten beurteilt, bevor man sich für ein oder mehrere weiterzuverfolgende Konzepte entscheidet (prinzipielle Festlegung).

Bei der dritten Phase, dem Entwerfen, wird „für ein technisches Gebilde von der Wirkstruktur bzw. prinzipiellen Lösung ausgehend, die Baustruktur nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten eindeutig und vollständig erarbeitet“ (Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2007). Hier wird mit den im vorigen Abschnitt erwähnten CAD-Systemen das Produkt in eine konkrete Form gebracht, welche den technischen und wirtschaftlichen Spezifikationen entspricht, und passend dazu eine vollständige Stückliste generiert (gestalterische Festlegung).

In Phase 4, dem eigentlich Konstruieren, wird der Arbeitsschritt ausgeführt, welcher „die Baustruktur eines technischen Gebildes durch endgültige Vorschriften für Form, Bemessung und Oberflächenbeschaffenheit aller Einzelteile, Festlegen aller Werkstoffe, Überprüfung der Herstellmöglichkeit sowie der endgültigen Kosten ergänzt und die verbindlichen zeichnerischen und sonstigen Unterlagen für seine stoffliche Verwirklichung schafft“ (Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2007). Resultat dieser Phase ist eine vollständige Beschreibung der Herstellung aller Teile des Produktes (herstellungstechnische Festlegung) und eine komplette Dokumentation in Form von Einzelteil- und Zusammenbauteilzeichnungen, Stücklisten, Prüf- und Transportvorschriften und Handbüchern (Conrad, 2010).

Den oben aufgezählten und beschriebenen Phasen der Produktentwicklung kommt eine große Bedeutung im Produktentstehungsprozess (PEP) zu, da hier Erfahrungen und Resultate der vorangegangenen und nachgelagerten Phasen einfließen und somit unmittelbare Relevanz für den PEP haben (Verein Deutscher Ingenieure, 1993). Außerdem findet in diesen Phasen bei den Entwicklern und Konstrukteuren die direkte, wertschöpfende Tätigkeit statt, da hier die 3D-CAD-Daten generiert werden, nach welchen später dann Werkzeuge hergestellt werden. Diese Werkzeuge bringen Bauteile hervor, welche später als Ganzes zu einem Produkt montiert werden.

### 2.4.5 Wissensmanagement in der Produktentwicklung

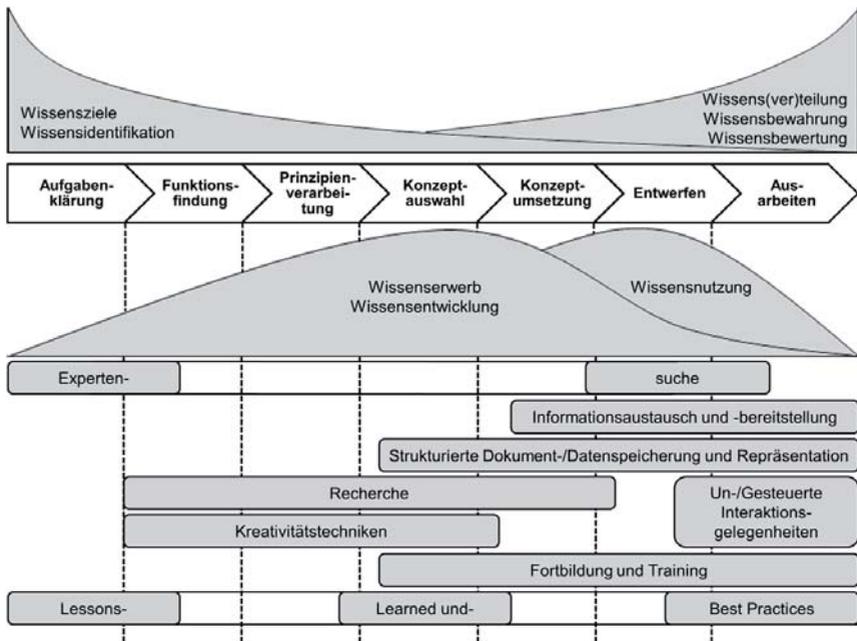
Nach (European Committee for Standardization (CEN/ISSS), 2004) gibt es in der Unternehmenspraxis keine direkte Kausalität zwischen Wissensmanagement und Wertschöpfung, wobei die Wertschöpfung den wichtigsten Gradmesser aus Sicht des Unternehmens darstellt. Hier kann ein indirekter Zusammenhang hergeleitet werden, da ein Unternehmen durch eine bessere Nutzung des internen Wissens, auch in der Produktentwicklung, seine Produktivität und Innovation am Markt erhöhen und damit auch die Wertschöpfung steigern kann. Um einen indirekten Zusammenhang messen zu können, müssen Indikatoren verwendet werden, wie sie beispielsweise im Lean Self-Assessment Tool im Abschnitt 2.3.1 zur Geltung kommen.

Nach (Conrad, 2010) gibt es zwei wesentliche Ziele von Wissensmanagement in der Produktentwicklung:

1. Ermöglichung der Aufbewahrung, des Erwerbs, der Entwicklung und der Verteilung von Wissen, und zwar unabhängig des Wissensträgers
2. Identifizierung und Vernetzung der Wissensträger.

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt auf der informationstechnischen Komponente des Wissensmanagements. Soll jedoch ein komplettes Wissensinformationssystem im Produktentstehungsprozess eingeführt und gelebt werden, kommen noch die anderen beiden in Abschnitt 2.1.3 angeschnittenen Elemente in Betracht.

(Kaiser, Conrad, Köhler, Wanke, & Weber, 2008) präsentieren in einer Übersicht einige generelle Methoden und Werkzeuge von Wissensmanagement in Abhängigkeit zur jeweiligen Entwicklungsphase (Abbildung 13).



**Abbildung 13: Methoden und Werkzeuge zum Wissensmanagement im Verlauf der Entwicklung (Kaiser, Conrad, Köhler, Wanke, & Weber, 2008)**

Zusätzlich werden über den einzelnen Entwicklungsphasen die Verläufe der unterschiedlichen Wissensaktivitäten aufgetragen. So ist beispielsweise die Aktivität Wissensidentifikation zu Beginn des Projekts sehr intensiv ausgeprägt und nimmt mit dem Fortschritt der Produktentwicklung ab, während die Wissensverteilung, Wissensbewahrung und Wissensbewertung mit fortschreitendem Projekt zunehmen. Die Kurve des Erwerbs und der Entwicklung des Wissens steigt bis zur Konzeptumsetzung an, um dann auch wieder abzunehmen. Die Wissensnutzung ist besonders in den Phasen der Konzeptumsetzung, des Entwerfens und der Ausarbeitung/Konstruktion besonders intensiv (Kaiser, Conrad, Köhler, Wanke, & Weber, 2008).

Es lässt sich erkennen, dass sich je nach Projektphase unterschiedliche Werkzeuge und Methoden eignen, um Wissen zu generieren, verwalten und nutzen. Zusätzlich zu den in Abbildung 13 aufgezählten Techniken kommt im Rahmen dieser Dissertation noch eine weitere Methode zu Geltung welche im folgenden Abschnitt näher erläutert wird.

## **2.4.6 Wissensmanagement in der Produktentwicklung der Volkswagen AG**

Als Umsetzung der oben beschriebenen Konzepte für Wissensmanagement kommen bei der Volkswagen AG u.a. die folgenden Systeme zum Einsatz:

### *Produktentstehungsprozess*

Der Produktentstehungsprozess PEP48 von Volkswagen ist ein Leitfaden und beschreibt die Prozesse, Vorgehensweisen und Verantwortlichkeiten bei der Fahrzeug-, Baukasten- und Modulentstehung, bei Produktänderungen oder –aufwertungen, um eine erfolgreiche Markteinführung neuer Fahrzeuge zu gewährleisten. So werden von der Idee über die Entwicklung bis zur Produktion und dem Vertrieb wichtige Meilensteine definiert, Entscheidungsgremien genannt und Projektstrukturen dargestellt. Der Prozess ist angelehnt an den in Abschnitt 2.4.2 dargestellten Ausschnitt des PEPs (Form, 2012).

### *Konzern-Produktdatenmanagement*

Das Konzern-Produktdatenmanagement (K-PDM) ist ein laufendes Projekt der Volkswagen Konzern-IT und soll die Drehscheibe für alle Daten rund um die Entwicklung von Fahrzeugprojekten und –modulen im Volkswagen-Konzern werden. Damit soll es unter anderem möglich sein, zu jedem Zeitpunkt Informationen über den Status, die Kosten und die Produktivität eines Projektes zu erhalten. Das wichtigste Ziel sind effiziente Abläufe über den gesamten Produktentstehungsprozess im globalen Entwicklungs- und Planungsnetzwerk des Konzerns. Das K-PDM – Projekt wird zusammen mit der Siemens PLM Software GmbH entwickelt und basiert auf der Siemens PDM-Software Teamcenter (Siemens PLM, 2013).

### *Konstruktionsdaten-Verwaltungs-System*

Das Konstruktionsdaten-Verwaltungs-System (KVS) ist die Dokumentendrehscheibe und das Archiv für den konzernweiten Austausch aller elektronischen Konstruktionsdaten auf CAx-Basis, welche im Rahmen des Entwicklungsprozesses

erzeugt und gepflegt werden. Neben einer Datenablage und einem Versionshandling bietet das KVS ein Datenaustauschsystem, um auch externe Partnerfirmen in den Konstruktionsprozess mit einzubinden. Zu den jeweiligen Meilensteinen des PEPs werden zu Datenübergabezwecken die Konstruktionszeichnungen in das KVS hinterlegt. Es besitzt eine webbasierte grafische Oberfläche, welche es dem Benutzer erlaubt, die abgelegten Daten in dem von ihm benötigten Format in das 3D-CAD-Programm zu importieren (Audi AG, 2013).

### *K-FMEA*

Die Konstruktions-FMEA ist eine besondere Variante der Fehlermöglichkeits- und Einfluss-Analyse, bei der die präventive Qualitätssicherung bereits während der Entwicklungs- und Prototypenphase betrieben wird. Dabei werden potenzielle Fehler, welche sich in späteren Montage- und Fertigungsphasen ergeben könnten, identifiziert und dazu konstruktive Maßnahmen abgeleitet. Insbesondere das Erfahrungswissen aus vorherigen Projekten wird hier dokumentiert und den Entwicklern und Konstrukteuren bei aktuellen Projekten zur Risikovermeidung bzw. Risikominimierung innerhalb der Entwicklungs- und Planungsprozesse und zur Steigerung der Zuverlässigkeit von Produkten und Fertigungsprozessen zur Verfügung gestellt. Die Darstellung dieser K-FMEA erfolgt entweder über eine Excel-Tabelle oder webbrowserbasiert über eine eigens dafür angelegte Datenbank (PLATO, 2013).

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass die oben genannten Systeme zum Wissensmanagement nur einen kleinen Teil der im Volkswagen-Konzern genutzten Anwendungen widerspiegeln. Zusätzlich dazu existieren noch zahlreiche weitere Lösungen, um Wissen und Daten in der Produktentwicklung zu managen. Dies sind jedoch überwiegend abteilungs- bzw. bereichseigene Lösungen, welche sich nur für spezielle Aufgabenstellungen innerhalb dieses Bereichs eignen. Davon eignen sich nur sehr wenige Systeme, die auch bereichsübergreifend eingesetzt und genutzt werden.

---

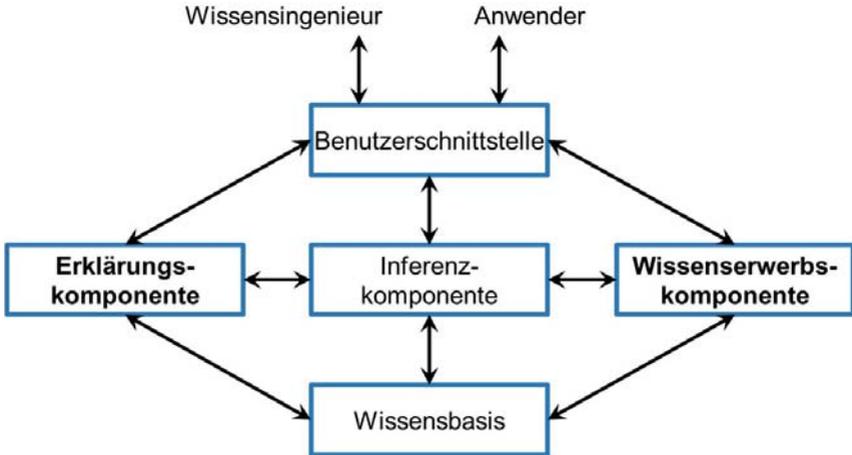
## 2.5 Knowledge Based Environment

In diesem Abschnitt wird der Begriff der Knowledge Based Environment (KBE) dem Leser dieser Dissertation nähergebracht. Da der Ausdruck KBE in der Literatur eine sehr breit gefasste Bedeutung und Auslegung erfahren hat, wird zunächst der Begriff eines grundlegenden wissensbasierten Systems veranschaulicht. Da KBE im Zusammenhang von Wissensmanagement und Ingenieurwesen auch als Abkürzung für Knowledge Based Engineering steht und diese Begriffe sich sehr ähnlich sind, erfolgt daher eine Abgrenzung dieser beiden Systeme. Zum Schluss erfolgt die eindeutige Definition der KBE zum weiteren Verständnis dieses Buches.

### 2.5.1 Wissensbasierte Systeme

Bereits seit Anfang der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts wird versucht, den Produktentwickler durch technische Systeme bei der Entstehung eines Bauteils oder Produktes zu unterstützen oder dieses teilweise oder sogar komplett vom Computer entwickeln zu lassen (Braess & Seiffert, 2011). Bei diesen sog. wissensbasierten Systemen (knowledge-based systems, KBS) handelt es sich um Expertensysteme, welche den Entwickler über den gesamten Produktlebenszyklus begleiten. In diesem Zeitraum wird für den Entwickler das für ihn relevante Wissen mit den Methoden der Wissensrepräsentation und Wissensmodellierung in dem System abgebildet und nutzbar gemacht (Hunter Alarcón, Ríos Chueco, Pérez García, & Vizán Idiopé, 2010) (Mescheder & Sallach, 2012). Diese Systeme können als Erweiterung der in Abschnitt 2.4.3 genannten Anwendungen gesehen werden.

Die Hauptaufgaben eines wissensbasierten Systems in der Produktentwicklung sind dabei die Festlegung eines ganzheitlichen Gestaltungsprozesses, die Identifizierung von wissensaufwendigen Aufgaben und die Erfassung von Expertenwissen und Modellierung des Produktes (Hunter Alarcón, Ríos Chueco, Pérez García, & Vizán Idiopé, 2010).



**Abbildung 14: Grundsätzlicher Aufbau eines wissensbasierten Systems (angelehnt an (Mescheder & Sallach, 2012))**

Die Grundarchitektur eines wissensbasierten Systems ist in Abbildung 14 illustriert. Im Folgenden werden die Kernkomponenten des Systems kurz erklärt (Mescheder & Sallach, 2012):

- Anwender: Produktentwickler und Experten, welche das System nutzen
- Wissensingenieur: Anwender, welcher für das Umsetzen von Expertenwissen in explizites Wissen für das wissensbasierte System verantwortlich ist und damit für die Aktualität und Funktionalität der Wissensbasis verantwortlich ist
- Benutzerschnittstelle: Schnittstelle zur Kommunikation mit dem Nutzer oder dem Wissensingenieur
- Inferenzkomponente: Verarbeitung des Wissens der Wissensbasis
- Erklärungskomponente: Begründung der hergeleiteten Ergebnisse und Verfolgung der Problemlösungsstrategie
- Wissenserwerbskomponente: Möglichkeit zum Aufbau und zur Erweiterung der Wissensbasis durch manuelle Eingabe oder automatische Generierung
- Wissensbasis: Speicherung von Wissen in Form von Regeln, Fakten, generischem sowie spezifischem Wissen.

---

Im den folgenden beiden Abschnitten werden zwei besondere Formen von wissensbasierten Systemen genauer erläutert.

### **2.5.2 Abgrenzung zu Knowledge Based Engineering**

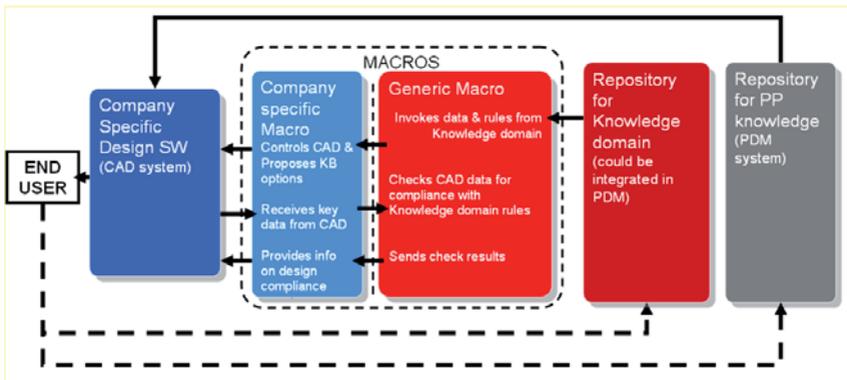
Knowledge Based Engineering (KBE) ist eine bestimmte Form eines wissensbasierten Systems und beschäftigt sich mit dem Management und der Verfügbarkeit von Wissen in der Produktgestaltung. Am intensivsten nach der Jahrtausendwende hat sich ein europäisches Konsortium aus Forschungs- und Industriepartnern mit diesem Thema beschäftigt. In dem EU-geförderten Forschungsprojekt MOKA (Methodology and software tools Oriented to Knowledge based engineering Applications) wurde eine Vorgehensweise und Werkzeuge zur methodischen Entwicklung von wissensbasierten Systemen in der Konstruktion generiert. Insbesondere wurden dabei Modellierungsmethoden entwickelt, welche Wissen nach bestimmten formalen Kriterien kategorisieren (Stokes, 2001). Eine konkrete Umsetzung der im MOKA Projekt erzielten Ergebnisse bei den Industriepartnern ist jedoch kaum dokumentiert, über die Art der Implementierung ist nur bekannt, dass dieses Wissen über eine direkte Schnittstelle in ein CAD-Programm eingespeist werden kann und so dem Konstrukteur zur Verfügung gestellt werden kann (Kratzer, Rauscher, Binz, & Göhner, 2011).

Auch im Rahmen des LeanPPD Projektes wurde der Begriff Knowledge Based Engineering aufgegriffen und aufbauend auf den Erkenntnissen des MOKA-Projektes weiterentwickelt.

So konkretisiert (Paris, 2011) die Definitionen von (Stokes, 2001) und gelangen zu der Schlussfolgerung, dass es sich bei Knowledge Based Engineering Systemen um Werkzeuge handelt, welche dem Konstrukteur über eine Schnittstelle (beispielsweise ein Makro) in der CAD-Software (z.B. CATIA) mit einer Datenbank verbinden. Über diese Datenbank lassen sich Werkstoffeigenschaften und unternehmensspezifische Normen und Regeln abrufen und über das CAD-Programm können diese Informationen direkt in die Produktentwicklung mit einfließen.

Zu Demonstrationszwecken wurden in einem weiteren Business Case des LeanPPD Projektes einige Gestaltungsregeln und ein Makro programmiert, welches der Konstrukteur zur Überprüfung der von ihm angefertigten Geometrien im Bauteil nutzen kann. Dieses Makro entnimmt aus dem firmeneigenen Produktdatenmanagementsystem Informationen über das Bauteil, z.B.

Werkstoffkennwerte. Dann entnimmt das Makro die in einer Datenbank enthaltenen, formulierten Regeln oder Richtlinien zur Gestaltung dieser Geometrien und vergleicht diese mit den im Bauteil enthaltenen Geometrien unter Berücksichtigung der Informationen aus dem PDM. Sollten die Bauteilgeometrien nicht den vorgegebenen Regeln entsprechen, erhält der Konstrukteur einen Hinweis direkt im CAD-Programm. Das im LeanPPD-Projekt demonstrierte Prinzip der KBEng ist in Abbildung 15 dargestellt:



**Abbildung 15: Schematischer Aufbau von Knowledge Based Engineering im LeanPPD-Projekt**

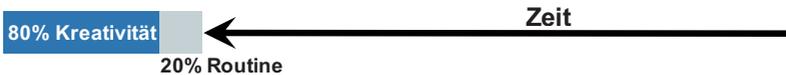
So lässt sich beispielsweise in einer Stahlkonstruktion überprüfen, ob die vom Nutzer angefertigten Schweißpunkte den Regeln entsprechen oder ob ihr Durchmesser für diese Materialdicke zu klein ist oder sie zu nah an der Bauteilkante gesetzt sind.

