

Entwicklung eines internetbasierten Wissensmanagementsystems für die reinigungsgerechte Konstruktion

Bei der Fakultät Maschinenbau der
Technischen Universität Dortmund
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

Dissertation

von

Dipl.-Ing. Tim Richard

aus Schwerte

Berichtersteller: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Künne
Mitberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Deuse

Mündliche Prüfung: 28. Oktober 2009

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Maschinenelemente der Technischen Universität Dortmund. Während der Anfertigung der Arbeit bin ich von sehr vielen Menschen unterstützt worden.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. B. Künne als Leiter des Fachgebiets Maschinenelemente. Er hat mich sowohl in beruflicher Hinsicht als Chef als auch in der Funktion als Doktorvater über die gesamte Zeit hervorragend betreut. Ohne ihn wäre die Dissertation auf diesem interessanten Gebiet nicht möglich gewesen.

Der Prüfungskommission, d. h. Herrn Prof. Dr.-Ing. A. Brümmer, Herrn Prof. Dr.-Ing. J. Deuse und Herrn Prof. Dr.-Ing. B. Kuhlenkötter möchte ich für die sehr faire Behandlung und die angenehme Atmosphäre während des gesamten Prüfungsverfahrens danken. Mein besonderer Dank gilt hier Herrn Prof. Dr.-Ing. J. Deuse für die Übernahme des Zweit-Gutachtens und die wertvollen Anregungen bezüglich der Promotionsschrift.

Ich möchte mich zudem bei allen Studien-, Diplomarbeitern und Studentischen sowie Wissenschaftlichen Hilfskräften bedanken, die bei der Generierung der Inhalte eine sehr wertvolle Hilfe geleistet und das in Verbindung mit der Arbeit stehende Forschungsprojekt mit einem hohen Maß an Leistungsbereitschaft vorangetrieben haben.

Eine große Unterstützung stellten darüber hinaus alle Kolleginnen und Kollegen dar, die für wertvolle fachliche Diskussionen zur Verfügung standen und sich stets sehr hilfsbereit gezeigt haben. Ich kann an dieser Stelle nicht alle Personen nennen, möchte aber exemplarisch Herrn Benedikt Schultebräucks und Herrn Jan Rieland aufführen, die vor Allem durch ihre große Unterstützung im Bereich der Informatik einen besonders hohen Anteil zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Besonders herzlich danken möchte ich meinen Eltern und meiner Frau, die durch ihre langjährige Unterstützung und Geduld die Dissertation überhaupt erst ermöglichten.

Dortmund, im Oktober 2009

Tim Richard

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Motivation.....	1
2 Stand der Technik.....	3
2.1 Informationstechnische Grundlagen.....	3
2.1.1 Einführung.....	3
2.1.2 Grundlegende Theorien des Wissensmanagements.....	4
2.1.3 Informationsvernetzung.....	14
2.1.4 Wissensmanagement im Umfeld internetbasierter Systeme.....	19
2.1.5 Informationsportale.....	25
2.1.5.1 Einleitung.....	25
2.1.5.2 Module von Informationsportalen.....	32
2.1.6 Web 2.0-Technologien.....	39
2.2 Anforderungen an die Reinigungstechnik.....	43
2.2.1 Grundlagen der VDA 19 und der ISO-DIS 16232.....	44
2.2.2 Entfernen von Verschmutzungen.....	45
3 Zielsetzung.....	56
4 Lösungsweg.....	61
4.1 Vorgehensweise.....	61
4.2 Aufbau der ursprünglichen Portallösung.....	61
4.2.1 Auswahlsystem.....	61
4.2.2 Datenbanksuche.....	62
4.2.3 Wissensbasis - Inhalte.....	63
4.2.3.1 Grundlagen der Bauteilreinigung.....	63
4.2.3.2 Reinigungsverfahren.....	63
4.2.3.3 Reinigungsmittel.....	63
4.2.4 Technische Restriktionen der vorhandenen Portallösung.....	63
4.3 Anforderungen an das Portal und Formulierung des vorläufigen Pflichtenhefts.....	67
4.4 Planung und Umsetzung eines Testsystems.....	69
4.4.1 Verwendete Softwaretools.....	69
4.4.2 Aufbau der Datenbankstruktur.....	70
4.4.3 CSS-basierende Layouts.....	72
4.4.4 Funktionsbeschreibung.....	72
4.4.5 Ergebnisse der prototypischen Umsetzung.....	78
4.5 Anpassung und Ergänzung des Pflichtenhefts.....	78
4.6 Entwicklung des Wissensportals.....	84
4.6.1 Überführung der Anforderungen in Merkmale des Portals.....	86
4.6.2 Ableitung eines House of Quality für die Portalsoftware.....	89
4.6.3 Programmierung des Moduls „Wissensspeicher“.....	95
4.6.3.1 Trennung zwischen Inhalt und Layout.....	95
4.6.3.2 Template-Engines.....	96
4.6.3.3 Auswahl eines geeigneten Content-Managementsystems.....	98
4.6.3.4 Das Framework Zikula.....	99
4.6.3.5 Anbindung an das ActiveDirectory.....	102
4.6.3.6 Datenbankstruktur.....	102
4.6.3.7 Programmierung des Systems.....	105

4.7 Systematik zur Berücksichtigung der reinigungsrelevanten Einflussfaktoren.....	118
4.7.1 Erfassung von erlaubten Restschmutzmengen.....	121
4.7.1.1 Produktentstehungsphase.....	122
4.7.1.2 Produktnutzungsphase.....	122
4.7.2 Durchführung von Fehlermöglichkeits- und Einflussanalysen (FMEA).....	131
4.7.3 Anwendung von Gestaltungsregeln / Auswahl des Materials.....	135
4.7.4 Simulation von Reinigungsvorgängen.....	136
5 Wirtschaftliche Bedeutung.....	143
6 Zusammenfassung und Ausblick.....	144
Literaturverzeichnis.....	147
Abbildungsverzeichnis.....	158
Abkürzungsverzeichnis.....	160
Verwendete Formelzeichen.....	162

1 Einleitung und Motivation

Die Reinheit von Bauteilen innerhalb der Realisierungs- und Nutzungsphase von Produkten erhält einen immer wichtigeren Stellenwert. Vor einigen Jahren hat es noch völlig ausgereicht, falls die Produkte augenscheinlich sauber waren. Die zunehmende Bedeutung von Beschichtungen und die immer filigranere Ausgestaltung von Kanälen für Betriebsmittel wandeln dieses Bild jedoch nach und nach. Während der Reinigungsprozess früher eher eine Randerscheinung ohne größere Bedeutung war, rückt er immer mehr in den Mittelpunkt. Die Unternehmen entdecken, dass es sich um einen wertschöpfenden Faktor handelt, der erforderlich ist, um die Anforderungen der betriebsinternen und -externen Kunden zu erfüllen. Gleichzeitig wird auch immer deutlicher, wie intensiv sich die Reinigung auf die Kosten und die Durchlaufzeit auswirkt. Bei der Fertigung eines Kugellagers nimmt sie etwa ein Viertel der Zeit in Anspruch und besitzt einen ebenso großen Einfluss auf die Fertigungskosten, wie eine Studie der Fraunhofer Reinigungsallianz [KRIE07] belegt. Vor diesem Hintergrund lohnt sich eine umfangreichere Betrachtung der Zusammenhänge. Es reicht längst nicht mehr aus, die Planung der Reinheit lediglich im Bereich der Fertigungsvorbereitung zu berücksichtigen, welche dann die Aufgabe hat, Maschinen bereit zu stellen, die alle Produkte unabhängig von ihrem Ausgangszustand und ihrer Geometrie grundsätzlich zufriedenstellend reinigen. Stattdessen müssen die Faktoren, die zur Verschmutzung führen, die genauen Anforderungen an die Reinheit und der Einfluss der konstruktiven Gestaltung einer intensiveren Betrachtung unterzogen werden. Dabei sind möglichst die gesamten Prozesse der Produktrealisierung und Nutzung zu beleuchten, da sich die Einflüsse und Anforderungen stetig ändern und nicht über den Produktlebenszyklus konstant bleiben.