Diese Art der Überprüfung erspart dem Konstrukteur eine Menge Mehrarbeit und Kosten, sollte dieser Fehler erst später bemerkt werden.

## Traditionelle Herangehensweise



## Verwendung einer KBE



**Abbildung 16: Veranschaulichung der Zeitersparnis unter Benutzung von Knowledge Based Engineering (angelehnt an (Stokes, 2001))**

Abbildung 16 zeigt auf, wie der Entwickler die routinemäßigen Arbeiten im Entwicklungsprozess durch den Einsatz von Knowledge Based Engineering erleichtern und verkürzen kann, damit er sich auf kreative und damit wertschöpfende Tätigkeiten konzentrieren kann. Dies geschieht durch den besseren Austausch und die optimale Nutzung des Wissens und der Erfahrungen der verantwortlichen Experten (Stokes, 2001).

Ein Nachteil dieses Systems ist die komplizierte Implementierung des Makros in das CAD-System und der Zugriff auf das PDM-System. Außerdem müssen die Regeln und Richtlinien, welche das Makro zur Überprüfung konsultiert, bereits im Voraus in allgemeiner und verständlicher Form formuliert sein. Bei der Menge der zu überprüfenden konstruktiven Fehlerquellen kann dies mit einem sehr großen Aufwand verbunden sein (Paris, 2011).

Anhand der Mehrheit aller Definitionen des Begriffs Knowledge Based Engineering lässt sich also zusammenfassen, dass diese Art der Wissensbereitstellung zum überwiegenden Teil durch ein CAx-System realisiert wird. Ein gutes Beispiel dafür ist die in der Konstruktionssoftware implementierbare Erweiterung KnowledgeWare (Dassault Systemes, 2013). Mit dieser Konstruktionsunterstützung ist es möglich, Regeln und Abläufe zu definieren, mit denen viele einzelne kleine Routineaufgaben (z.B. die oben beschriebene) in deutlich kürzerer Zeit für den Entwickler oder Konstrukteur zu erledigen sind. Dadurch kann er sich stärker um die wertschöpfenden, kreativen Aufgaben seiner Tätigkeit kümmern (Abbildung 16).

### 2.5.3 Definition Knowledge Based Environment

Im Rahmen dieser Dissertation wird die Abkürzung KBE mit dem Begriff Knowledge Based Environment assoziiert und nachfolgend im Detail erläutert:

Für einen logischen Aufbau einer KBE erfordert es laut (Dalkir, 2005) einen Wissenslebenszyklus. Dieser Wissenslebenszyklus sorgt für eine strukturierte und systematische Vorgehensweise, um mit Wissen sinnvoll umzugehen und dieses in zukünftigen Projekten wiederzuverwenden. Abgeleitet daraus definieren (Al-Ashaab, et al., 2012) eine KBE als eine Anwendung, um speziell in der Produktentwicklung das Wissen aus Vorgängerprodukten in dem aktuellen Projekt wieder zur Verfügung gestellt zu bekommen.

Da der Begriff Knowledge Based Environment in der Literatur eine sehr breit gefasste Bedeutung hat, wurde daher im Rahmen des LeanPPD-Projekts und des Volkswagen Business Cases eine genauere Bezeichnung dafür formuliert. Die folgende Definition ist auch für das weitere Verständnis der Dissertation relevant:

In Anlehnung an (Al-Ashaab, et al., 2010) soll dem Produktentwickler eine wissensbasierte Nutzeroberfläche und Entwicklungsumgebung zur Verfügung gestellt werden, mit deren Unterstützung er die Wertschöpfungsprozesse wie Innovation sowie Anpassung und Fokussierung an Kundenwünsche verstärken und verschwendungslastige Prozesse minimieren kann. In einer in den PEP eingebundenen Art und Weise soll diese Umgebung der Erfassung, Speicherung und Wiederverwendung von Produkt- und Prozesswissen dienen.

Der Begriff Knowledge Based Environment lässt sich am besten übersetzen mit „wissensbasierter Softwareumgebung“. Darunter lässt sich eine eigenständige Softwarelösung verstehen, welche keine direkte Anbindung an ein CAD-System hat und damit wesentlich flexibler an die Anforderungen der Produktentwickler angepasst werden kann. Auch können in dieser wissensbasierten Softwareumgebung nicht nur Regeln und Richtlinien zur konstruktiven Auslegung hinterlegt werden, sondern auch

---

Expertenwissen über Fertigungsrestriktionen, Kosten- und Zeitfaktoren und weitere Ansätze zur Problemlösung.

Ein Vorteil der wissensbasierten Softwareumgebung ist Unabhängigkeit vom eigentlichen CAD-Programm. Dadurch lässt sich das System weiterhin betreiben, sollte sich die CAD-Anwendung ändern. Zum anderen können auch Mitarbeiter darauf zugreifen, die kein CAD-Programm nutzen und trotzdem dort Expertenwissen einpflegen oder abrufen. Ein weiterer positiver Punkt ist die individuelle Anpassung der Oberfläche und der Kernanwendung auf die Bedürfnisse des Entwicklers und des Entwicklungsbereiches des jeweiligen Unternehmens. Dadurch enthält die KBE keine ungenutzten Zusatzanwendungen, sondern dient in erster Linie der Erfassung, Speicherung und Wiedergabe des Expertenwissens.

## **2.6 Semantik & Semantisches Web**

Für das weiterführende Verständnis dieser Dissertation werden in diesem Unterkapitel die Begriffe Semantik, semantische Netze, semantisches Web und Ontologie erklärt und in einen Kontext miteinander gebracht.

### *Definition Semantik*

Nach (Hitzler, Krötzsch, Rudolph, & Sure, 2008) steht der Begriff Semantik allgemein für die „Bedeutung von Wörtern, Phrasen oder Symbolen“. Unter Sprachwissenschaftlern ist Semantik die Wissenschaft der Bedeutung in unterschiedlichen Sprachformen (Löbner, 2002). Eine andere Definition von Semantik hat (Neumüller, 2001). Dieser sieht die Semantik als einen Teil der Semiotik. Die Semiotik setzt sich dabei zusammen aus der Syntax (Darstellung von Zeichen), der Semantik (Beziehung zwischen Zeichen und Objekten) und der Pragmatik (Beziehung zwischen den Zeichen gegenüber dem Zusammenhang und dem Interpretieren).

In der Informatik und im Kontext dieser Dissertation wird Semantik als die Bedeutung von Daten und Zeichenketten und ihre Relationen untereinander definiert (siehe dazu auch Abbildung 1). Erhalten Daten nämlich einen Zusammenhang und eine Bedeutung (Semantik), so spricht man von Informationen. Um Semantik und deren

Zusammenhänge sinnvoll darstellen zu können, werden Metadaten benötigt, also Daten über Daten.

### *Definition Semantisches Netz*

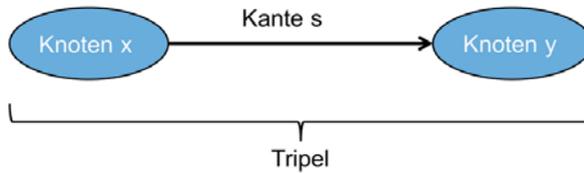
Eine weitere Möglichkeit der Darstellung von semantischen Zusammenhängen stellen semantische Netze dar. In der Literatur gibt es eine Vielzahl von Aussagen über den grundsätzlichen Aufbau von semantischen Netzen.

(Reichenberger, 2010) bezeichnet ein semantisches Netz als die Art und Weise, um Informationen aus einem Themengebiet als Verknüpfungen zwischen Objekten abzulegen und strukturiert darzustellen. Dabei spricht er, je nach Ausprägung des semantischen Netzes, von einem Modell.

(Shapiro, 1992) beschreibt ein semantisches Netz als eine grafische Darstellung zur Veranschaulichung von Wissen in Form von miteinander vernetzten Knoten und Kanten.

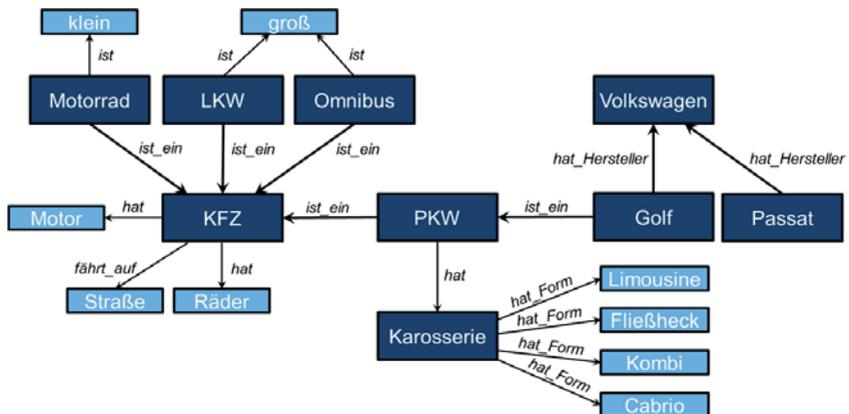
Eine sehr gute Darstellung über die historische Entwicklung der bekanntesten semantischen Netz-Modelle inklusive weitervertiefender Literatur zeigt (Helbig, 2008).

Die für das weitere Verständnis dieses Buches sinnvollste Beschreibung liefert (Helbig, 2008), welcher semantische Netze wie folgt definiert: „Ein Semantisches Netz [...] ist das mathematische Modell einer Begriffsstruktur, die aus einer Menge von Begriffen und den zwischen diesen bestehenden kognitiven Relationen aufgebaut ist. Es wird in Form eines verallgemeinerten Graphen dargestellt, wobei den Knoten des Graphen die Begriffsrepräsentanten und den Kanten Beziehungen zwischen den Begriffen entsprechen.“ (Helbig, 2008). Ein Beispiel für die einfachste Art eines semantischen Netzes, ein sog. Tripel, zeigt Abbildung 17:



**Abbildung 17: Prinzipieller Aufbau eines semantischen Netzes (Kurbel, 1992)**

Der Aufbau des Tripels ist damit ähnlich des Subjekt-Prädikat-Objekt Satzbaus in der Grammatik und jedes Tripel stellt eine Behauptung (engl. Statement) dar. Demnach ist ein semantisches Netz eine Ansammlung und Vernetzung vieler Tripel. Eine einheitliche und eindeutige Struktur gibt es jedoch nicht bei semantischen Netzen. Die unterschiedlichen Arten von Beziehungen und Kantentypen werden abhängig von dem jeweiligen Darstellungsmodell definiert. Somit kann es unterschiedliche Interpretationen und Varianten von semantischen Netzen geben (Conrad, 2010).



**Abbildung 18: Beispiel eines einfachen semantischen Netzes mit Hilfe eines Graphen**

In Abbildung 18 ist ein Beispiel für ein semantisches Netz dargestellt. Es beschreibt beispielhaft die Zusammenhänge und Eigenschaften zwischen einem Volkswagen Golf, einem Personenkraftwagen (PKW) und einem Kraftfahrzeug (KFZ).

### *Semantisches Web*

Das semantische Web oder im englischen semantic web ist der Ansatz, Informationen von Beginn an in einer Art und Weise inklusive ihrer Zusammenhänge zur Verfügung zu stellen, um ihre Verarbeitung durch Computer möglich zu machen (Hitzler, Krötzsch, Rudolph, & Sure, 2008). Dieses Internet der zweiten Generation soll nach (Helbig, 2008) daher nicht nur Daten übertragen, sondern auch deren Bedeutung vermitteln.

Eine Voraussetzung für die computergestützte Verarbeitung und die semantische Strukturierung von Informationen in Form von Ontologien sind einheitliche Standards, die es ermöglichen sollen, diese Informationen zwischen unterschiedlichen Programmen und Systemen auszutauschen. Dazu wurden bereits standardisierte Informationsspezifikationsprachen wie XML, RDF(S) und OWL festgelegt. Während XML (Extensible Markup Language) dem klassischen Web angehört, sind RDF (Resource Description Framework Schema) und OWL (Web Ontology Language) sog. Ontologiesprachen zur Beschreibung von Metadaten und gelten als grundlegende Bausteine des semantischen Webs (Hitzler, Krötzsch, Rudolph, & Sure, 2008). Zur weiteren Vertiefung dieser Sprachen und Standards sei an dieser Stelle auf (Pellegrini & Blumauer, 2006) verwiesen.

Zwei praktische Beispiele aus dem täglichen Gebrauch des Internets verdeutlichen die Möglichkeiten und Vorteile dieser Technologie:

Google als der weltgrößte Internet-Suchmaschinenanbieter nutzt die Semantik für seine Suchmaschinen-Optimierung, um aus den Texten einer Webseite auf ihren Inhalt schließen zu können. So kann beispielsweise mit dem Begriff „Golf“ das Fahrzeug, die Sportart oder eine Meeresbucht gemeint ist. Viele Suchmaschinen arbeiten meistens an den Texten auf der Webseite und bewerten dort dann (gesuchte) Wörter anhand ihrer Häufigkeit oder der Anzahl der Klicks auf die Webseite. Bei dieser Verfahrensweise spielt die Semantik, also die Bedeutung des Begriffes, keine Rolle. Erst anhand von weiteren Begriffen auf der Webseite kann man erfassen, um welche Bedeutung es sich handelt. So wird es sich bei Webseiten, auf denen weitere Begriffe wie „Volkswagen“, „fahren“, „Auto“, „Wagen“ oder „GTI“ auftauchen, mit hoher Wahrscheinlichkeit um Internetseiten über das Fahrzeug

---

Volkswagen Golf handeln. Dieser und viel komplexere Such- und Klassifizierungsalgorithmen führen dazu, dass dem Nutzer mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit die von ihm gewünschten oder relevanten Suchergebnisse in der präsentierten Auswahl ganz weit oben stehen (Efrati, 2012).

Auch Ebay und Amazon als Online-Händler mit einem breiten Produktangebot profitieren von dieser Technologie: So schlagen sie dem potenziellen Käufer auf der Produktseite gleich viele weitere Artikel vor, die vorhergehende Käufer des gleichen Produktes mit eingekauft haben. Wenn sich der Nutzer so z.B. nach einem LED-TV informiert, werden ihm gleich mehrere Vorschläge angezeigt, die zu dem Gerät passen, wie ein Verbindungskabel oder das dazugehörige Heimkinosystem.

### *Definition Ontologie*

In Abgrenzung zum semantischen Netz hat sich der Begriff der Ontologie gebildet. Das Wort Ontologie kommt aus dem Griechischen und bezeichnet die Lehre vom Sein. Über Ontologien lassen sich Beziehungen zwischen unterschiedlichen Instanzen diskutieren. Eine einheitliche Klärung für diesen Begriff gibt es bis heute nicht (Helbig, 2008). Im Zusammenhang mit der künstlichen Intelligenz und in der Informatik definiert (Gruber, 1995) Ontologien als eine Beschreibung von Objekten, Konzepten und anderen Entitäten, und den Beziehungen zwischen ihnen. Dabei beschreibt eine Ontologie einen bestimmten Sachverhalt oder ein Fachgebiet.

Diese Definition ist jedoch sehr unpräzise, da der Begriff Entitäten hier nicht eng genug gefasst ist. Somit könnte nämlich jedes beliebige semantische Netz eine Ontologie darstellen.

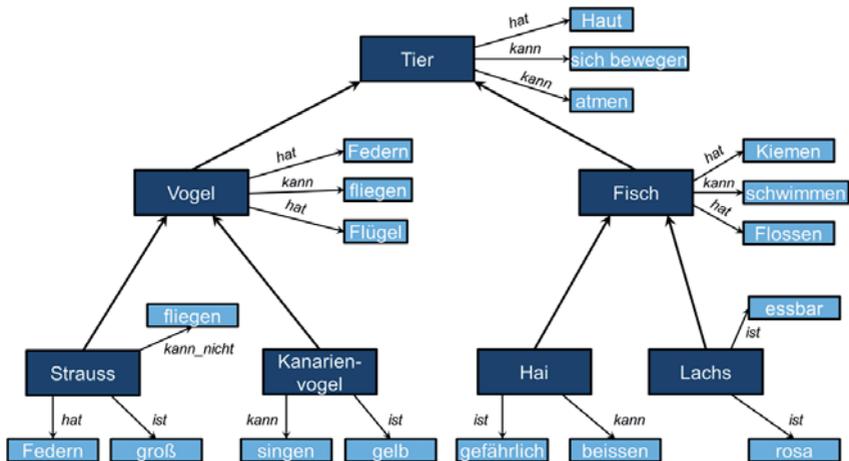
Eine Erweiterung formuliert (Helbig, 2008): Mit Ontologien „kann Wissen einer Domäne formal repräsentiert und prinzipiell unabhängig von Programmen wieder verwendet werden. Sie beschreiben also Konzepte und ihre Beziehungen innerhalb einer Wissensdomäne und unterstützen Maschinen dabei, Inhalte im Web interpretieren zu können, anstatt sie einfach darzustellen und damit sämtliche Vernetzungstätigkeiten dem Menschen zu überlassen [...]“ (Helbig, 2008). Ontologien bilden damit die zentralen Bausteine des Semantic Web und können für unterschiedliche Zwecke eingesetzt werden (Helbig, 2008), z.B.:

- Ermöglichen von Standardisierung und Übersetzung zwischen unterschiedlichen Wissensrepräsentationsformen
- Abbilden von Theorien
- Unterstützen und Erleichtern der Kommunikation zwischen Menschen
- Ausdrücken der Semantik von strukturierten und semi-strukturierten Informationen
- Realisieren von Datenaustausch zwischen Anwendungen.

Im Rahmen dieser Dissertation handelt es sich bei Ontologien um Graphen, welche die Eigenschaften und Zusammenhänge innerhalb einer Wissensdomäne veranschaulichen, um Wissen nachvollziehbar und einfach zu repräsentieren.

Die Modellierung von Ontologien findet wie oben beschrieben überwiegend mit RDF(S) und OWL statt.

Eine bestimmte grafische Darstellungsweise für eine Ontologie ist nicht vorgeschrieben. Neben hierarchisch abgestuften Bäumen kann es sich also auch um ein Netz von Verbindungen handeln. Dieser Baum oder dieses Netz muss als Ontologie die Bedeutung der zu beschreibenden Ressource enthalten und dadurch ist es möglich, logische Schlüsse zu ziehen und Widersprüche aufzudecken. Die Ontologie soll nicht nur für ein ganz bestimmtes Projekt oder einen Sachverhalt gelten, sondern muss eine Allgemeingültigkeit besitzen (Stuckenschmidt, 2011). Die formale und explizite Darstellung dient der Möglichkeit, die Ontologien maschineninterpretierbar zu machen (Conrad, 2010).



**Abbildung 19: Beispiel für eine hierarchisch aufgebaute Ontologie**

Dabei werden bei der Modellierung von Ontologien grundsätzlich 3 Grundbausteine unterschieden:

- Klassen dienen der grundsätzlichen Einteilung und/oder Unterteilung von Objekten (Tier, Vogel, Fisch) mit bestimmten Eigenschaften
- Individuen sind Mitglieder von Klassen und die kleinsten Einheiten/Subjekte einer Ontologie (Strauss, Kanarienvogel, Hai, Lachs)
- Properties: Properties, oder auch Rollen, beschreiben die Eigenschaften von Klassen und Individuen (Hat Federn, kann fliegen, kann schwimmen, ist gelb, ist essbar).

Zusätzlich zu dieser Unterteilung können noch verschiedene Charakteristika und Restriktionen zwischen den Klassen und Individuen definiert werden, u.a.:

- Gegenteilig: Eine Property kann sich Gegenteilig zu einer anderen verhalten. Wenn z.B. „hat Hersteller“ die Inverse zu „stellt her“ ist und das Bauteil „hat Hersteller“ Hausanfertigung, kann ein logisch Denkender ableiten, dass Hausanfertigung „stellt her“ Bauteil.

- Funktional: Eine Property gilt als funktional, wenn sie nur einen Wert besitzt. So kann beispielsweise jedes Fahrzeug nur einen Fahrzeugeigentümer besitzen.
- Transitiv: Wenn ein Paar  $(x;y)$  eine Instanz einer transitiven Property ist und auch das Paar  $(y;z)$  eine Instanz dieser Property ist, bedeutet das, dass auch das Paar  $(x;z)$  eine Instanz dieser Property sein muss.
- Symmetrie: Zwei Individuen einer Property sind symmetrisch zueinander. Wenn beispielsweise Andreas ein Freund von Robert ist, lässt sich ableiten, dass Robert auch ein Freund von Andreas ist.
- Disjunkt: Klassen können als disjunkt voneinander unterschieden werden. So können als Beispiel bei Verbrennungsmotoren Diesel und Benzin als disjunkt voneinander angesehen werden.

Weitere Arten von Sprachausdrücken und Beschreibungslogik findet sich unter (McGuinness & van Harmelen, 2013).

Zur Erstellung und Modellierung von Ontologien gibt es einige Software-Anwendungen, beispielsweise KAON (Karlsruhe Ontology and Semantic Web Tool Suite) (Forschungszentrum Informatik in Karlsruhe, 2013) oder den Protégé Ontology Editor (Stanford Research Center for Biomedical Information, 2013). Die Verwendung und Nutzung dieser Ontologien findet überwiegend in browserbasierten Anwendungen statt (Stuckenschmidt, 2011).

### *Semantische Technologien im Wissensmanagement*

Die oben erläuterten Technologien zu den Themen Semantik, semantische Netze, semantisches Web und Ontologien bilden die Grundlage der sog. Semantischen Technologien. Die Anwendung dieser Technologien und Konzepte findet heutzutage auf vielen Gebieten statt, beispielsweise der Internetökonomie, der Softwaretechnik, der Medieninformatik aber auch dem Wissensmanagement (Hitzler, Krötzsch, Rudolph, & Sure, 2008).

(Hitzler, Krötzsch, Rudolph, & Sure, 2008) behaupten zudem, dass die kommerzielle Anwendung von Semantischen Technologien in erster Linie nicht im World Wide Web auftreten wird, sondern in industriellen Lösungen zum Wissensmanagement

---

genutzt wird. Diese semantischen Technologien bieten nämlich verschiedene unterschiedliche (Lösungs-)Ansätze zur Repräsentation von Wissen, welches sich aus der Masse von Informationen im Web oder anderen Domänen bildet. Das kann zum Beispiel das Problem des impliziten Wissens sein, die Suche und das Auffinden von relevantem Wissen oder die Integration von Wissen aus unterschiedlichen Quellen sein (Hitzler, Krötzsch, Rudolph, & Sure, 2008). Die Semantik und Ontologien definieren Standards zur Darstellung von Wissen, um dieses in einfacher und nachvollziehbarer Form auszutauschen und somit dem Anwender in angemessener Form zur Verfügung zu stellen. Weitere und detaillierte Informationen und Anwendungsmöglichkeiten finden sich unter (Herman, 2013).

## **2.7 Resümee zum Stand der Wissenschaft und Technik**

Die bisher in diesem Kapitel angesprochenen und erörterten Sachverhalte und Aspekte lassen den immensen Umfang der Thematiken „Wissen“, „Produktentwicklung“, „Knowledge Based Environment“ und „Semantik“ erkennen. Je nach Zusammenhang lässt es sich von verschiedenen Blickwinkeln auf diese Themen schauen.

Es wurden die, teilweise verschiedenen, grundlegenden Ansätze der Literatur zu den einzelnen Themen vorgestellt und daraus Definitionen abgeleitet, welche für das weitere Verständnis der Dissertation von Bedeutung sind. Dabei wurde eine anwendungsbezogene Sichtweise gewählt, welche die vorliegenden Themengebiete nicht unnötig komplex beschreibt.

Daher beschäftigt sich diese Dissertation, wie schon mehrfach oben angedeutet, in erster Linie nicht mit den strategischen Aspekten des Wissensmanagement, sondern direkt mit der, in der Produktentwicklung praktizierten, operativen Ebene.

Im weiteren Verlauf werden die oben genannten Themengebiete, sowohl theoretisch wie auch praktisch, miteinander zu einer sog. wissensbasierten Softwareumgebung kombiniert. Diese soll dem Produktentwickler im Rahmen der schlanken Entwicklung während seiner Tätigkeit das richtige Wissen zur Lösungs- und Entscheidungsfindung zur Verfügung stellen.

Die Voraussetzungen und die Vorgehensweise zur Entwicklung solch einer Umgebung werden in dem nachfolgenden Kapitel im Detail ausgeführt.

## 3 Wissensbasierte Softwareumgebung

### 3.1 Einleitung

Die in den Abschnitten 2.1.4 und 2.4.6 aufgeführten und beschriebenen Systeme spiegeln die wichtigsten operativen Werkzeuge dar, mit denen der Entwickler während des Produktentstehungsprozesses arbeitet. Jedoch handelt es sich bei den meisten von ihnen um Systeme, mit denen sich große Mengen von Daten verarbeiten, speichern und verwalten lassen.

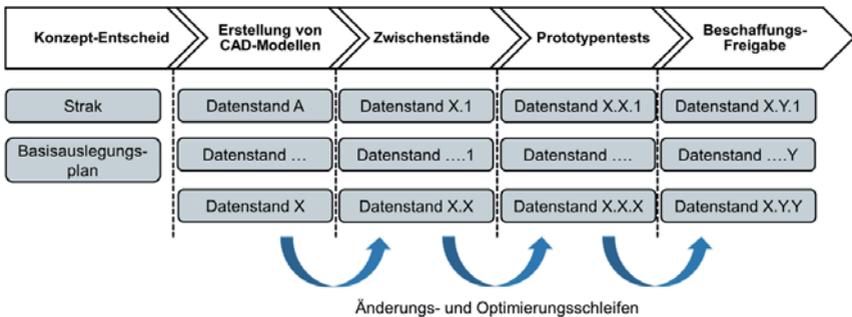
Nach intensiven Recherchen zum Thema Wissensmanagement bei der Volkswagen AG wurde deutlich, dass für die Entwicklung und den Einsatz eines Prototyps einer wissensbasierten Umgebung nur ein kleiner Teil des gesamten Produktentwicklungsprozesses bei der Volkswagen AG in einem erst einmal kleinen Unternehmensbereich oder einer Abteilung betrachtet werden kann. Andernfalls würde ein zu allgemeines Lösungskonzept entstehen, welches für die Arbeitsprozesse bei der eigentlichen Projektarbeit im Tagesgeschäft zu komplex und unpraktikabel wäre.

Innerhalb des Vorstandsbereiches der Komponente der Volkswagen AG wurde die Entwicklungsabteilung des Geschäftsfeldes Kunststoff für weitere Untersuchungen und Anwendungen zur KBE ausgewählt. Es wurden Interviews und Beobachtungen durchgeführt, um aussagekräftige Informationen zu erhalten über den dortigen Entwicklungsprozess. Die Untersuchungsmethodik und Vorgehensweise dieses Schrittes ist in (Töppel, 2010) ausführlich erläutert. Für eine genauere Vorstellung der Entwicklungsabteilung und einen Überblick über die Tätigkeiten und den genauen Entwicklungsablauf sei an dieser Stelle ebenfalls auf (Töppel, 2010) verwiesen.

Für die Umsetzung des Wissensmanagements in der Produktentwicklung und die Einführung einer KBE wurde dazu eine Bottom-Up Strategie verfolgt, welche dem

Entwickler und Konstrukteur eine direkte und eigene, maßgeschneiderte Lösung einer KBE zur Verfügung stellt (Töppel, 2010).

Bei den Befragungen stellte sich heraus, dass für den Konstrukteur insbesondere das KVS eine große Rolle spielt, welches dafür sorgt, die immensen 3D-Datenmengen zu verwalten und zwischen den beteiligten Personen zu verteilen. Es findet eine kontinuierliche Abspeicherung der Konstruktionsstände zu den einzelnen Meilensteinen und zwischen ihnen statt. Die Änderungen, welche in den regelmäßigen Runden der SET-Gruppen angesprochen und diskutiert werden und einen früheren Konstruktionsstand von dem aktuellen unterscheiden, werden im KVS jedoch nicht hinterlegt.



### Abbildung 20: Arbeitsschritte eines Konstrukteurs im Änderungsmanagement

Aus diesem Grund wurde als Prozess zum Management von Expertenwissen im Rahmen dieser Dissertation eine Vorgehensweise ausgewählt, welche sich mit dem Änderungsmanagement von Bauteilen beschäftigt. Darin wurde ein hohes Potenzial zur Aufnahme von problemlösungsrelevantem Fachwissen identifiziert.

Eine Beschreibung, wie der Ablauf der Dokumentation bei konstruktiven Bauteiländerungen bisher war, erfolgt im folgenden Abschnitt 3.2. Es folgt eine eingehende Analyse und eine Bewertung dieser Vorgehensweise. In Unterkapitel 3.4 wird ein Zwischenfazit gegeben und der Lösungsmangel der bisherigen Vorgehensweise sichtbar gemacht.

Abschnitt 3.5 stellt den für diese Dissertation erarbeiteten neuen Lösungsansatz dar. Es wird ein Konzept einer wissensbasierten Softwareumgebung zum Wissensmanagement von Expertenwissen in Konstruktionsprozess vorgestellt, indem Anforderungen an diese KBE postuliert werden.

Der abschließende Abschnitt dieses Kapitels widmet sich der praktischen Realisierung des neuartigen Lösungsansatzes und der Umsetzung der davor formulierten Anforderungen. Anhand veranschaulichender Darstellungen werden sowohl der neue Ablauf zur Dokumentation einer Bauteiländerung wie auch die einzelnen Funktionen und Werkzeuge der KBE und die Implementierung der semantischen Technologien im Detail beschrieben.

### 3.2 Bisherige Vorgehensweise

Eine Dokumentation von konstruktiven Änderungen am Bauteil findet nach dem Meilenstein Beschaffungs-Freigabe im PEP statt (siehe Abschnitt 2.4.2). Davor werden Änderungen vom Konstrukteur in regelmäßigen Abstimmungsrunden nach direkter, mündlicher Absprache mit allen anderen Mitgliedern des SETs in den 3D-Daten umgesetzt (Abbildung 21).



**Abbildung 21: Abschnitte im PEP mit Änderungsdocumentation**

Erst nach diesem Meilenstein, bei dem jede Aktualisierung der 3D-CAD-Daten eine Umsetzung im Werkzeug mit sich zieht, ist jede Änderung mit Kosten verbunden und muss daher nachvollziehbar für alle und revisionssicher dokumentiert werden. Die Dokumentation der Änderung erfolgte bisher formal über ein sog. Änderungsblatt. Das Änderungsblatt wird vom verantwortlichen Bauteilentwickler angelegt und umfasst folgende Informationen:

- Name des Bauteilverantwortlichen
- Datenstand vor und nach der Änderung
- Änderungsnummer

- Teilebezeichnung & Teilenummer
- Veranlasser der Änderung
- Begründung der Änderung
- Termin- und Kostenauswirkungen
- Bewertung in K-/P-FMEA, DMU-Relevanz
- Beschreibung der Änderung (Vorher-/Nachher-Screenshot aus CATIA)
- Position der Änderung (am Bauteil)
- Ersteller des Änderungsblattes
- Freigabe des Bauteilverantwortlichen
- Verteilerliste.

Bei der bisherigen Vorgehensweise werden bei den Termin- und Kostenauswirkungen die Änderungen bei den Gesamt-Entwicklungskosten, der Einzelkostenänderung pro Fahrzeug, der Fertigungszeit und den Investitionen berechnet und teilweise aus Erfahrungswerten geschätzt. Dieser Bereich wird daher nicht nur vom Entwickler, sondern auch vom Planer, Werkzeugbauer, Zulieferer und Fertiger ausgefüllt. Ist das Änderungsblatt vollständig ausgefüllt, muss es vom Bauteilverantwortlichen unterzeichnet werden, wird eingescannt und dann per Email zur Kenntnisnahme an alle SET-Mitglieder versendet.

Diese Art der Änderungsdokumentation zeigt alle Änderungen am Bauteil auf, welche zwischen den einzelnen Konstruktionsständen im KVS gemacht werden. Anschließend werden die Änderungsblätter nach Genehmigung des Vorgesetzten oder Bauteilverantwortlichen zu Revisionszwecken in den Aktenordner geheftet und abgelegt.

### **3.3 Analyse und Bewertung**

Im vorhergehenden Abschnitt wird deutlich, dass bei der Arbeitsweise, mit welcher bis dato die Änderungen dokumentiert wurden, kein nachhaltiges Wissensmanagement aufgebaut werden kann. Nach Kenntnisnahme aller Beteiligten verschwinden die Änderungsblätter wieder „in der Schublade“. Dies sorgt dafür, dass bei neuen Fahrzeugprojekten teilweise dieselben Verbesserungsdurchläufe wieder gemacht werden, weil den Entwicklern die Erfahrungen und das Wissen aus den

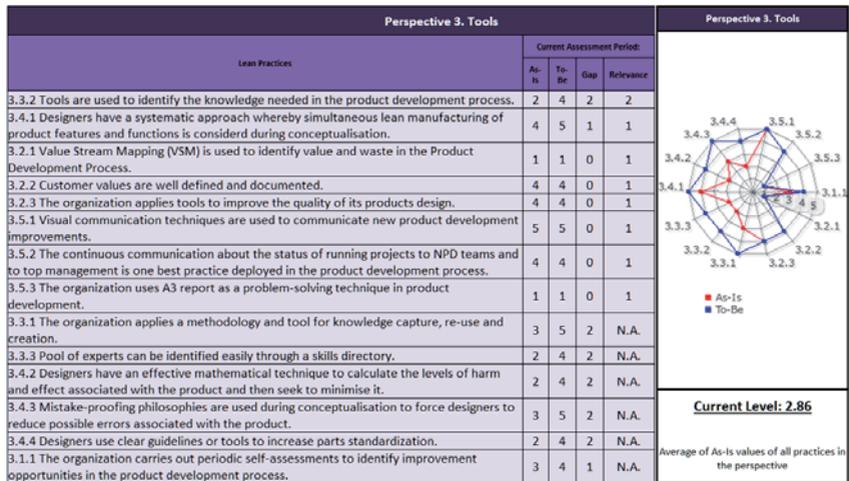
vergangenen Projekten nicht mehr zugänglich ist und daher nicht oder nur wenig in das neue Bauteil eingeflossen sind.

Ändert sich zudem der Projektleiter oder ein Bauteilverantwortlicher, nimmt dieser sein implizites, angesammeltes Expertenwissen mit und kommuniziert höchstens einen Teil davon an seinen Nachfolger. Der in Abschnitt 2.2 thematisierte Lean Development Ansatz fällt in diesem Fall nur gering aus.

Ein weiterer Nachteil dieser Vorgehensweise ist, dass für den Produktentwickler und Konstrukteur Wissensmanagement nur eine beiläufige Rolle im Tagesgeschäft spielt. Dies zeigt sich insbesondere wenige Wochen vor den relevanten Meilensteinen, wo die Arbeitsbelastung und der Stress zunehmen und daher nur noch die Arbeit durchgeführt wird, die notwendig ist, um das Bauteil in angemessener Qualität pünktlich zu dem Termin fertigzustellen.

Weiterhin werden sehr viele Dokumente und Änderungsblätter erzeugt, welche unterschiedliche Stände aufweisen und an verschiedenen Orten gespeichert werden. Diese unstrukturierte Art der Datenablage sorgt dafür, dass das richtige Dokument und das damit verbundene Wissen zur richtigen Zeit nur selten an die richtige Person gelangt.

Ein weiterer Punkt ergibt sich durch das in Abschnitt 2.3.1 erwähnte Lean Self-Assessment.



**Abbildung 22: Ergebnisse der Perspektive Werkzeuge & Tools zu Beginn der Arbeit**

Eine Umfrage unter den Entwicklungsleitern des Geschäftsfeldes Kunststoffe der Volkswagen AG zu Beginn dieser Arbeit führte zu dem Ergebnis, dass insbesondere in der Perspektive Werkzeuge & Tools (Abbildung 22) ein erhebliches Potenzial vorhanden ist. Während in den anderen drei Perspektiven ein Wert von 3,0 oder höher erzielt werden konnte, konnte dort nur ein Mittelwert von 2,86 erreicht werden. Insbesondere die Einzelpunkte 3.3.2, 3.3.1, 3.3.3 und 3.4.4 mit einer Differenz von 2 Punkten zwischen Ist-Stand und gewünschtem Stand zeigen, dass mit einem Werkzeug für ein verbessertes Wissensmanagement in der Produktentwicklung die Prozesse deutlich schlanker und verschwendungsärmer gestaltet werden können.

### 3.4 Zwischenfazit

Schlussfolgernd aus den in Abschnitt 3.3 erläuterten Argumenten, muss also eine sinnvolle und für den Konstrukteur attraktive Art der Erfassung, Darstellung, Speicherung, Verteilung und Bereitstellung von Wissen geschaffen werden, die ihn nur wenig bis gar keinen zusätzlichen Aufwand kostet und ihm möglicherweise noch etwas die Arbeit am Bauteil erleichtert.

---

Im Rahmen dieser Arbeit wurde daher beschlossen, sich auf die Dokumentation von Änderungen zu konzentrieren und diese in ein System zum Management von Wissen zu übertragen. Dabei liegt ein standardisierter Arbeitsprozess mit wiederkehrenden Arbeitsschritten vor, welcher dadurch gut in einer KBE abgebildet werden kann.

Das Expertenwissen, welches der Konstrukteur benötigt, um Änderungen an einem Bauteil durchzuführen, kann sehr vielfältig sein: Es reicht von materialgerechter Auslegung über den präzisen Formschluss zu angrenzenden Bauteilen bis hin zu Montage- und Fertigungsrestriktionen, welche beachtet werden müssen, um das Bauteil später serienreif fertigen zu können.

Insbesondere die konstruktive Umsetzung und Begründung der Änderung am Bauteil sowie die daraus resultierenden finanziellen und terminlichen Auswirkungen enthalten eine Menge der oben genannten Inhalte von Wissen, welches sonst nur in den Köpfen der Experten vorhanden ist. Eine Veräußerung dieses Wissens fand im geringen Maße dadurch statt, dass der Konstrukteur ein digitales Änderungsblatt erstellt hat. Da dieses Wissen aber nicht den relevanten Personen zugänglich ist und in keiner Form strukturiert oder sinnvoll weiterverwendet wurde, lässt sich hier nicht von einer Externalisierung im Sinne von (Nonaka & Takeuchi, 2012) sprechen.

Eine Externalisierung des durch die Änderungen an Bauteilen angesammelten Wissens bedeutet, dass dieses Wissen auch den anderen Mitarbeitern und Produktentwicklern, insbesondere den SET-Mitgliedern und projektunerfahrenen Mitarbeitern, zugänglich gemacht würde. Dadurch hätten diese die Möglichkeit, auf dieses Wissen zuzugreifen und es gemäß der laut Abschnitt 2.1.1 geltenden Definition für Wissen zur Problemlösung in nachfolgenden Projekten zu nutzen.

Um genau die oben aufgeführten Punkte zu erfüllen, wurde eine Knowledge Based Environment, wie in Unterkapitel 2.5 beschrieben, entwickelt. Dadurch ist es möglich, eine Nachhaltigkeit von Wissen zu garantieren. In den nachfolgenden Abschnitten wird die Entwicklung dieser wissensbasierten Softwareumgebung intensiv beschrieben und die Funktionen, welche den Produktentwickler in seiner Arbeit unterstützen sollen, eingehend erläutert.

### 3.5 Anforderungen an die KBE

Um sich den in den beiden vorigen Abschnitten aufgezählten Herausforderungen stellen zu können und die in Unterkapitel 2.5 beschriebene allgemeine Definition zu spezifizieren, wurde im Rahmen dieser Arbeit und im Laufe des LeanPPD-Projekts mit den industriellen Partnern ein allgemeiner Anforderungskatalog angefertigt. Dieser umschreibt die Grundlagen und Anforderungen an die wissensbasierte Softwareumgebung (Al-Ashaab, et al., 2010).

Nachfolgend werden die fünf wichtigsten funktionalen Anforderungen an diese wissensbasierte Softwareumgebung für die Anwendung in einer Entwicklungsabteilung eines Unternehmens erläutert (Furian & Grote, 2011):

1. Die KBE soll alles entwicklungsrelevante Wissen und dazugehörige Dokumente und Wissen aus bisherigen, abgeschlossenen Projekten und Bauteilen speichern, welches dem Entwickler bei der Problemlösung in laufenden und zukünftigen Projekten behilflich sein könnte. Dieses Wissen soll für den Entwickler jederzeit über die Benutzeroberfläche abrufbar sein. Dazu muss in der KBE eine Struktur und Systematik entwickelt werden, um dem Benutzer eine lange Suche danach zu ersparen. Mit Hilfe der Daten aus alten Projekten kann der Entwickler dann ein neues Design-Set konstruieren oder ein existierendes optimieren.
2. In der KBE soll dem Benutzer eine Suchfunktion zur Verfügung stehen um ihm das benötigte Wissen schnell zur Verfügung zu stellen. Dabei kann die Datenbank nach Projekten, Bauteilen und Änderungen durchsucht werden und dem Entwickler auch Suchergebnisse anzeigen, welche ähnliche Lösungsansätze behandelt.
3. Die KBE soll eine Funktion enthalten, mit der der Benutzer das notwendige, entscheidungsrelevante Wissen, sowohl einpflegen, ändern als auch abrufen kann. Dazu gehören beispielsweise Fertigungszeiten, (Änderungs-)Kosten, Verantwortliche und Änderungsgrund. Diese Daten sollen in einer übersichtlichen, einfachen Form zur Entscheidungsunterstützung des Benutzers visualisiert werden.
4. Die KBE soll das Wissen, welches in einem aktuellen Entwicklungsprojekt erzeugt wird, kontinuierlich systematisch erfassen und speichern können.