Der Erfüllungsgrad der Reinheitsanforderungen wird nicht nur durch die Reinigungsprozesse selbst beeinflusst. Manche Prozesse der Realisierungsphase, wie die Lagerung und der Transport, führen zu Rückverschmutzungen. Durch den Austausch von Fertigungsverfahren können die erforderlichen Anforderungen zudem variiert werden, so dass sich ein sehr vielfältiger Einflussbereich aufspannt. Im Umfeld der Konstruktion findet derzeit noch keine systematische Ableitung der Reinheitsanforderungen statt. Ähnlich wie im Bereich der Vergabe von Toleranzen beeinflusst der Konstrukteur durch seine Forderungen im Bereich der Reinheit ganz wesentlich die Kosten. Es existieren in der Regel jedoch keine Informationen darüber, wie er sinnvolle Reinheitsanforderungen festlegen kann. Teilweise sind Angaben in einzelnen Werksnormen zu finden. Eine durchgängige Systematik ist aber noch nicht vorhanden. Daher soll im Rahmen dieser Arbeit eine mögliche Vorgehensweise vorgestellt werden. Des Weiteren soll dem Konstrukteur durch die Verifikation der Reinigungsgerechtigkeit mittels Simulation ein Werkzeug an die Hand gegeben werden, das ihm die frühzeitige Berücksichtigung der Reinigungsgerechtigkeit ermöglicht. So gelingt eine vollständige Implementierung der Reinigungsgerechtigkeit in den konstruktionssystematischen Prozess.

In dieser Arbeit stehen neben der Formulierung entsprechender Strategien für die Konstruktion und Fertigungsvorbereitung, die das gesamte Produktleben berücksichtigen, die Wissenserarbeitung und -vermittlung mittels Internettechniken im Vordergrund. Kollaborative Internetwerkzeuge ermöglichen die effiziente orts- und zeitunabhängige Sammlung von Wissen. Im Bereich des Maschinenbaus und insbesondere in der Konstruktion ist das Potential derartiger Werkzeuge sehr groß, da die dynamische Weiterentwicklung eine sehr hohe Geschwindigkeit erreicht hat. Durch die beschriebenen Tendenzen befindet sich im Besonderen auch die Reinigungstechnik im Umbruch. Daher soll eine bereits existierende Plattform im Bereich der Reinigungstechnik zu einem umfassenden Wissensmanagementwerkzeug ausgebaut werden. Dadurch bekommt jede interessierte Person die Möglichkeit, Wissen branchenweit auszutauschen, und es kann ein dynamischer Wissensspeicher realisiert werden, der sich auch nach dem Abschluss des Vorhabens von selbst trägt

und weiter wächst. Die Umsetzung dieser Technik nimmt daher einen großen Stellenwert innerhalb dieser Arbeit ein.

Die am System partizipierendem Unternehmen unterscheiden sehr genau, ob das Wissen einem branchenweiten Austausch bzw. der Kommunikation mit dem Kunden zu Gute kommt oder es aber als betriebsinternes Wissen und damit Produktionsfaktor bewahrt und vor dem Zugriff von Außen geschützt werden soll. Daher wird ein System generiert, welches im Inter- und Intranet gleichermaßen zum Einsatz kommen kann.

Aufgrund der spezifischen Anforderungen im Maschinenbau, wie zum Beispiel die Forderung nach einer lückenlosen Dokumentation aller für die Produktion relevanten Prozesse, ist es nicht möglich, einfach dasselbe System ohne Datenaustausch einmal im Intra- und einmal im Internet zu installieren. Die Unternehmen müssen zum Beispiel sicherstellen, dass die Inhalte, auf die sie sich berufen, dauerhaft und nachhaltig verfügbar sind. Da dies bei zahlreichen öffentlichen Systemen nicht garantiert werden kann bzw. die Betreiber nicht bereit sind, entsprechende Verpflichtungen einzugehen, ist eine zusätzliche Archivierung der öffentlichen Informationen im Firmennetzwerk unumgänglich. Hierzu ist eine Technik zu implementieren, die einem gerichteten Datenaustausch unter Berücksichtigung weiterer Anforderungen gerecht wird.

Darüber hinaus soll der Weg der Informationen vom ersten Entwurf bis zur Veröffentlichung über verschiedene mögliche Instanzen definiert werden können. Da die diesbezüglichen Hierarchien in den Unternehmen sehr unterschiedlich sind, muss der vorgeschriebene Ablauf durch eine Konfiguration anpassbar sein, ohne das System umzuprogrammieren. Es sollen die Rechte der einzelnen Teilnehmer in Abhängigkeit ihrer Rolle und dem aktuellen Status der Informationseinheit vergeben und Benachrichtigungen über den Teilnehmer interessierende Sachverhalte zugeleitet werden. Gleichzeitig ist es erforderlich, eine Benutzerverwaltung zu implementieren, die die komfortable Einrichtung von Teilnehmern inklusive der Vergabe der Rechte ermöglicht.