Dazu muss die KBE in die tägliche Arbeit des Entwicklers mit eingebunden werden und ihm die Möglichkeit geben, die Daten schnell und ohne Mehraufwand für ihn einzupflegen. Idealerweise erhält der Benutzer durch das Arbeiten mit der KBE einen für ihn sofort ersichtlichen, unmittelbaren Mehrwert.

5. Die KBE soll die Erfahrungswerte (Lessons Learned, K-FMEA, Konstruktionsrichtlinien, usw.) der Entwickler bei den einzelnen Prozessschritten während der Konstruktion dokumentieren und aufzeigen können.

Zu diesen fünf funktionalen Anforderungen müssen nach (ISO/IEC TR 9126, 2011) und (Heinecke, 2012) noch weitere Bedingungen erfüllt sein, um eine Softwareumgebung in einem Unternehmen zu etablieren und eine Benutzerakzeptanz zu erreichen. Diese lassen sich auf die folgenden Punkte zusammenfassen:

- Benutzerfreundlichkeit der Bedienoberfläche
- Sicherheit der Daten
- Zuverlässigkeit/ Ausfallsicherheit des Systems
- Effizienz bei der Ressourcen-Nutzung
- Wartungsfreundlichkeit der Software
- Übertragbarkeit der Software in ein anderes System.

Die soeben aufgezählten Punkte werden im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter erläutert, da sie als vorausgesetzt gesehen werden. In den beiden oben zitierten Quellen findet sich dazu jedoch eine ausführlichere Diskussion dieser Forderungen.

Untersuchungen und Recherchen im Rahmen der Promotion haben ergeben, dass sich momentan keine Software auf dem Markt befindet oder Anwendung in der Produktentwicklung etabliert ist, welche die oben aufgezählten Anforderungen erfüllt. Zwar ist es mit den sog. Knowledgeware Add-Ons von Dassault Systemès und ähnlichen Produkten von anderen konkurrierenden Anbietern möglich, dass der Konstrukteur durch Konstruktionsvorgaben wie Regeln, Prüfungen und Vorgaben Fehler vermeiden und das Bauteil optimieren kann (Dassault Systemes, 2013).

Jedoch können diese Systeme kein zusammenhängendes Wissen speichern, welches zukünftig für Problemlösungen genutzt werden kann. Zudem können die speziellen Werkstoff- und Herstellungseigenschaften nicht von CATIA berücksichtigt werden. Ebenso sind die für Volkswagen angepassten Corporate Lizenzen der CATIA Software nicht für Add-Ons geeignet.

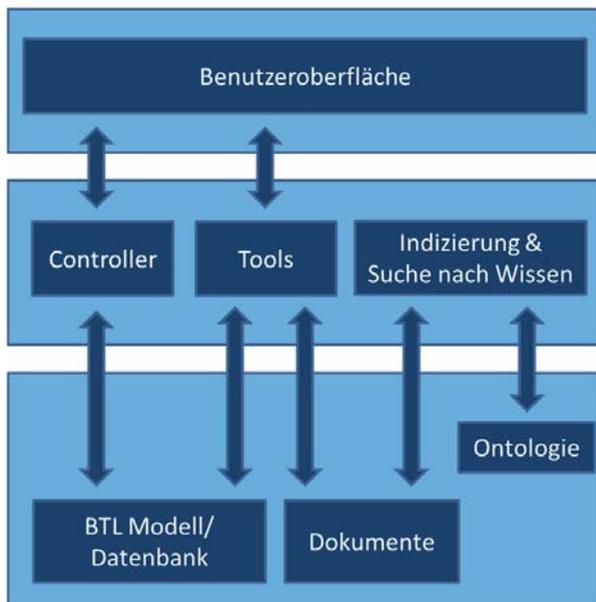
### 3.6 Umsetzung und Aufbau der KBE

Im Business Case des Projektes erfolgte dann die technische Umsetzung und Programmierung dieser Softwareumgebung in Form eines funktionierenden Prototyps. Sie wurde an die Anforderungen und Bedürfnisse der Volkswagen AG angepasst (Abbildung 23) und am Volkswagen Hauptsitz in der Komponente im Geschäftsbereich Kunststoffe unter dem Systemnamen „Bauteillebenslauf“ umgesetzt und evaluiert.



Abbildung 23: Die beiden Säulen des Bauteillebenslaufs

Der Bauteillebenslauf soll, eingebettet in den Produktentstehungs- und Konstruktionsprozess, und basierend auf den in Abschnitt 2.6 erläuterten semantischen Netzen und Ontologien, den Benutzer bei der Bauteilauslegung unterstützen und dabei sein Expertenwissen in einer expliziten Form anderen Nutzern bei zukünftigen Projekten zur Verfügung stehen (Furian, et al., 2013). Damit soll den in Abschnitt 2.1 erwähnten Defiziten im Wissensmanagement entgegengewirkt werden.



**Abbildung 24: Schematischer Aufbau des Bauteillebenslaufes**

Im Nachfolgenden werden die einzelnen in Abbildung 24 gezeigten Bausteine des Prototyps genauestens erläutert und die Vorgehensweise der Erfassung, Speicherung, Aufbereitung und Repräsentation von Expertenwissen im Konstruktionsprozess an einigen Beispielen erläutert.

### 3.6.1 Benutzeroberfläche & Benutzerverwaltung

#### Benutzeroberfläche

Über eine Eingabe im Webbrowser gelangt der Nutzer auf die Startseite des Bauteillebenslaufes. Nach Eingabe seiner persönlichen Nutzerdaten gelangt er auf die Startseite, wo er das für ihn relevante Fahrzeugprojekt und den ZSB auswählen kann (Abbildung 25). Als Schnellzugriff werden auf der Startseite bereits die Konstruktionsregeln angezeigt.



**Abbildung 25: Startseite mit Auswahl des Fahrzeugprojektes und des ZSBs**

Meldet man sich als Administrator bzw. Bauteilverantwortlicher an, erscheinen an dieser Stelle noch weitere Auswahl- und Eingabemöglichkeiten, was die Erstellung eines neuen Fahrzeugprojektes, ZSBs, die Benutzerverwaltung und die Setzung der Projektmeilensteine betrifft.

Über die Auswahl des ZSBs kommt man zur Übersicht desselben. In der Bauteilübersicht sind sämtliche Einzelbauteile des Zusammenbaus inklusive ihrer

Bauteilnummer und dem verantwortlichen Ansprechpartner aufgelistet (Abbildung 26). Dabei kann der Ansprechpartner der für das Bauteil verantwortliche Sachbearbeiter, ein Zulieferer oder der Auftraggeber (im Fall von Übernahmeteilen aus anderen Fahrzeugprojekten) sein.

Nr.	Name	Verantwortlich
1K0	<a href="#">Safe-LED</a>	EKAT/1
1K0	<a href="#">Reflektor</a>	Robert
1S0	<a href="#">Schaumstreifen für Aufnahme Dichtung LSPG</a>	EKAT/1
3AA	<a href="#">Drehflügelclip</a>	EKAT/1
3AA	<a href="#">ZSB Sicherheitsclip</a>	EKAT/1
3C0	<a href="#">Hülse</a>	EKAT/1
5G0	<a href="#">Türinnenbetätigung</a>	Andreas
5G0	<a href="#">Türablage</a>	Andreas
5G0	<a href="#">Griffsch. Oberteil</a>	Andreas
5G0	<a href="#">Blende ZZG oben</a>	Andreas
5G0	<a href="#">Aufnahme Dichtring Lautsprecherqitter</a>	Andreas
5G0	<a href="#">Griffgrundkörper</a>	Andreas
5G0	<a href="#">Blende ZZG unten</a>	Andreas
5G0	<a href="#">Schalter Außenspiegel</a>	Andreas
5G0	<a href="#">Schalterfeld (4fach)</a>	EKAT/1
5G1	<a href="#">Schalterblende FH (4fach)</a>	EKAT/1
5G4	<a href="#">Zierblende</a>	Andreas
5G4	<a href="#">Aufnahme Retainer</a>	Andreas
5G4	<a href="#">Aufnahmeteil CC</a>	Andreas
5G4	<a href="#">Rahmenteil</a>	Andreas
5G4	<a href="#">Brüstung</a>	Andreas
5G4	<a href="#">Einsatzteil</a>	Andreas
5G4	<a href="#">Armauflage</a>	Andreas
5G4	<a href="#">Warmwestenfach (WWF)</a>	Andreas

**Abbildung 26: Übersicht sämtlicher Bauteile des ZSBs Türinnenverkleidung**

Über die Auswahl des Einzelbauteils wird der Nutzer auf die Bauteilseite weitergeleitet. Hier kann der Nutzer sämtliche Informationen über das Bauteil bezüglich seiner Form und seiner Eigenschaften erhalten (Abbildung 27).

The screenshot displays the 'Bauteillebenslauf' (Component Lifecycle) web application. The interface includes a header with the 'LeanPPD' logo and the Volkswagen logo, along with the text 'Set-Based Lean Design Tool'. The main section is titled 'Bauteil ändern' (Change Component) and contains a form with the following fields:

- Nr.:** 5G4.868.079
- Bezeichnung Einzelteil:** Rahmenteil
- Verantwortlich:** Andreas [redacted]
- Bild:** A technical drawing of a car chassis frame.
- Kommentar:** Umfang HT, Hersteller: Hausanfertigung, Material: Daplen HPTT, Oberfläche: gespritzt, genarbt, Montageart: Verschweißung, Verklüftung.

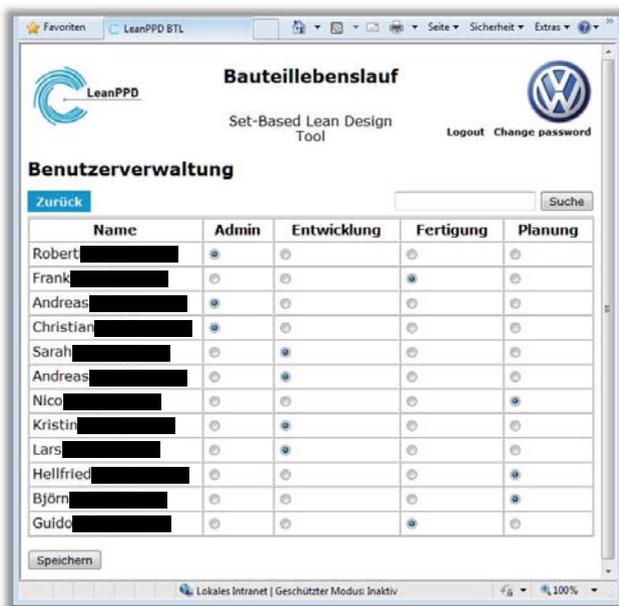
On the right side, there is a 'Tagcloud' (tag cloud) listing various attributes and materials, such as 'Außendurchmesser', 'Energieerichtungsgeber', 'Schweißrippen', 'Sonotrode', 'Abhängigkeit', 'ERG Hersteller', 'wanddicke schweißdom', 'Einfallstellen', 'Anbindung Sichtbereich', 'Flächenschweißung', 'Toleranzbereich', 'Durchmesser', 'Auflagerippe', 'Sonotrodenkopfdurchmesser', 'Einseiter Auflageebene', 'schweißdomes', 'Dicke', and 'Entformungsschragen'. Below the form, there are 'Konstruktionsregeln' (construction rules) with links to PDF documents: 'Regel\_02 - Sonotrodenausrichtung.pdf', 'Regel\_03 - Außendurchmesser\_Schweißdom.pdf', 'Regel\_04 - Auswahl\_Sonotrodenkopfdurchmesser.pdf', and 'Regel\_06 - Entformungsschragen.pdf'. The browser address bar shows 'http://10.186.68.120:9090/searchservice/doc'.

**Abbildung 27: Übersicht des Einzelbauteils mit Tagcloud, Konstruktionsregeln und Bauteilinformationen**

Sollte es sich bei den Einzelbauteilen um Übernahmeteile aus anderen Projekten handeln, werden diese miteinander verknüpft, so dass eine Änderung des Bauteils nicht nur bei dem aktuellen ZSB Nachwirkungen hat, sondern sich auf alle anderen ZSBs auswirkt, in welche dieses Teil verbaut wird.

## Benutzerverwaltung

Um den Entwicklern und anderen am Bauteil beteiligten Personengruppen nur das für sie zur Entscheidungsfindung relevante Wissen zur Verfügung zu stellen, wurden unterschiedliche Personenkreise definiert. Dadurch wird vermieden, dass beispielsweise Bauteildaten, die nur für den Entwickler wichtig sind, auch den Planungs- und Fertigungsexperten gezeigt werden. Außerdem können auf diese Weise nur bestimmte Personengruppen bestimmte Eingabefelder ausfüllen, wodurch Fehleingaben und Missverständnisse beim Input von Wissen vermieden wird.



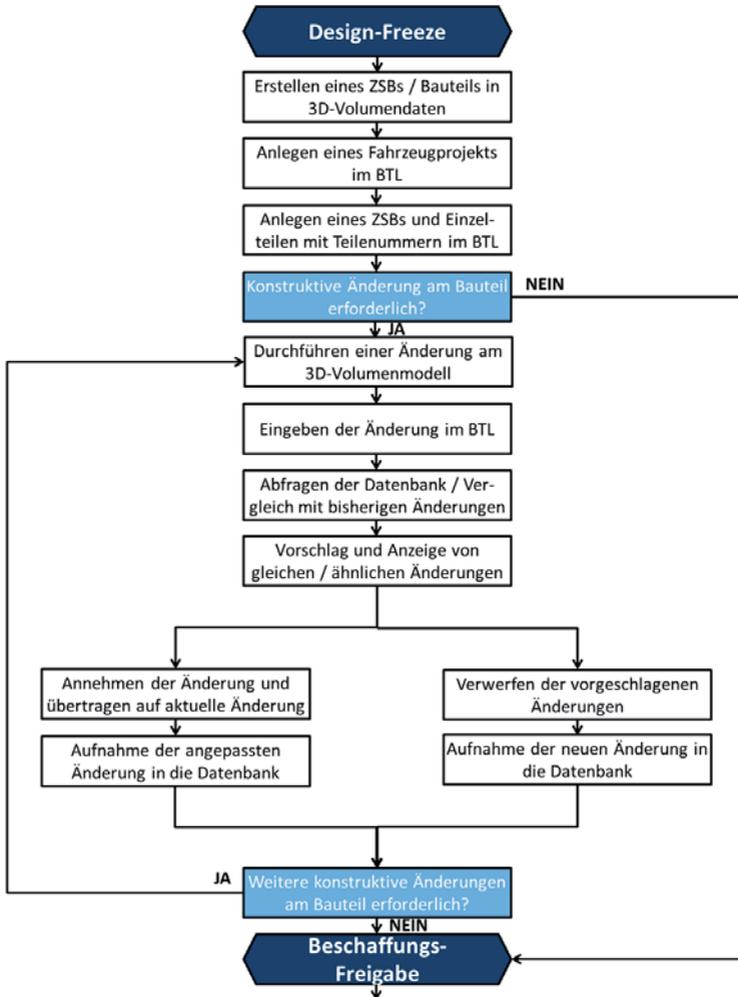
**Abbildung 28: Benutzer- und Zugriffsadministration im Bauteillebenslauf**

Weiterhin ist eine einmalige Registrierung für den Zugang und das Benutzen des Bauteillebenslaufes notwendig. Der Administrator kann damit entscheiden, wer für die KBE berechtigt ist. Dadurch kann sichergestellt werden, dass das erfasste und gespeicherte Wissen innerhalb des Expertenkreises bleibt und nicht zugänglich für jedermann im Intranet des Unternehmens ist. Somit ist der personenabhängige

Zugriff auf das Wissen und das Verbleiben von Problemlösungs-Knowhow und Kernkompetenz garantiert.

### **3.6.2 Neuer Prozess der Änderungsdocumentation**

Im folgenden Abschnitt wird der neue Ablauf beschrieben, über die Oberfläche der KBE eine Änderung an einem Bauteil zu dokumentieren und das damit verbundene Wissen zur Problemlösung explizit zu machen. Dieser Prozess beinhaltet die praktische Umsetzung des in Abschnitt 2.3.2 erläuterten Lean Knowledge Life Cycle und überträgt dessen Phasen auf die nun folgende Erörterung. Abbildung 29 zeigt den chronologischen Ablauf der Änderungsdocumentation:



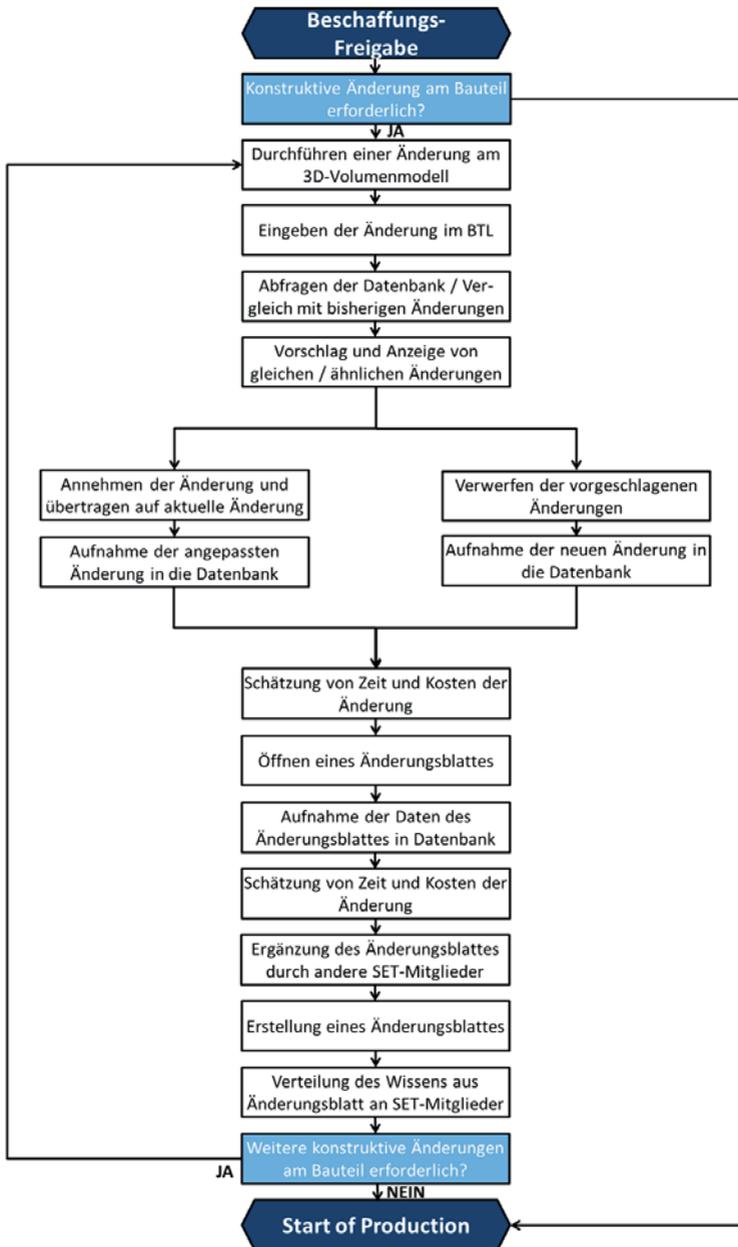


Abbildung 29: Ablauf der Dokumentation der Änderung am Bauteil

Angelehnt an den PEP aus Abschnitt 2.4.2 und den Konstruktionsprozess in Teilkapitel 2.4.4 beginnt die Arbeit für den Konstrukteur mit der Übergabe der Strak-Daten beim Meilenstein Design-Freeze. Nun hat der Entwickler die Aufgabe, mit einer CAD-Anwendung die 3D-Volumendaten zu generieren.

Parallel dazu kann der neue Bauteilverantwortliche bereits im Bauteillebenslauf das Fahrzeugprojekt und den ZSB anlegen. Sobald die Bauteilkonzepte herausgearbeitet sind, können auch Einzelteile und die dazugehörigen Teilenummern eingepflegt werden. Sollten sich diese Daten im Lauf der Entwicklungszeit ändern oder neue Bauteile dazukommen oder andere aus dem ZSB entfernt werden, können diese Änderungen vom Bauteilverantwortlichen über die Oberfläche angepasst werden.

Nun kann der Konstrukteur mit der Dokumentation der Änderungen und der damit einhergehenden Eingabe seines impliziten und größtenteils empirischen Wissens beginnen. Gründe, warum an einem Bauteil Änderungen vorgenommen werden und daher eine Dokumentation sinnvoll ist, können u.a. folgende sein:

- Spätere Design- und daraus resultierende Strakänderungen, welche in das Bauteil nachgepflegt werden müssen
- Kurzfristiger Einbau von neuen Bauteilen
- Rückmeldung aus der Fertigung, dass nicht fertigungs- oder montagegerecht gestaltet wurde
- Rückmeldung aus der Versuchserprobung, dass das Bauteil nicht den Anforderungen im Lastenheft entspricht
- Rückmeldung aus dem Werkzeugbau, dass dieses Bauteil so nicht herstellbar ist.

Üblicherweise beginnt die Änderungs-Dokumentation bereits vor dem Meilenstein Beschaffungs-Freigabe. Dabei kann der Konstrukteur eine Änderung dokumentieren, indem er den Bauteilverantwortlichen, den Veranlasser der Änderung, eine Beschreibung und die Begründung der Änderung sowie Screenshots vom CAD-Programm vor und nach der konstruktiven Einarbeitung in CAD auf der Benutzeroberfläche vom Bauteillebenslauf eingibt (Abbildung 30).

Der eingegebene Text sollte einerseits für jeden anderen Entwickler verständlich formuliert sein, andererseits die Änderung am Bauteil und ihren Grund eindeutig und detailliert beschreiben.

**Änderungsblatt erstellen**

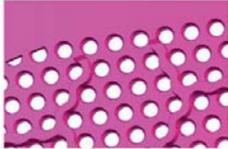
Zurück  Suche

Verantwortlich: Kristin [REDACTED]

Veranlasser: Helfried [REDACTED]

Beschreibung: Optimierung der wabenförmigen Verstärkungsrippen im Lautsprecherbereich nach Angaben vom Werkzeugbauer. Rippen dicker, Entformung erhöht.

Begründung: Fließverhalten und Festigkeit im Gitterbereich verbessert.

Vorher 

Nachher 

Änderungs-Nr. TM04 BAE01/03

Datenstand (vorher): TM04 11.03.13

Lokales Intranet | Geschützter Modus: Inaktiv

**Abbildung 30: Erfassen des Expertenwissens durch Beschreibung und Begründung der konstruktiven Änderung am Bauteil**

Nach der Eingabe der Änderung erscheint ein Dialog, welcher dem Entwickler die fünf ähnlichsten Änderungen vorschlägt. Dieser hat entweder die Möglichkeit, sich die Änderungen und die dazugehörigen Vorgehensweisen und Lösungen durchzulesen und sich das dazu gehörige Wissen anzueignen, oder die Vorschläge zu verwerfen und seine Änderung zu speichern.

Ausschlaggebend für die Vorschläge, die dem Entwickler gemacht werden, ist der Vergleich der von ihm eingegebenen Änderung mit den bisher in der Datenbank eingepflegten Änderungen. Dies erfolgt über einen Wortvergleich. Die Änderungen mit den meisten gleichen oder ähnlichen Wörtern werden dem Nutzer vorgeschlagen. Dabei werden Wörter bestimmter Wortarten wie Artikel, Pronomen, Bindewörter oder Präpositionen als Stoppwörter herausgefiltert und nur fachspezifische Begriffe (z.B. Substantive, Verben) verglichen. Auch Wortstämme,

z.B. bei Verben oder zusammengesetzten Wörtern, werden berücksichtigt und miteinander verglichen. Dieses Vorgehen ermöglicht eine hohe Trefferzahl und damit eine hohe resultierende Qualität der Vorschläge.

Jede eingegebene Änderung wird in der Datenbank gespeichert und das damit verbundene Wissen weiterverarbeitet. Es steht somit als explizites Wissen für weitere Abrufe zur Verfügung.

Erfolgt die Eingabe der Änderung nach der Beschaffungs-Freigabe, werden zusätzliche Felder freigeschaltet um detaillierteres Wissen, was die Änderung und ihren Grund und ihre Konsequenzen betrifft, festzuhalten (Abbildung 31):

LeanPPD BTL - Windows Internet Explorer bereitgestellt von VOLKSWAGEN AG

http://10.186.68.120/LeanPPD-B Volkswagen Intranet

LeanPPD BTL

Änderungs-Nr.: TMO4 BAE01/03

Datenstand (vorher): TMO4 11.03.13

Datenstand (nachher): TMO5 30.04.13

ÄKO / AE / AA\*:

Terminauswirkung\*: keine

Rückmeldung bis zum: 11.04.2013

Entwicklungskosten [TSD €]

Δ Einzelkosten [€/Fzg.] 0,02

Δ F-Zeit [min/Fzg.] 0

Δ Invest B [TSD €] 0,2

Δ Invest P [TSD €] 0

Bewertung der Änderung in K-FMEA erforderlich?  ja  nein

Bewertung der Änderung in P-FMEA erforderlich?  ja  nein

DMU - relevant?  ja  nein

Position der Änderung

Durchsuchen

	Name	Datum
Erstellung	Christian [REDACTED]	10.04.2013
Freigabe	Kristin [REDACTED]	18.04.2013
Verteilt	Christian [REDACTED]	22.04.2013

Verteiler Liste

- robert.furian@volkswagen.de
- frank [REDACTED]
- andreas [REDACTED]
- christian [REDACTED]
- sarah [REDACTED]
- andreas [REDACTED]
- nicole [REDACTED]
- kristin [REDACTED]
- extern.jana [REDACTED]
- heilfried [REDACTED]
- bjorn [REDACTED]

[Speichern und versenden]

Lokales Intranet | Geschützter Modus: Inaktiv

**Abbildung 31: Dokumentation der Kosten- und Terminauswirkungen der Änderung und Erstellung eines Änderungsblattes**

Auf diesem Formularblatt kann zuerst der Entwickler die von ihm stammenden Termin- und Kostenauswirkungen eintragen und relevante Felder ergänzen. Dann kann er über die Verteilerliste diejenigen auswählen und per Email informieren, welche die restlichen Felder ergänzen müssen. Diese Mitglieder des SETs, z.B. die Planer, wiederum loggen sich über ihr Benutzerkonto ein und ergänzen die fehlenden Informationen. Sind alle Daten vollständig, muss zum Abschluss der Änderung diese vom Projektleiter und/oder Bauteilverantwortlichen genehmigt und

freigegeben werden. Dadurch wird alles relevante Wissen, welches diese Änderung betrifft, in expliziter Form in der Datenbank gespeichert.

Im Anschluss können über die Verteilerliste alle SET-Mitglieder von dieser Änderung per Email in Kenntnis gesetzt werden und das Wissen über diese Änderung kann an andere Personen expliziert und verteilt werden.

Das Änderungsblatt lässt sich auch als PDF-Dokument im DIN A4 Format erstellen. Dieses kann auf dem Laufwerk gespeichert werden oder auch per Email an Personen verschickt werden, die keinen Zugriff zum BTL besitzen.

Auf diese Art und Weise hat der Entwickler die Möglichkeit, sein Expertenwissen, welches mit der Änderung in Zusammenhang steht, über die verschiedenen Eingabemasken in die KBE einzugeben und damit elektronisch erfassen zu lassen und auch den anderen Nutzern der KBE zugänglich zu machen. Um diese Änderungen den anderen Nutzern übersichtlich darzustellen, erscheinen die Änderungen als kompakte Version chronologisch aufgelistet auf der Bauteilseite, wie in Abbildung 32 zu sehen ist:

Änderungsnummer	TM vorher	TM nachher	Veranlasser	Beschreibung	Vorher	Nachher	Status	Ändern	Löschen	Änderungsblatt
TM 17 31.05.2011	TM 20 15.07.2011	Auftraggeber	3 Durchbrüche für Clipaushaken eingelagert			OK	Ändern	Löschen	Änderungsblatt	
TM 17 31.05.2011	TM 20 15.07.2011	Karosserie-Aufbau	Flanke mit reduzierter 5° Entformschräge			OK	Ändern	Löschen	Änderungsblatt	
TM 17 31.05.2011	TM 20 15.07.2011	Planung	Dompositionen, GID-Platteau, Re-liner angepasst			OK	Ändern	Löschen	Änderungsblatt	
TM 17 31.05.2011	TM 20 15.07.2011	Auftraggeber	1 Dom mit Verstärkungsrippe verkleinert, 3 Dome verschoben			OK	Ändern	Löschen	Änderungsblatt	
TM 17 31.05.2011	TM 20 15.07.2011	Zulieferer	Zusätzliche Ausklinkung für Schweißrippe an oberer Kante angebracht			OK	Ändern	Löschen	Änderungsblatt	
TM 17 31.05.2011	TM 20 15.07.2011	Planung	Flansch neigt zum Einfallen beim Spritzgießen, Artikel mit Flankenspitzen verändert			OK	Ändern	Löschen	Änderungsblatt	
TM 17 31.05.2011	TM 20 15.07.2011	Designer	Ausschnektorik Einsatzteil geändert			OK	Ändern	Löschen	Änderungsblatt	
TM 17 31.05.2011	TM 20 15.07.2011	Auftraggeber	Verprägung als 2. Auflage zum Tunnensteil			OK	Ändern	Löschen	Änderungsblatt	
TM 17 31.05.2011	TM 20 15.07.2011	Entwickler	Retainer optimiert			OK	Ändern	Löschen	Änderungsblatt	
TM 17 31.05.2011	TM 20 15.07.2011	Auftraggeber	Entformkonzept oben geändert, 3Dome und Auflagen angepasst			OK	Ändern	Löschen	Änderungsblatt	
TM 17 31.05.2011	TM 20 15.07.2011	Zulieferer	Fugenkontur geändert, Rippe entfernt			OK	Ändern	Löschen	Änderungsblatt	
TM 17 31.05.2011	TM 21 29.07.2011	Planung	Dom verschoben			OK	Ändern	Löschen	Änderungsblatt	

Abbildung 32: Auflistung der am Bauteil vorgenommen Änderungen

In dieser Auflistung der Änderungen kann der Nutzer sich einen Überblick mit einer groben Vorher-Nachher-Abbildung der Änderung verschaffen und sehen, zwischen welchen Teilmodellen diese Änderung in das CAD-Modell eingepflegt wurde. Diese Versionsangaben entsprechen auch dem Datenstand, welcher im KVS in den Daten hinterlegt ist. Über einen weiteren Klick kann er sich die einzelne Änderung mit allen Details anschauen, wie sie in Abbildung 30 und Abbildung 31 zu erkennen sind. Natürlich lassen sich nachträglich auch noch weitere Informationen zu der Änderung einpflegen oder vorhandene Einträge abändern.

Zusätzlich gibt der Status in der Änderungsübersicht den Stand der Änderung im Werkzeug an. Zu Beginn wird der Stand auf „Offen“ gesetzt, solange die Änderung nur in der Konstruktionssoftware vorhanden ist. Wird die Änderung genehmigt, kann die Änderung ins Werkzeug verarbeitet werden und der Status wird auf „Grün“ gesetzt. Für den Fall, dass die Änderung nicht genehmigt wird, z.B. auf Grund zu hoher Kosten oder zu langer Fertigungszeit, wird die Änderung in den CAD-Daten rückgängig gemacht und das Statusfeld wird auf „Rot“ gesetzt. Zur Nachvollziehbarkeit gibt der Entwickler den Ablehnungsgrund an. Auf diese Art kann auch Wissen gespeichert werden, welches nicht umgesetzt wurde, aber trotzdem für zukünftige Projekte oder Entscheidungen relevant sein könnte.

### **3.6.3 Indizierung und Suche von Wissen**

Um das im Bauteillebenslauf erfasste Wissen dem Nutzer nicht nur projekt- und bauteilbezogen aufzulisten, sondern ihm den Zugriff auf dieses Wissen auch übergreifend zur Verfügung zu stellen, wurde in die wissensbasierte Umgebung eine Suche implementiert (Furian, et al., 2013).

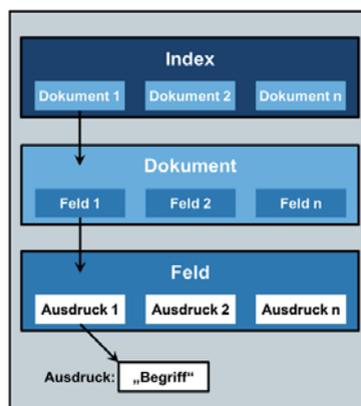
Über die Suchfunktion, deren Eingabefeld sich immer oben rechts in der Oberfläche des Bauteillebenslaufes befindet, bekommt der Benutzer die Möglichkeit, ein oder mehrere Wörter oder Begriffe zu suchen. Dabei werden Bauteile, Änderungen und Änderungsblätter, sowie Konstruktionsregeln und weitere eingepflegte Dokumente durchsucht.

Um die Suche in den unterschiedlichsten Bereichen und Dokumenten möglich zu machen, wurde der Open-Source Suchalgorithmus Lucene (The Apache Software Foundation, 2013) gewählt, der sich zur Volltextsuche in den Datenbanken und Dokumenten eignet und eine Programmschnittstelle für die restliche Umgebung zur

Verfügung stellt. Die Funktionsweise wird nun im Folgenden erläutert. Dabei besteht der Aufbau dieser Suchmaschine aus zwei Teilen: Dem Indexer und der eigentlichen Suche.

Die Aufgabe des Indexers ist es, den Datenbestand, also den Index, strukturiert zu füllen. Dazu werden im Indexer ein oder mehrere Verzeichnisse definiert, wo die für die Suche relevanten Dokumente zu finden sind und wo der Index abgelegt werden kann.

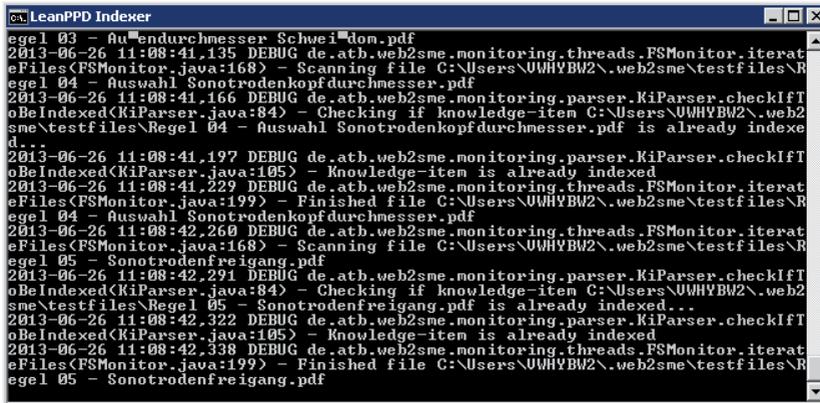
Bei den relevanten Dokumenten kann der Indexer unterschiedliche Dateitypen und Dokumentenarten voneinander unterscheiden und kann konfiguriert werden, welche Felder und Daten bei den verschiedenen Dateitypen wichtig sind. Dabei ist die Vorgehensweise des Indexers wie folgt: Der Index enthält eine Auflistung von Dokumenten. Jedes Dokument ist eine Ansammlung von Feldern (z.B. Kopf- und Fußzeile, Haupttext, Dokumentinformationen, usw.). Jedes Feld ist eine Folge von Ausdrücken bzw. Wörtern/Begriffen, welche vom Indexer als String interpretiert werden. Sollte ein String/Begriff in zwei unterschiedlichen Feldern vorhanden sein, sind das für den Indexer zwei Ausdrücke. Der Lucene-Indexer verfügt außerdem über eine große Liste von Stoppwörtern, die nicht in dem Index abgelegt werden.



**Abbildung 33: Grundkonzept der Lucene Suchmaschine**

So listet der Index für jeden Begriff sämtliche Dokumente, die ihn enthalten. Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass bei einer Suchanfrage nicht alle Dokumente und Datenbanken von neuem durchsucht werden, sondern lediglich der Index ausgewertet werden muss, was die Suche wesentlich effizienter gestaltet.

Auch lässt sich der Indexer so konfigurieren, dass bestimmte Dokumente nur in bestimmten Feldern nach Ausdrücken durchsucht werden müssen. So werden in der wissensbasierten Umgebung Word-Dokumente nur in ihrem Inhalt (dem eigentlichen Text) und nicht ihren Metadaten (Autor, Eigenschaften, usw.) durchsucht.



```

c:\LeanPPD Indexer
regel 03 - Auswahl Sonotrodenkopfdurchmesser.pdf
2013-06-26 11:08:41.135 DEBUG de.atb.web2sme.monitoring.threads.FSMonitor.iterateFiles(FSMonitor.java:168) - Scanning file C:\Users\UWHYBW2\.web2sme\testfiles\Regel 04 - Auswahl Sonotrodenkopfdurchmesser.pdf
regel 04 - Auswahl Sonotrodenkopfdurchmesser.pdf
2013-06-26 11:08:41.166 DEBUG de.atb.web2sme.monitoring.parser.KiParser.checkIfToBeIndexed(KiParser.java:84) - Checking if knowledge-item C:\Users\UWHYBW2\.web2sme\testfiles\Regel 04 - Auswahl Sonotrodenkopfdurchmesser.pdf is already indexed...
2013-06-26 11:08:41.197 DEBUG de.atb.web2sme.monitoring.parser.KiParser.checkIfToBeIndexed(KiParser.java:105) - Knowledge-item is already indexed
2013-06-26 11:08:41.229 DEBUG de.atb.web2sme.monitoring.threads.FSMonitor.iterateFiles(FSMonitor.java:199) - Finished file C:\Users\UWHYBW2\.web2sme\testfiles\Regel 04 - Auswahl Sonotrodenkopfdurchmesser.pdf
regel 05 - Sonotrodenfreigang.pdf
2013-06-26 11:08:42.260 DEBUG de.atb.web2sme.monitoring.threads.FSMonitor.iterateFiles(FSMonitor.java:168) - Scanning file C:\Users\UWHYBW2\.web2sme\testfiles\Regel 05 - Sonotrodenfreigang.pdf
2013-06-26 11:08:42.291 DEBUG de.atb.web2sme.monitoring.parser.KiParser.checkIfToBeIndexed(KiParser.java:84) - Checking if knowledge-item C:\Users\UWHYBW2\.web2sme\testfiles\Regel 05 - Sonotrodenfreigang.pdf is already indexed...
2013-06-26 11:08:42.322 DEBUG de.atb.web2sme.monitoring.parser.KiParser.checkIfToBeIndexed(KiParser.java:105) - Knowledge-item is already indexed
2013-06-26 11:08:42.338 DEBUG de.atb.web2sme.monitoring.threads.FSMonitor.iterateFiles(FSMonitor.java:199) - Finished file C:\Users\UWHYBW2\.web2sme\testfiles\Regel 05 - Sonotrodenfreigang.pdf
  
```

**Abbildung 34: Indexer beim Hinzufügen und Aktualisieren der Dokumente auf dem Server**

Die Aufgabe der Suche ist es, die Ergebnisse der Suchanfrage übersichtlich und strukturiert anzuzeigen. Dabei werden die Ergebnisse nach den oben genannten Kategorien unterteilt, welche durchsucht wurden.

Zusätzlich ist eine Gewichtung nach der Häufigkeit der gefundenen Suchbegriffe möglich: Je öfter ein Begriff in einem Dokument vorkommt, desto höher seine Einstufung bei den Ergebnissen. Klickt der Nutzer nun auf ein Ergebnis, wird er auf die jeweilige Seite gebracht und kann sich das dort vorhandene Wissen aneignen.

Eine weitere Besonderheit der Suchfunktion ist die Suche nach Begriffen, welche die gleiche Bedeutung haben. Diese müssen allerdings vorher in einem Dokument definiert werden. Gibt der Nutzer beispielsweise den Begriff „Hohldom“ in der Suche ein, erscheinen auch Ergebnisse, wo das Wort „Schweißdom“ häufig verwendet wird. Diese Funktion ist deshalb so sinnvoll, da viele Entwickler und SET-Mitglieder den gleichen Fachausdruck meinen, jedoch einen anderen Begriff dafür verwenden. Um diese sprachliche Barriere zu umgehen und Missverständnisse bei der Wissensdarstellung zu vermeiden, wurde diese Maßnahme beschlossen.

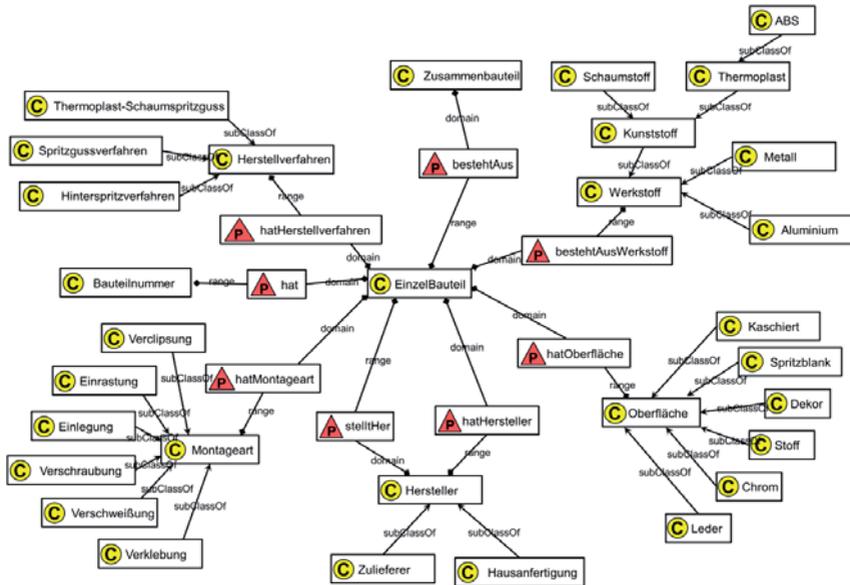
Der Vorteil der Benutzung der Lucene-Indizierung liegt darin, dass die Software nur die relevanten Informationen einer jeden Datei und (Teil-) Datenbank berücksichtigt und man sich dadurch Arbeit erspart. Der Index besitzt nur einen Bruchteil der Größe sämtlicher zu durchsuchenden Objekte und es lassen sich relevante Begriffe wesentlich schneller auffinden (The Apache Software Foundation, 2013).

Da der Lucene Indexer kontinuierlich aktiv ist, werden neu hinzugefügte Dokumente oder Datenbankeinträge innerhalb kurzer Zeit zum Index hinzugefügt und erscheinen damit in den Suchergebnissen. Eine übersichtliche Darstellung und Erläuterung weitere Funktionen der Lucene-Suchmaschine findet sich unter (Heidenreich, 2013).

#### **3.6.4 Einbindung der Ontologie**

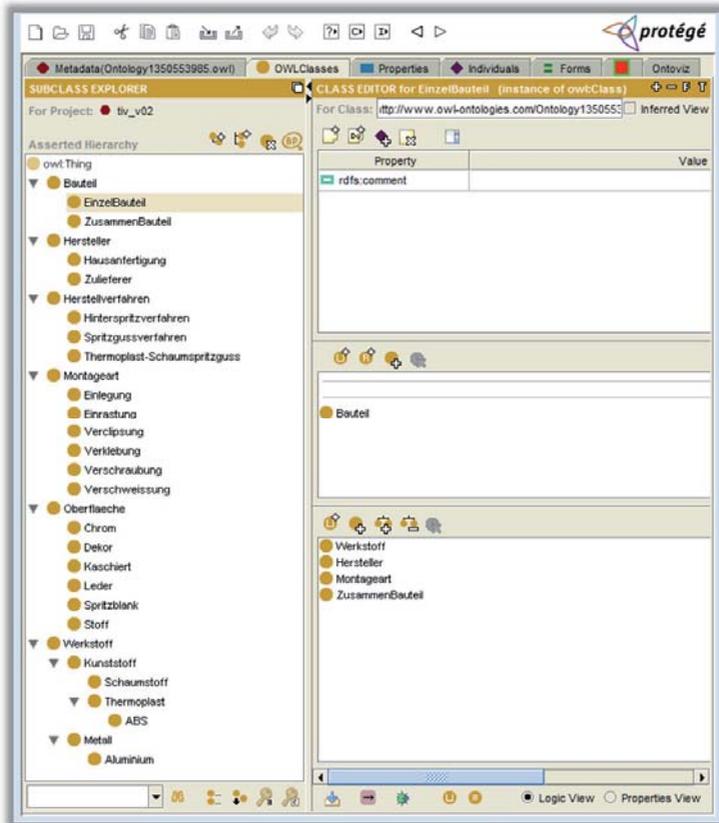
Für eine weitere Erhöhung der Qualität der Ergebnisse, um dem Nutzer der wissensbasierten Softwareumgebung das für ihn relevante Wissen zur Verfügung zu stellen, wurde eine Ontologie für die unterschiedlichen Bauteile konzipiert und umgesetzt. Diese wurde mit dem Ontologie-Editor Protégé 3.5 ausgearbeitet und dann in die Wissensumgebung implementiert.

In Bezug auf die in Abschnitt 2.6 genannte Beschreibung wurde eine Darstellungsweise im OWL Format gewählt. Bei der Ausarbeitung der Ontologie musste dabei beachtet werden, dass diese Strukturierung zum einen nicht zu allgemein definiert ausfallen sollte, da sie so zu unkonkret und nichtssagend ist. Zum anderen darf sie aber auch nicht zu speziell und detailliert gefasst werden, sonst lässt sich diese Ontologie nicht auf alle Zusammenbauteile anwenden, welche im Bauteillebenslauf angelegt werden sollen.



**Abbildung 35: Graph einer dezentral aufgebauten Ontologie eines Bauteils**

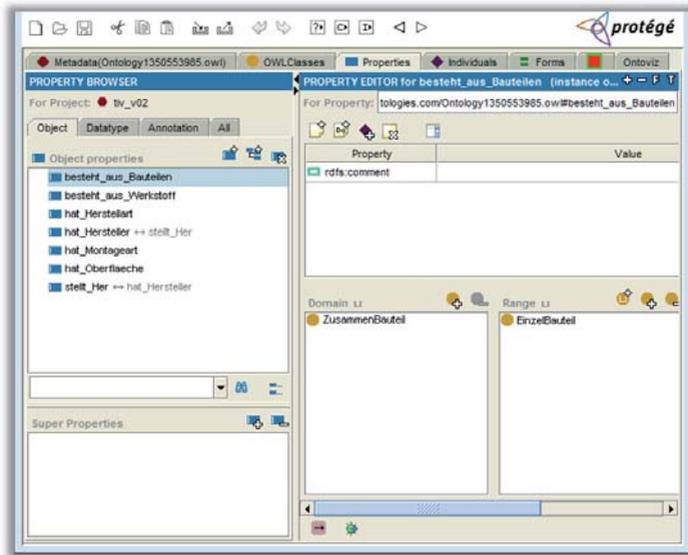
In Abbildung 35 ist ein Beispiel für eine Ontologie aufgezeigt, wie sie in der wissensbasierten Softwareumgebung zur Anwendung kommt. Anhand dieser Ontologie ist es möglich, das Wissen rund um die Beziehungen zwischen den Bauteilen und ihren Eigenschaften zu beschreiben. Dabei handelt es sich nicht wie in Abbildung 19 um eine hierarchisch aufgebaute Ontologie, sondern um eine zentral gegliederte Ontologie. Die hier „Türverkleidung“ genannte Ontologie im OWL Format hat als zentralen Baustein das Einzelbauteil. Um dieses Einzelbauteil, welches im Bauteillebenslauf bereits eindeutig definiert ist, wurde eine klare und strukturierte Gliederung der Instanzen (Klassen ) und Eigenschaften (Properties ) und Mitglieder von Klassen (Individuals) herum definiert. Abbildung 36 veranschaulicht diese Gliederung des ZSB Türinnenverkleidung in verschiedene Klassen in Protégé:



**Abbildung 36: Übersicht aller Klassen des ZSBs Türinnenverkleidung**

In OWL ist eine Klasse definiert als die Sammlung von Objekten, welche sich die gleichen Eigenschaften teilen. Können diese Objekte noch weiter definiert und unterteilt werden, macht eine Einteilung in Unterklassen Sinn. So hat die Instanz Oberfläche weitere beschreibende Mitglieder, z.B. Leder, Stoff oder spritzblank. Da diese Mitglieder nicht mehr weiter unterteilt werden, werden sie in OWL als unterste Klassen bzw. Individuen deklariert.

Neben anderen Klassen hat das Einzelbauteil im Zentrum der Ontologie verschiedene Eigenschaften. So hat es beispielsweise eine bestimmte Oberfläche und besteht aus einem bestimmten Werkstoff.



**Abbildung 37: Definition der Eigenschaften des ZSBs Türinnenverkleidung**

In Abbildung 37 ist zu erkennen, dass sich hier bereits zwei Eigenschaften gegenteilig (invers) verhalten: So hat jedes Bauteil einen Hersteller. Der Hersteller stellt gegenteilig dazu ein Bauteil her. Eine Instanz kann beliebig viele „Properties“ haben.

Der Veranschaulichung und dem weiteren Verständnis soll deshalb ein Beispiel folgen:

In jedem Automobil befindet sich auf der Innenseite der Fahrzeurtüren die sog. Türinnenverkleidung (TIV). Bei dieser handelt es sich um einen Zusammenbau (ZSB) aus mehreren Einzelteilen, welche z.B. in Abbildung 26 aufgelistet sind. Alle diese Teile besitzen mehrere Eigenschaften. So hat jedes Teil eine Teilenummer, eine bestimmte Oberfläche, besteht aus einem bestimmten Werkstoff oder Material, wird in einem bestimmten Fertigungsprozess hergestellt, wird auf eine bestimmte Art und Weise verbaut bzw. montiert, und wird von einem bestimmten Hersteller gefertigt. Der Übersichtlichkeit und Verständlichkeit halber soll es bei diesen sechs Eigenschaften bleiben. Eine weitere Unterteilung und Gliederung in Eigenschaften und Verknüpfung der Properties ist aber problemlos möglich.

Durch die Zuordnung von verschiedenen Eigenschaften zu einem Bauteil ist es nun möglich, dass die wissensbasierte Softwareumgebung dem Nutzer auf der Bauteilseite andere Bauteile und Projekte vorschlägt, die ähnliche Eigenschaften besitzen. Hat ein Bauteil aus einem vorangegangenen Projekt beispielsweise die gleiche Oberfläche, den gleichen Herstellprozess und den gleichen Hersteller, wird eine Verlinkung zu diesem Bauteil präsentiert. Der Nutzer kann sich nun dieses Teil mit seinen Änderungen anschauen und sich das zu diesem Bauteil gehörende Wissen aneignen, was als Internalisierung bekannt ist.

Die Einbindung der OWL-Dateien aus Protégé erfolgt über den Lucene Indexer, welcher darauf angepasst wurde, die dort enthaltene Ontologie zu verarbeiten. Alternativ kann der Bauteilverantwortliche über die Oberfläche dem Bauteil die jeweiligen Eigenschaften zuordnen (Abbildung 38).

The screenshot shows a software interface for assigning properties to a part. At the top, there is a 3D model of a part. Below it is a search button labeled 'Durchsuchen...'. To the right of the model, there is a list of properties with blue links: 'Sonotrodenkopfdurchmesser', 'Einseitiger Auflageebene', 'schweißdomes', 'Dicke', and 'Entformungsschragen'. Below the search button is a 'Kommentar' field with the text: 'Umfang HT', 'Material: Daplen HPTT', 'Oberfläche: gespritzt, genarbt', and 'Montageart: Verschweißung, Verklipsung'. Below the comment field is a section titled 'Optional für Ontologie' with several dropdown menus: 'Montageart' (set to 'Verschweißt'), 'Oberfläche' (set to 'Spritzblank'), 'Hersteller' (set to 'Hausanfertigung'), 'Material' (set to 'Kunststoff'), and 'Herstellverfahren' (set to 'Spritzgussverfahren'). Below these dropdowns is a list of other manufacturing processes: 'Thermoplast-Schaumspritzgießen', 'Spritzgussverfahren', and 'Hinterspritzverfahren'. At the bottom left, there is a 'Speichern' button.

Abbildung 38: Zuordnung der verschiedenen Eigenschaften des Bauteils

### 3.6.5 Entscheidungsunterstützung

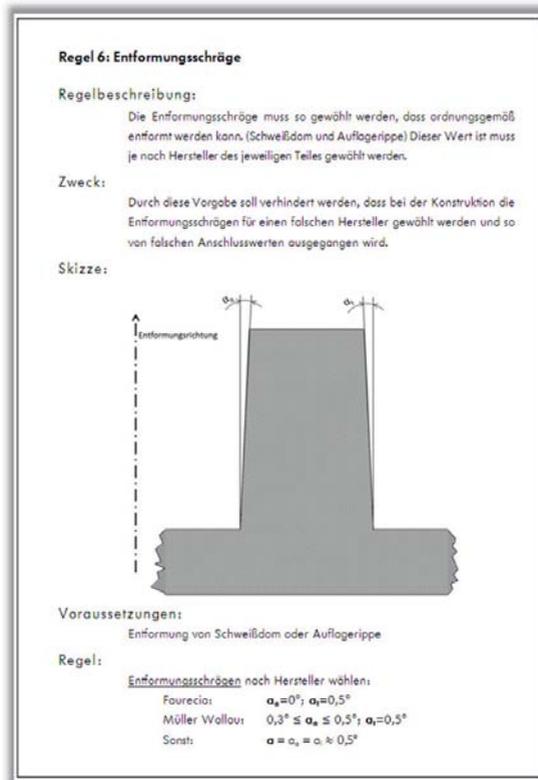
Zusätzlich zu den in den oben aufgeführten Methoden der Wissensrepräsentation sind im Bauteillebenslauf noch einige weitere Werkzeuge implementiert, um dem

Entwickler den Zugriff auf das in der Datenbank gespeicherte Wissen zu erleichtern und seine nächsten Schritte vorherzusehen und ihm die Entscheidungsunterstützung zu erleichtern. Dies alles hat das Ziel, ihm Instrumente zur Verfügung zu stellen, mit dem er schnell und effektiv zu dem Wissen aus bisherigen Projekten geleitet wird, welches er benötigt, um das aktuelle Bauteil bestmöglichst auslegen und entwerfen zu können.

Diese Tools und Funktionen werden nachfolgend erläutert:

### *Konstruktionsregeln*

Direkt unter den Bauteilmerkmalen auf der Bauteilübersicht werden dem Entwickler sog. Konstruktionsregeln aufgelistet. Bei diesen Konstruktionsrichtlinien handelt es um Regeln und Entscheidungshilfen zur Bauteilauslegung für die Konstrukteure. Diese Regeln sind eine weitere Möglichkeit, das implizit vorhandene Expertenwissen in eine eindeutig definierte, visualisierte Form zu bringen. Sie können nach unterschiedlichen Bereichen gegliedert werden, z.B. dem Kunststoffschweißen. Dabei sind die Konstruktionsregeln universell formuliert, so dass sie auf verschiedene Bauteile übertragen und angepasst werden können. Eine Regel besteht immer aus einer Beschreibung, dem Zweck, einer veranschaulichenden Skizze, den Voraussetzungen und der Regel an sich, an welche der Konstrukteur sich halten sollte (Mozdzanowski, 2012). Ein Beispiel für eine solche Regel zeigt Abbildung 39:



**Abbildung 39: Beispiel für eine Konstruktionsrichtlinie zur Entformung eines Bauteils (Mozdzanowski, 2012)**

Die Zuordnung zwischen Bauteil und Regel übernimmt dabei die Ontologie (Abschnitt 3.6.4). So werden z.B. bei Bauteilen, die verschweißt werden, Konstruktionsregeln über die Verschweißung von Kunststoffen und die Auslegung von Schweißdomen aufgelistet. Bei Bauteilen, die aus einem bestimmten Werkstoff sind, werden Materialdatenblätter und Prüf- sowie Qualitätsvorschriften angezeigt. Auch hier erfolgt ein Vergleich von Worthäufigkeiten, wenn es zu viele Übereinstimmungen geben sollte.

Wichtig bei dieser Form der Repräsentation von Wissen sind die Aktualität der Dokumente und die standardisierte Formatierung. Geänderte oder neue Dokumente

können vom Administrator als PDF- oder Microsoft Office Dokument auf den Server importiert werden.

### *Tagcloud*

Die Tagcloud auf der Übersichtsseite des Bauteils (Abbildung 27, rechte Spalte) stellt eine Sammlung der häufigsten Begriffe und Fachtermini dar, welche in den Änderungsbeschreibungen und Änderungsgründen des Bauteils genannt werden. Das ermöglicht dem Benutzer, sich eine schnelle Übersicht über die häufigsten Änderungen zu verschaffen.

Klickt er auf ein Wort in der Tagcloud, öffnet sich die Übersichtsseite, welche schon aus der Suche bekannt ist. Dort erfolgt die Auflistung nach Bauteilen, Änderungen, Änderungsblättern und Konstruktionsregeln, in denen das angeklickte Wort erwähnt wird.

### *FMEA-Blätter*

Analog zu den Konstruktionsregeln können auch Excel-Tabellen, die das Wissen über Prozess-FMEAs oder Konstruktions-FMEAs enthalten, indiziert werden und werden so bei dem entsprechenden Bauteil in der Bauteilübersicht aufgeführt. Dabei werden die einzelnen Zellen und Blätter einer Excel-Datei vom Indexer durchsucht. Sollte die Datei eines oder mehrere der gesuchten Wörter einer Suchanfrage enthalten, wird sie in den Suchergebnissen aufgeführt.

### *Vorschläge an den Konstrukteur anhand der Ontologie*

Stimmen mehrere Attribute (Properties) eines Bauteils (z.B. Oberfläche, Werkstoff, Montageart) mit einem Bauteil aus einem alten Projekt übereinstimmen, dann wird dem Entwickler auf der Bauteilseite der Vorschlag unterbreitet, sich auch dieses Bauteil anzusehen. Diese Vorschläge bieten dem Entwickler die Möglichkeit, sich das Wissen aus einem ähnlichen Bauteil eines vergangenen Projekts anzueignen. Daraus kann er präventiv Maßnahmen zur Bauteiloptimierung erzeugen, um möglichen zukünftigen Problemen bei Prototypentests mit dem Bauteil vorzubeugen.

### 3.6.6 Technische Umsetzung

Die Programmierung des neuartigen Konzepts der wissensbasierten Softwareumgebung in Form des Bauteillebenslaufes fand in Zusammenarbeit mit dem LeanPPD-Projektpartner ATB statt. Im Rahmen dieser Arbeit wurde das erarbeitete Konzept an die Anforderungen und Bedürfnisse der Entwickler der Volkswagen AG angepasst.

Um daher eine Lösung zu präsentieren, die einfach und für jeden SET-Mitarbeiter zugänglich ist, wurde eine browserbasierte Anwendung gewählt, welche sich aus vielen kostenfreien Programmen und Tools zusammensetzt, die im Folgenden kurz erläutert werden:

Die Oberfläche der wissensbasierten Softwareumgebung wurde mit der Hypertext Markup Language (HTML) als Seitensprache und Hypertext Preprocessor (PHP) als Skriptsprache umgesetzt (The PHP Group, 2013), wodurch eine ansprechende und übersichtliche Benutzeroberfläche gewährleistet werden kann. Ebenso werden Datenbanken und diverse Internet-Protokolle von PHP unterstützt. Vorlagen und Unterstützung (bspw. Eingabefelder und Dialoge mit dem Nutzer) für den Seitenaufbau in PHP und die Entwicklungsumgebung der PHP-Programmiersprache kommen vom CodeIgniter Framework (EllisLab, Inc., 2013). Über eine feste IP-Adresse in der Eingabezeile eines Browsers, z.B. dem Internet Explorer von Microsoft oder Firefox von Mozilla, kann so die KBE aufgerufen werden.

Die KBE selbst befindet sich auf einem Volkswagen internen Server, welcher mit Microsoft Server 2008 als Betriebssystem funktioniert. Die Erreichbarkeit des Servers über das Intranet und die Abrufbarkeit des PHP-Protokolls kann mit Apache Tomcat eingerichtet und gewährleistet werden (The Apache Software Foundation, 2013).

Die Datenbank wird mit dem populären Datenverwaltungsprogramm MySQL betrieben, welches sich dadurch auszeichnet, ideal mit den oben genannten Anwendungen zusammenzuarbeiten und zudem die Grundlage für viele dynamische Webseiten darstellt.

Zusammen ergeben die vier oben genannten Softwareprodukte die sog. WAMP (Windows-Apache-MySQL-PHP)-Umgebung und zeichnen sich durch eine hohe Systemkompatibilität, eine preiswerte Beschaffung und eine einfache Bediener- und Programmierfreundlichkeit aus.

Zusätzlich zu diesen Komponenten sind weitere Internet-Entwicklungstool in der wissensbasierten Softwareumgebung implementiert.

Für die Suchfunktion und die semantische Indizierung findet mit der Software Apache Lucene statt. Diese ist eine Programmbibliothek und dient der Volltextsuche (The Apache Software Foundation, Lucene Features, 2013).

Die Einbindung der Dokumente (z.B. Konstruktionsregeln und K-FMEA-Blätter) für die semantische Indizierung macht das Programm Web2SME (Ubieta, 2013).

Die konzeptionelle Formulierung der Ontologie kann mit dem Ontologie-Editor Protégé 3.5 alpha (Stanford Research Center for Biomedic Information, 2013) umgesetzt werden. Damit können die in Abschnitt 2.6 und 3.6.4 erwähnten bauteilbezogenen Ontologien in expliziter Form formuliert und damit in die KBE übertragen werden. Ein Tool, mit dem sich die Ontologie und die Beziehungen zwischen den Objekten sehr gut visuell darstellen lassen, ist das Protégé GraphViz OWL Plugin 2.30.1 der Open Source Darstellungssoftware für Graphen (AT&T Research, 2013).

## 4 Ergebnisse

Die neu konzipierte wissensbasierte Softwareumgebung stellt dem Entwickler das Wissen der vergangenen Projekte über den strukturierten Aufbau und die implementierten Hilfen und Werkzeuge in der Softwareoberfläche zur Verfügung. Den Kern der wissensbasierten Softwareanwendung bilden die semantischen Technologien aus dem Web 2.0, welche es möglich machen, dem Konstrukteur unterschiedliches Produktwissen strukturiert und wiederauffindbar zu repräsentieren. Durch die flexible Anpassungsfähigkeit von semantischen Netzen und Ontologien lässt sich Wissen, welches durch konstruktive Änderungen am Bauteil generiert wurde, sinnvoll ergänzen und dem Entwickler dadurch qualitativ hochwertige Vorschläge bei der Konstruktion des Bauteils liefern.

Insbesondere durch das Anfertigen einer Ontologie für das Bauteil, welche die verschiedenen Eigenschaften und Zusammenhänge des Bauteils beschreibt, können dem Entwickler auf der Bauteilseite Verlinkungen zu Bauteilen mit ähnlichen Eigenschaften vorgeschlagen werden. Die aufgezeigten, ähnlichen Bauteile aus parallelen oder vorangegangenen Projekten unterstützen ihn deutlich bei der Auslegung und Optimierung des Bauteils (Abbildung 40).

**Sonotrodenkopfdurchmesser**  
[Einseiter Auflageebene](#)  
[schweißdomes](#)  
[Dicke](#)  
[Entformungsschragen](#)

Durchsuchen...

**Kommentar**  
 Umfang HT  
 Material: Daplen HPTT  
 Oberfläche: gespritzt, genarbt  
 Montageart: Verschweißung, Verklipsung

**Optional für Ontologie**

Montageart: Verschweißt  
 Oberfläche: Spritzblank  
 Hersteller: Hausanfertigung  
 Material: Kunststoff  
 Herstellverfahren: Spritzgussverfahren

Speichern

**Ontologie verwandte Bauteile**  
[Rahmenteil HI \(4 Treffer\)](#)  
[Rahmenteil VO \(4 Treffer\)](#)  
[Rahmenteil \(4 Treffer\)](#)  
[Steg \(3 Treffer\)](#)  
[Brüstung VO \(3 Treffer\)](#)  
[Brüstung \(2 Treffer\)](#)  
[Einsatzteil VO \(2 Treffer\)](#)  
[Griffsch. Oberteil \(2 Treffer\)](#)  
[Brüstung \(2 Treffer\)](#)  
[Brüstung VO \(2 Treffer\)](#)  
[Zierblende \(2 Treffer\)](#)

**Bauteillebenslauf**

Änderungsnummer	TM vorher	TM nachher	Veranlasser	Beschreibung	Vorher
	TM 17 31.05.2011	TM 20 15.07.2011		3 Durchbrüche für Clipaufnahmen eingefügt	

Lokales Intranet | Geschützter Modus: Inaktiv | 100%

**Abbildung 40: Entscheidungsunterstützung des Entwicklers mit passenden Vorschlägen in der Ontologie und Tagcloud**

Auch die dem Entwickler über die Tagcloud und Konstruktionsregeln präsentierten Ergebnisse helfen ihm weiter bei seiner Arbeit.

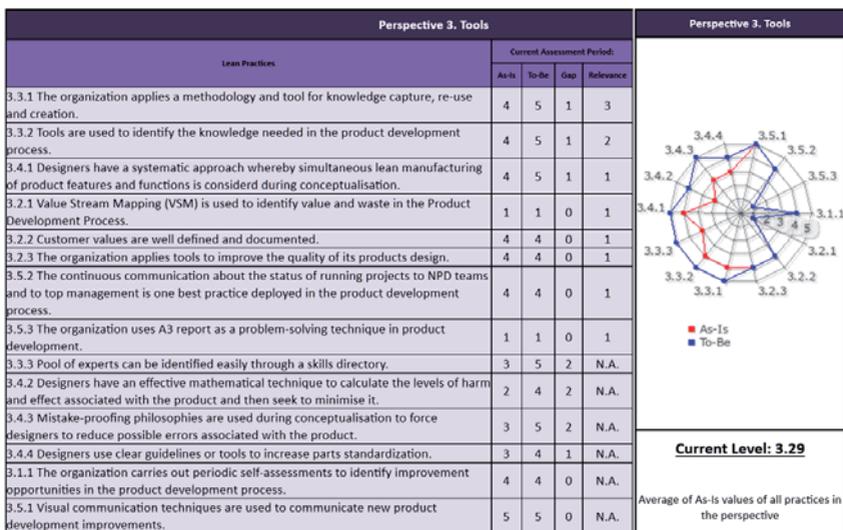
Um die Praxistauglichkeit des neuen Ansatzes einer wissensbasierten Softwareumgebung unter Beweis zu stellen, konnte diese erfolgreich in den Produktentwicklungsprozess im Geschäftsfeld Kunststoff der Volkswagen AG in

Wolfsburg implementiert werden. Anhand mehrerer Fahrzeugprojekte und Bauteilgruppen erfolgte die Erprobung und Evaluation des Prototyps.

Die Anwendung hat aktuell den Stand einer finalen Testumgebung und wird von den Entwicklern und Mitgliedern des SETs kontinuierlich zur Erfassung der Bauteiländerungen und des damit verbundenen Wissens genutzt. Dadurch wächst der Daten- und Wissenstand in der Wissensumgebung und bietet damit den Nutzern einen immer größer werdenden Pool an Erfahrungen und Wissen zur optimalen Auslegung des Bauteils. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass je mehr Wissen sich in der KBE befindet, dies sich auch auf die Qualität der Vorschläge an den Entwickler positiv auswirkt, da einfach mehr ähnliche Vorschläge unterbreitet werden können.

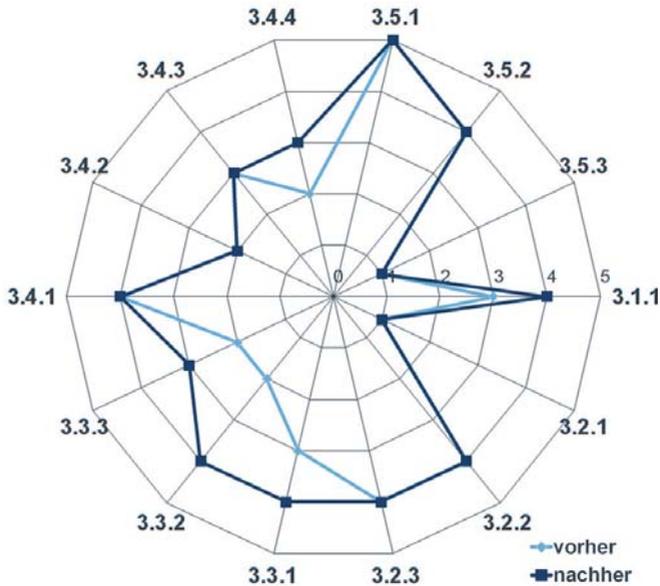
### Lean Self-Assessment Tool

Nach der Implementierung der KBE in den Produktentwicklungsprozess wurde das in Abschnitt 3.3 erläuterte Self-Assessment erneut durchgeführt und die Ergebnisse können aus Abbildung 41 entnommen werden:



**Abbildung 41: Ergebnisse der Perspektive Werkzeuge & Tools nach Implementierung der KBE**

Der Vergleich zu der vor der Umsetzung der Anwendung durchgeführten Studie, welche in Abbildung 22 dargestellt ist, kann in Abbildung 42 nachvollzogen werden:



**Abbildung 42: Vorher-Nachher-Vergleich des Self-Assessments im Spinnennetzdiagramm**

Bei näherer Betrachtung und Analyse lassen sich dazu folgende Dinge feststellen:

- Der Stand der Statements 3.3.1, 3.3.2 und 3.3.3, welche sich direkt mit dem Wissensmanagement in der Abteilung auseinander, konnten um einen bzw. zwei Punkte verbessert werden.
- Auch der Wert von Punkt 3.4.4 konnte durch die Einführung der Konstruktionsrichtlinien angehoben werden.
- Bei den Statements 3.3.2 und 3.3.3 wurde in der finalen Befragung der To-Be-Wert, also der gewünschte Stand bei dieser Aussage, von den Befragten angehoben. Bei diesen beiden Statements erkannten die Befragten noch Verbesserungspotenzial und waren der Meinung, dass durch die positive Implementierung der KBE ein weiterer Bedarf an Methoden und Tools existiert, um das Wissensmanagement in dieser Abteilung zu verbessern.

- Durch die Einführung der KBE konnte der Gesamtwert in der Perspektive Werkzeuge und Tools auf einen Wert von 3,29 angehoben werden, was einer Verbesserung um 0,43 Punkte entspricht.

Über sämtliche vier Perspektiven des Lean Self-Assessments konnten sich die Werte in einigen Bereichen, in denen es um einen strukturierten Ablauf in der Produktentwicklung und den nachhaltigen Nutzen von Expertenwissen geht, verbessern.

### *Lean Knowledge Life Cycle*

Der neu definierte Ablauf der Dokumentation von Änderungen zur Erfassung, Speicherung und dem Aufruf von Wissen erfolgte analog zu dem in Abschnitt 2.3.2 erwähnten LeanKLC. Durch die Wiederholbarkeit der Prozesse der Änderungsdokumentation können die Phasen des LeanKLC auf die einzelnen Schritte des neuen Ablaufs projiziert werden:

Während für die erste Phase (Wissensidentifikation) die Dokumentation von Änderungen ausgewählt wurde, wurden für Phase 2 (Erfassung von Wissen aus bisherigen Projekten und Fachwissen) einige ausgewählte Änderungsblätter in die KBE eingegeben, um bereits über einen gewissen Wissensstand zu verfügen.

Die restlichen fünf Phasen finden dagegen kontinuierlich statt:

In der Wissensdarstellung (Phase 3) gibt der Entwickler sein implizites Wissen über die Inhalte und Gründe der Änderungen über die Eingabemasken ein und expliziert das Wissen dadurch und macht es digital weiter verarbeitbar. Durch die strukturierte Datenbank kann dieses Wissen in Phase 4 (Wissensverteilung) sinnvoll und übersichtlich abgelegt und zur Weiterverarbeitung gespeichert werden. Über die Oberfläche des Bauteillebenslaufes (Phase 5) wird dem Nutzer nun dieses Wissen in Form der Änderungen, Konstruktionsregeln, Änderungsblätter und weiteren Dokumenten zur Verfügung gestellt (Phase 6). Über die dynamische Wissenserfassung der siebten Phase kann der Entwickler nun neue Änderungen an seinem Bauteil dokumentieren und damit den Wissensstand die KBE aktualisieren und vergrößern.

### *Rückblick/Zusammenfassung*

Die vorliegende Doktorarbeit verdeutlicht, wie komplex Wissensmanagement in der Produktentwicklung sein kann. Da viele Einzelschritte im Produktentstehungsprozess sehr stark vom jeweiligen Projekt und / oder Bauteil abhängen und daher nicht planbar sind und viele Einflüsse von außen auf das zu entwickelnde Produkt und die dazugehörigen Prozesse einwirken, ist es nicht einfach, in dieser Phase des Produktlebenszykluses das dafür relevante Wissen sinnvoll und nachhaltig zu erhalten.

Mit Hilfe des neuen Ansatzes der KBE vermindert sich der Aufwand, den der Entwickler auf der Suche nach Wissen aus vorherigen Projekten hat.

Dadurch kann die Verschwendung im Rahmen der Produktentwicklung und insbesondere der Konstruktion entscheidend verringert werden und so ein großer Beitrag zum Thema Lean Development geleistet werden.

Die sich daraus ergebende frühzeitige Produktbeeinflussung und -optimierung und das fertigungsgerechte Gestalten der Bauteile können Zeit und Kosten einsparen, da nun weniger Optimierungsschleifen und Prototypenversuche in den späteren Phasen des Projektes anfallen (Furian & Grote, 2011).

## 5 Schlussfolgerung und Ausblick

### *Resümee*

Während der Ausarbeitung des diskutierten Forschungsthemas hat sich gezeigt, dass es möglich ist, an das Wissen der Fachexperten zu gelangen. Dies gelingt unter der Einschränkung, dass man das Expertenwissen kontinuierlich während eines laufenden Projektes in einem einfachen, unterstützenden Prozess erfasst. Dieser Prozess muss in Kombination mit einer softwarebasierten Anwendung laufen, um dieses Wissen in digitaler Form abzuspeichern und den Mitarbeitern zukünftig wieder zur Verfügung zu stellen.

Um dem Leser den Einstieg in dieses sehr umfangreiche Thema zu erleichtern, wurden zu Beginn der Arbeit die einzelnen Themengebiete Wissen, Produktentwicklung und Semantik bzw. semantische Technologien ausführlich vorgestellt und untersucht. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde ein neues Konzept einer KBE vorgestellt, entwickelt und umgesetzt. Dazu mussten die in Abschnitt 3.5 aufgezählten Anforderungen an eine wissensbasierte Entwicklungsumgebung erfüllt werden.

Über den neuen Ansatz der Knowledge Based Environment und der damit verbundenen Werkzeuge konnte es realisiert werden, dass ein bestimmter Teil des Expertenwissens des Entwicklers im Sinne der schlanken Produktentwicklung erfasst, gespeichert und für zukünftige Projekte sinnvoll und strukturiert wieder zur Verfügung gestellt werden kann, um die Generierung von neuem Wissen für die aktuellen Projekte zu fördern.

Dazu muss das relevante implizite Expertenwissen zuerst erfasst und in eine digitale Form (explizit) gebracht werden. Dies geschieht in einem Arbeitsablauf, welcher für den Entwickler keinen Mehraufwand bedeutet, da dieser Prozess ohnehin durchgeführt werden muss. Das neue Konzept hat nun jedoch dafür gesorgt, dass dieses Wissen übersichtlicher, deutlicher und auch für alle projektrelevanten Personen abrufbar und nutzbar ist.

Zusammenfassend ergeben sich damit folgende Vorteile durch die Nutzung der KBE:

- Direkte Bereitstellung des Expertenwissens aus der Änderungsdokumentation und weiterer technischer Dokumente
- Zugriff auf aktuelle, ähnliche und vergangene Projekt- und Produktdaten
- Übersichtlicher Prozessablauf zur Vermeidung von Verschwendung in der Produktentwicklung.

Diese Punkte sorgen dafür, dass durch eine Software ein immenser Teil des Expertenwissens der Produktentwickler die Nachhaltigkeit und Wiederverwendbarkeit von Wissen fördert und durch diese Lösung das Wissensmanagement im Konstruktionsprozess gefördert werden kann.

#### *Erkenntnisse / Eigene Reflektion / Nachteile*

Eine weitere Erkenntnis der Arbeit an dieser Promotion war, dass es sonst nur sehr schwierig ist, an das Expertenwissen der Fachkräfte zu gelangen. Dies liegt überwiegend daran, dass dies sonst einen zusätzlichen Aufwand für die Mitarbeiter darstellt, aus dem sie keinen direkten Nutzen für ihre tägliche Projektarbeit ziehen kann. Durch eine Vorgehensweise, welche dem Entwickler seine tägliche Arbeit erleichtert und für ihn mehr Nutzen bedeutet als er an Aufwand investiert, resultiert eine Akzeptanz und Sensibilisierung des Mitarbeiters zum System und dem Thema Wissensmanagement. Daraus steigt die Motivation des Mitarbeiters, nach dieser Vorgehensweise zu arbeiten und die Anwendung zu nutzen.

Nichtsdestotrotz wird jedoch weiterhin eine verantwortliche Person benötigt, welche sich um das Wissensmanagement kümmert. Dazu gehören die Pflege und Aktualisierung der wissensbasierten Anwendung sowie die Sensibilisierung und Schulung von alten Mitarbeitern für die KBE und das Thema Wissensmanagement.

Die wissensbasierte Umgebung ist jedoch nicht dazu geeignet, die bestehenden Systeme, welche in der Produktentwicklung bei Volkswagen verwendet werden, abzulösen. Sie dient der sinnvollen Ergänzung zu den 3D-CAD-Anwendungen und

---

PDM-Lösungen zum Verwalten der Konstruktionsdaten, und der Etablierung eines Wissensmanagementsystems, um Problemlösungsansätze und Lessons Learned Ergebnisse aus vorigen Fahrzeugprojekten auch in Zukunft sinnvoll nutzen zu können.

Ein Nachteil der Umgebung ist es, dass das Wissen zur Problemlösung eines vergangenen Projekts in vielen Fällen nicht 1:1 übernommen werden kann. Grund ist die einzigartige Charakteristik eines jeden Bauteils und die damit einhergehende Lösung. Jedoch liefert das System dem Benutzer das Erfahrungswissen aus anderen Projekten und Bauteilen, welches dieser mit seinem eigenen, impliziten Expertenwissen kombinieren kann, um daraus neues Wissen zu generieren, was er zum Lösen von aktuell vorhandenen Problemen benötigt.

Der Bauteillebenslauf bietet eine hohe Flexibilität der Wissensrepräsentation und das Wissen kann frei erfasst werden, um die unterschiedlichsten Bauteile zu verwalten. Zur Kehrseite kann sich jedoch entwickeln, dass sich daraus zu viele unterschiedliche Variationen ergeben. Zwar ist es möglich, durch Ontologien und Eigenschaftsdefinitionen von Bauteilen eine gewisse Ordnung und Struktur zu schaffen, so lange allerdings keine allgemeingültige Definition von Ontologien existiert, besteht auch hier das Risiko von Einzellösungen und Wissensinseln. Eine weitere Aufgabe ist es also, ab einer bestimmten Anzahl von Projekten einen Standard für die Systematik der Ontologie und Bauteileigenschaften zu schaffen.

### *Ausblick*

Die Praxisanwendung der wissensbasierten Umgebung konnte veranschaulichen, dass der Prototyp bereits einen sehr guten Reifegrad erreicht hat. Für eine künftige, produktiv eingesetzte Version des Bauteillebenslaufes können noch ein paar Dinge in der Bedienungsfreundlichkeit verbessert werden, beispielsweise das bisherige umständliche Hochladen von Screenshots und das Einpflegen der Dokumente.

Auch kann durch die Einbindung von weiteren Ontologien, welche beispielsweise die Beziehungen der Bauteile untereinander beschreiben, das Wissen noch weiter systematisiert und noch anschaulicher dargestellt werden. Dies könnte auch die

Qualität der Vorschläge, welche die Umgebung an den Entwickler liefert, weiter erhöhen.

Weiterhin können noch zusätzliche Werkzeuge aus dem Web 2.0 und den semantischen Technologien eingesetzt werden, um die Wissensrepräsentation und Entscheidungsunterstützung für den Produktentwickler noch besser und hochwertiger zu gestalten. In dieser Hinsicht besteht noch Forschungsbedarf.

Für den Bauteillebenslauf ist zukünftig vorstellbar, dass dieser nicht nur in der Entwicklungsabteilung des Geschäftsfelds Kunststoffe der Volkswagen AG, sondern auch in anderen Entwicklungsbereichen des Unternehmens, eingesetzt wird. Dazu wäre auch eine Integration in die bestehende IT-Umgebung und die Schaffung zu Schnittstellen mit bestehenden Systemen notwendig, um die einzelnen Prozesse und Übergänge noch weiter zu verschlanken und die Routineprozesse um das Änderungsmanagement zu verknüpfen.

Eine langfristige und deutlich komplexere Herausforderung wäre die Verbindung der Funktionen der wissensbasierten Softwareumgebung mit der vorhandene 3D-CAD-Anwendung. Damit hätte der Konstrukteur eine einzige Anwendung, die er zur Erstellung von 3D-Zeichnungen und der simultanen Erfassung und Darstellung von Expertenwissen und Bauteiländerungen nutzen könnte.

## 6 Literaturverzeichnis

- Al-Ashaab, A., Flores, M., Khan, M., Maksimovic, M., Alam, R., Shehab, E., . . . Sopelana, A. (2010). The Industrial KBE requirements of the LeanPPD model. In M. Garetti, M. Taisch, S. Cavalieri, S. Terzi, & M. Tucci, *International Conference Advances in Production Management Systems (APMS 2010)*. Mailand: Poliscrypt-Verlag.
- Al-Ashaab, A., Molyneaux, M., Doultsinou, A., Brunner, B., Martínez, E., Moliner, F., . . . Knight, G. (2012). Knowledge-based environment to support product design validation. *Knowledge Based Systems* 26, S. 48-60.
- Al-Ashaab, A., Shehab, E., Alam, R., Sopelana, A., Sorli, M., Flores, M., . . . Moore, M. J. (2010). The Conceptual LeanPPD Model. In J. Pokojski, S. Fukuda, & J. Salwinski, *New World Situation : New Directions in Concurrent Engineering : Proceedings of the 17th ISPE International Conference on Concurrent Engineering* (S. 339-346). Berlin: Springer-Verlag.
- Al-Laham, A. (2003). *Organisationales Wissensmanagement: Eine strategische Perspektive*. München: Vahlen-Verlag.
- AT&T Research. (30. April 2013). *Main Page*. Von Graphviz - Graph Visualization Software: <http://www.graphviz.org/Home.php> abgerufen
- Audi AG. (21. Februar 2013). *Lieferanten und Partner Anwendungsübersicht*. Von B2B-Anwendungen: [HyperKVS: http://www.audi.de/de/brand/de/lieferanten\\_\\_partner/lieferanten\\_und\\_partner/info\\_german/anwendungsuebersicht/kvs.html](http://www.audi.de/de/brand/de/lieferanten__partner/lieferanten_und_partner/info_german/anwendungsuebersicht/kvs.html) abgerufen
- Bodendorf, F. (2006). *Daten- und Wissensmanagement*. Berlin: Springer-Verlag.
- Braess, H.-H., & Seiffert, U. (2011). *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Conrad, J. (2010). *Semantische Netze zur Erfassung und Verarbeitung von Informationen und Wissen in der Produktentwicklung*. Saarbrücken: D. Bähre & H. Bley.
- Dalkir, K. (2005). *Knowledge Management in Theory and Practice*. Oxford: Elsevier.

- Dassault Systemes. (03. April 2013). *Überblick Knowledgware und Automation in CATIA V5*. Von CATIA V5 Knowledgware: <http://www.desys.de/PDF/756-1128-022-Flyer-Ausbildung-CATIA-V5-Knowledgware.pdf> abgerufen
- Efrati, A. (15. März 2012). *Google Gives Search a Refresh*. Von Wall Street Journal: [http://online.wsj.com/article\\_email/SB10001424052702304459804577281842851136290-IMyQjAxMTAyMDEwNDExNDQyWj.html#](http://online.wsj.com/article_email/SB10001424052702304459804577281842851136290-IMyQjAxMTAyMDEwNDExNDQyWj.html#) abgerufen
- EllisLab, Inc. (31. Mai 2013). *CodeIgniter User Guide*. Von Welcome to CodeIgniter: <http://ellislab.com/codeigniter/user-guide/> abgerufen
- European Committee for Standardization (CEN/ISSS). (11. 03 2004). *Europäischer Leitfaden zur erfolgreichen Praxis im Wissensmanagement*. Von <ftp://cenftp1.cenorm.be/PUBLIC/CWAs/e-Europe/KM/German-text-KM-CWAGuide.pdf> abgerufen
- Flores, M., & Flores, K. (2010). *LeanPPD: Deliverable 1.3 Lean Readiness Assessment Tool*. Lausanne, Schweiz.
- Form, T. (14. August 2012). *Produktentwicklungsprozess bei einem Automobilhersteller*. Von Vorlesung Elektronische Fahrzeugsysteme 1: [https://www.ifr.ing.tu-bs.de/static/files/lehre/vorlesungen/efs1/Folien\\_FE1\\_Teil2.pdf](https://www.ifr.ing.tu-bs.de/static/files/lehre/vorlesungen/efs1/Folien_FE1_Teil2.pdf) abgerufen
- Forschungszentrum Informatik in Karlsruhe. (30. 04 2013). *KAON Ontology Framework*. Von KAON Ontology Framework: Project Web Hosting - Open Source Software: <http://kaon.sourceforge.net/> abgerufen
- Furian, R., & Grote, K.-H. (2011). Anforderungen an eine wissensbasierte Softwareumgebung im Konstruktionsprozess. In K. Brökel, R. Stelzer, J. Feldhusen, F. Rieg, & K.-H. Grote, 9. *Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik 2011 - Integrierte Produktentwicklung für einen globalen Markt* (S. 66-73). Aachen: Shaker-Verlag.
- Furian, R., von Lacroix, F., Stokic, D., Correia, A., Grama, C., Faltus, S., . . . Beyer, C. (2013). Knowledge Management in Set Based Lean Product Development Process. In C. Emmanouilidis, M. Taisch, & D. Kiritsis, *Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services: Proceedings of the APMS 2012 Conference, Advances in Production Management Systems* (S. 368–375). Berlin: Springer-Verlag.
- Glasl, F., & Brugger, E. (1994). *Der Erfolgskurs schlanker Unternehmen: Impulstexte und Praxisbeispiele*. Wien: Manz-Verlag.

- 
- Grote, K.-H., & Feldhusen, J. (2011). *Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau*. Berlin: Springer-Verlag.
- Gruber, T. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. (A. P. Inc., Hrsg.) *International Journal of Human Computer Studies* Vol. 43 (Issues 5-6), S. 907-928.
- GRUNER Engineering & Design GmbH. (26. Februar 2013). *Produktentstehungsprozess (PEP)*. Von GRUNER Engineering & Design GmbH, Leistungsspektrum, Produktentstehung: [http://www.gruner-gmbh.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=58&Itemid=76&lang=de](http://www.gruner-gmbh.com/index.php?option=com_content&view=article&id=58&Itemid=76&lang=de) abgerufen
- Heidenreich, A. (30. April 2013). *Lucene - Eine einfache Suchmaschine für Freitextsuche*. Von FH Wedel: Themen Informatik-Seminar WS2002/03: Werkzeuge für das Web: <http://www.fh-wedel.de/~si/seminare/ws02/Ausarbeitung/e.lucene/index.html> abgerufen
- Heinecke, A. (2012). *Mensch-Computer-Interaktion - Basiswissen für Entwickler und Gestalter*. Berlin: Springer-Verlag.
- Helbig, H. (2008). *Wissensverarbeitung und die Semantik der Natürlichen Sprache - Wissensrepräsentation mit MultiNet*. Berlin: Springer-Verlag.
- Herman, I. (31. Mai 2013). *W3C Semantic Web Activity*. Von W3C: <http://www.w3.org/2001/sw/> abgerufen
- Hitzler, P., Kröttsch, M., Rudolph, S., & Sure, Y. (2008). *Semantic Web - Grundlagen*. Berlin: Springer-Verlag.
- Hunter Alarcón, R., Ríos Chueco, J., Pérez García, J., & Vizán Idiopé, A. (01. Februar 2010). Fixture knowledge model development and implementation based on a functional design approach. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 26, Issue 1*, S. 56-66.
- Ihnken, B. (23. 01 2013). *Die Wissensstafette bei Volkswagen*. Von [www.autouni.de](http://www.autouni.de). abgerufen
- ISO/IEC TR 9126. (2011). *Software Engineering - Product Quality*. Genf: International Organization for Standardization.
- Kaiser, J., Conrad, J., Köhler, C., Wanke, W., & Weber, C. (2008). Classification of Tools and Methods for Knowledge Management in Product Development. In D. Marjanovic, *Design 2008: Proceedings of the 10th International Design Conference* (S. 809-816). Zagreb: University of Zagreb.

- Kaplan, R., & Norton, D. (1997). *Balanced Scorecard: Strategien erfolgreich umsetzen*. Stuttgart: Handelsblatt-Reihe.
- Klabunde, S. (2003). *Wissensmanagement in der integrierten Produkt- und Prozessgestaltung: Best-Practice-Modelle zum Management von Meta-Wissen*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Knörck, C. (2009). *Intraorganisationaler Wissenstransfer in global agierenden Unternehmen*. Hamburg: Kovač.
- Kratzer, M., Rauscher, M., Binz, H., & Göhner, P. (2011). An agent-based system for supporting design engineers in the embodiment design phase. In S. Culley, B. Hicks, & T. McAllone, *Proceedings of the International Conference on Engineering Design 2011* (S. 168-179). Singapur: Design Society .
- Kurbel, K. (1992). *Entwicklung und Einsatz in Expertensystemen: Ein anwendungsorientierte Einführung in wissensbasierte Systeme*. Berlin: Springer-Verlag.
- Liker, J. (2008). *Der Toyota-Weg: 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns*. München: Finanzbuch-Verlag.
- Löbner, S. (2002). *Semantik - Eine Einführung*. Berlin: Walter de Gruyter Verlag.
- Lübke, T. (2013). Von Prozesswissen-Managementsystem Flyer. abgerufen
- Lucko, S., & Trauner, B. (2005). *Wissensmanagement: 7 Bausteine für die Umsetzung in der Praxis*. München: Hanser-Verlag.
- Maksimovic, M., Al-Ashaab, A., Doultsinou, A., Shehab, E., Flores, M., Haque, B., . . . Furian, R. (2013). Industrial Challenges in Managing Product Development Knowledge in Large Corporations. *KMRP - Knowledge Management Research & Practice (in Review)*.
- Maksimovic, M., Al-Ashaab, A., Shehab, E., & Sulowski, R. (2011). A Lean Knowledge Life Cycle Methodology in Product Development. *Proceedings of the 8th International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management & Organisational Learning* (S. 352-357). Bangkok, Thailand: Academic Publishing Limited, Reading, UK.
- Martens, B. (2008). Fahrzeuganlaufmanagement bei Volkswagen am Beispiel des VW Tiguan. In G. Schuh, W. Stölzle, & F. Straube, *Anlaufmanagement in der Automobilindustrie erfolgreich umsetzen - Ein Leitfaden für die Praxis* (S. 121 - 129). Berlin: Springer-Verlag.

- 
- McGuinness, D., & van Harmelen, F. (27. Mai 2013). *OWL Web Ontology Language Overview*. Von <http://www.w3.org/TR/owl-features/> abgerufen
- Mescheder, B., & Sallach, C. (2012). *Wettbewerbsvorteile durch Wissen*. Berlin: Springer-Verlag.
- Morgan, J., & Liker, J. (2006). *The Toyota Product Development System - Integrating People, Process, and Technology*. New York: Productivity Press.
- Mozdzanowski, J. (2012). *Studienarbeit: Konstruktionsregeln beim Kunststoffschweißen*. Wolfsburg: Volkswagen AG.
- Neumüller, M. (2001). *Hypertext Semiotics in the Commercialized Internet*. Wien: Wirtschaftsuniversität Wien.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (2012). *Die Organisation des Wissens - Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen*. Frankfurt am Main: Campus-Verlag.
- North, K. (2011). *Wissensorientierte Unternehmensführung - Wertschöpfung durch Wissen*. Wiesbaden: Gabler-Verlag.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K.-H. (2007). *Konstruktionslehre - Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung, Methoden und Anwendung* (Bd. 7. Auflage). Berlin: Springer-Verlag.
- Paris, A. (2011). *Deliverable D3.4 - KBE Prototype for Lean Product and Process Development*. Bilbao, Spanien: Tecnalía Research & Innovation.
- Pellegrini, T., & Blumauer, A. (2006). *Semantic Web: Wege zur vernetzten Gesellschaft*. Berlin: Springer-Verlag.
- Pfeifer, T., & Schmitt, R. (2010). *Qualitätsmanagement: Strategien, Methoden, Techniken*. München Wien: Carl Hanser Verlag.
- PLATO. (21. Februar 2013). *PLATO - Lösungsanbieter im Entwicklungs- und Qualitätsmanagementumfeld*. Von PLATO SCIO™-FMEA: <http://www.plato.de/scio-fmea.html> abgerufen
- Probst, G., Raub, S., & Romhardt, K. (2010). *Wissen managen - Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*. Wiesbaden: Gabler-Verlag.
- Puls, F. (24. Juni 2011). *In jeder Sekunde wächst das Wissen, doch die Halbwertszeit des Wissens schrumpft*. Von Wissensmanagement der Zukunft: <http://www.wissensmanagement-der-zukunft.de/in-jeder-sekunde-wachst-das-wissen-doch-die-halbwertszeit-des-wissens-schrumpft/> abgerufen

- Rehäuser, J., & Krcmar, H. (1996). Wissensmanagement im Unternehmen. In G. Schreyögg, & P. Conrad, *Managementforschung 6 - Wissensmanagement* (S. 1-40). Berlin: Walter de Gruyter Verlag.
- Reichenberger, K. (2010). *Kompendium Semantische Netze: Konzepte, Technologie, Modellierung*. Berlin: Springer-Verlag.
- Rumpe, B. (2011). *Modellierung mit UML - Sprache, Konzepte und Methodik*. Berlin: Springer-Verlag.
- Schmitz, C. (29. Mai 2013). *Kostenlose Umfragen erstellen mit LimeSurvey*. Von LimeSurvey: <http://www.limesurvey.org/> abgerufen
- Schuh, G. (2006). Erfolgsfaktor Lean Innovation – Initiierung eines Veränderungsprozesses. 3. *Lean Management Summit - Aachener Management Tage*. Aachen.
- Shapiro, S. (1992). *Encyclopedia of Artificial Intelligence*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Siemens PLM, S. (18. Februar 2013). *Über uns: Siemens PLM Software*. Von Pressemitteilung: WELTWEITE FAHRZEUGENTWICKLUNG VON VOLKSWAGEN UND AUDI KÜNFTIG MIT DER SOFTWARE-PLATTFORM TEAMCENTER VON SIEMENS PLM SOFTWARE: [http://www.plm.automation.siemens.com/de\\_de/about\\_us/newsroom/press/press\\_release.cfm?Component=61301&ComponentTemplate=822](http://www.plm.automation.siemens.com/de_de/about_us/newsroom/press/press_release.cfm?Component=61301&ComponentTemplate=822) abgerufen
- Snowden, D. (2000). The ASHEN Model - an enabler of action. *Knowledge Management*, S. 14-17.
- Sorli, M. (12. Dezember 2012). *Publications - LeanPPD*. Von LeanPPD - Lean Product and Process Development: <http://www.leanppd.org/publications.php> abgerufen
- Stanford Research Center for Biomedic Information. (30. April 2013). *The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System*. Von Welcome to Protégé: <http://protege.stanford.edu/> abgerufen
- Stokes, M. (2001). *Managing Engineering Knowledge - MOKA: Methodology for Knowledge Based Engineering Applications*. London: Professional Engineering Publishing.
- Stuckenschmidt, H. (2011). *Ontologien - Konzepte, Technologien und Anwendungen*. Berlin: Springer-Verlag.

- 
- Szulanski, G. (1996). Exploring Internal Stickiness - Impediments to the Transfer of Best Practice within the firm. *Strategic Management Journal 17: Winter Special Issue: Knowledge and the Firm*, S. 27-44.
- The Apache Software Foundation. (31. Mai 2013). *Apache Tomcat - Welcome*. Von <http://tomcat.apache.org/> abgerufen
- The Apache Software Foundation. (30. April 2013). *Lucene Features*. Von Apache Lucene: <http://lucene.apache.org/core/features.html> abgerufen
- The PHP Group. (31. Mai 2013). Von PHP: Hypertext Preprocessor: [www.php.net](http://www.php.net) abgerufen
- Töppel, J. (2010). *Diplomarbeit: Erarbeitung der Anforderungen der VolkswagenAG an eine wissensbasierte Softwareumgebung im Konstruktionsprozess*. Wolfsburg: Volkswagen AG.
- Ubieta, F. (30. April 2013). *Startseite*. Von WEB2SME: WEB 2.0 Driven Service-Builder für Produkt-Erweiterung in Global Acting KMUs: <http://www.web2sme.eu/> abgerufen
- Verein Deutscher Ingenieure. (1993). *VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*. Verein Deutscher Ingenieure.
- Verein Deutscher Ingenieure. (2002). *VDI-Richtlinie 2243: Recyclingorientierte Produktentwicklung*. Verein Deutscher Ingenieure.
- Verein Deutscher Ingenieure. (2009). *VDI-Richtlinie 5610: Wissensmanagement im Ingenieurwesen - Grundlagen, Konzepte, Vorgehen*. Verein Deutscher Ingenieure.
- Volkswagen AG, I.-C.-C. (2011). *Digitale Ablagen - Übersicht & Anwendungshilfen*. Wolfsburg: Volkswagen AG.
- Volkswagen Group. (01. März 2013). *Volkswagen Group Supply > FAQ*. Von FAQs zur Beschaffung: <http://www.vwgroupsupply.com/b2bpub/zusammenarbeit/geschbereiche/beschaffung/faq.html> abgerufen
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Simon & Schuster, Inc.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2013). *Lean Thinking - Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern*. Frankfurt, New York: Campus-Verlag.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. New York: Simon & Schuster, Inc.

## 7 Glossar

**Bauteillebenslauf:** Bei Volkswagen umgesetzte Version der wissensbasierten Softwareumgebung.

**Datenkontrollmodell (DKM):** Physische 1:1-Reproduktion der Produktdaten für die Serie, welche für die visuelle Kontrolle notwendig ist und als Maßstab für die nachfolgenden Produktionsprozesse dient.

**Explizites Wissen:** Veräußertes, allgemein zugängliches Wissen, welches beschreibbar und formalisierbar in Dokumenten und Datenbanken abgelegt werden kann und dadurch für Informationstechnologie weiterverarbeitbar ist.

**Implizites Wissen:** Die Erinnerungen, Erfahrungen und Fähigkeiten, die einer einzelnen Person angehören und anderen Menschen nicht frei zugänglich sind.

**Knowledge Based Environment (KBE):** Wissensbasierte Softwareumgebung, welche Regeln und Richtlinien sowie Expertenwissen enthält. Dieses Wissen wird von den Benutzern eingepflegt und ihnen später wieder in sinnvoller Form wieder bei nachfolgenden Projekten zur Verfügung gestellt wird.

**Lean Knowledge Life Cycle (LeanKLC):** Visualisierung des Kreislaufs von Wissen in einem Unternehmen.

**Lean Self-Assessment:** Während des LeanPPD-Projektes entwickeltes Werkzeug zur Überprüfung der im Projekt entwickelten Vorgehensweisen und Anwendungen.

**Ontologie:** Eine Ontologie beschreibt Objekte und Konzepte eines bestimmten Sachverhalts und deren Beziehung untereinander.

**Produktentstehungsprozess (PEP):** Teil des Produktlebenszyklus, in welchem das herzustellende Produkt von der Idee bis zur Serienreife mit all seinen Eigenschaften definiert wird.

**Schlanke Entwicklung:** Weiterentwicklung der Lean Prinzipien auf die Produktentstehung mit dem Ziel, Verschwendung aus allen Prozessen und Produkten zu eliminieren und die Wertschöpfung in den Prozessen zu maximieren.

Semantik: Die Bedeutung und Beziehung von Daten und Zeichenketten untereinander.

Semantische Technologien: Computergestützte Verarbeitung von Informationen und ihren Zusammenhängen, um daraus nicht nur weitere Daten zu generieren, sondern auch deren Bedeutung darzustellen. Dies geschieht mit Hilfe von Ontologien.

Strak: Mathematische Beschreibung der Oberflächen als auch Detailkonstruktion und Auslegung von Karoseriespalten und Anbauteilen.

Wissensmanagement: Bereitstellung und Verwaltung von Werkzeugen, um sämtliche Wissensbestände und -träger eines Unternehmens zu planen, organisieren, steuern, nutzen und weiterentwickeln.