Mit Hilfe dieser Technik soll die Dynamik, die derzeit Web 2.0-Anwendungen in öffentlichen Systemen zeigen, auch für den inner- und überbetrieblichen Wissenstransfer entfacht werden. Die Vorteile zahlreicher kollaborativer Wissensmanagementwerkzeuge sind im Internet offensichtlich, wie die beachtlichen Wachstumsraten zahlreicher Informationsangebote zeigen. Aufgrund umfangreicher Restriktionen im gewerblichen Bereich konnten die Ergebnisse bisher aber erst vereinzelt für Anwendungen in Unternehmen nutzbar gemacht werden. Im Rahmen dieser Arbeit sollen daher die derzeitigen Restriktionen, die die diesbezügliche Verbreitung behindern, konsequent beseitigt werden. Das zu erarbeitende Wissensmanagementwerkzeug soll dabei dem Anspruch genügen, universell einsetzbar zu sein und sich nicht auf die Reinigungstechnik zu beschränken, so dass eine hohe Multiplikatorwirkung erreicht werden kann.

2 Stand der Technik

2.1 Informationstechnische Grundlagen

2.1.1 Einführung

Ein Schwerpunkt der Arbeit ist der Wissensaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg. Hierbei hat sich das Internet als sehr mächtiges Werkzeug herausgestellt. Die Zugangsbarrieren sind mittlerweile sehr gering, insofern als viele Arbeitnehmer im beruflichen wie privaten Umfeld über einen Internetzugang verfügen und die Techniken für die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche regelmäßig nutzen. Dadurch sind die Vorbehalte sehr gering und es hat sich eine Mentalität entwickelt, die Techniken einfach auszuprobieren, ohne Angst zu haben, durch Fehlbedienungen Schäden zu verursachen. Ein wesentlicher Vorteil bei den Internetwerkzeugen ist, dass sie jede Person mit einem gängigen Internetbrowser bedienen kann. Es ist nahezu niemals erforderlich, zusätzliche Komponenten zu installieren, sondern es reicht aus, die Seiten aufzurufen. Trotz ihrer Vielfältigkeit ist die Internetprogrammierung in gewisser Hinsicht standardisiert. Es gibt einheitliche Formate für die Übertragung der Inhalte der Seite (z. B. HTML), für ergänzende Layoutinformationen und Formatierungen (z. B. CSS) und für die Übertragung von kleinen intelligenten Programmen, die im Browser ablaufen können (z. B. JavaScript). Hierdurch werden die Anwendungen plattformunabhängig, auch wenn die Darstellung auf verschiedenen Systemen stark voneinander abweichen kann. Komplettiert wird das Angebot durch gängige Plugins, die in nahezu jedem Browser integrierbar sind, wie z. B. Flash zur Darstellung bewegter interaktiver Inhalte und Filme oder einen pdf-Viewer zur einheitlichen und plattformunabhängigen Darstellung von Dokumenten. Die Ressourcen, über die ein Rechner verfügen muss, um die Seiten darzustellen, sind überschaubar, weswegen eine Beschränkung durch hardwaretechnische Restriktionen nahezu nicht mehr existiert. Zudem gibt es derzeit zahlreiche Bemühungen, die Internetnutzung auf alternativen tragbaren Geräten zu verbessern. Die Techniken zur effizienten drahtlosen Datenübertragung sind mittlerweile etabliert. Dies gilt für lokale Netze via WLAN genauso wie für flächendeckende Techniken via UMTS.

Diese Randbedingungen machen eines deutlich: Die Kombination aus Internettechniken und Wissensmanagement ist besonders attraktiv, da die Technik nahezu keine Zugangsbarrieren mehr besitzt. Es wird jedem interessierten Nutzer prinzipiell ermöglicht, teilzunehmen. Die Systeme können am Arbeitsplatz, für die private Fortbildung zu Hause oder sogar mobil auf Geschäftsreisen verwendet werden, ohne sich erst Gedanken über die Installation zusätzlicher Software und ähnliche technische Fragestellungen zu machen. Nicht zuletzt eröffnet dies Perspektiven, wie z. B. das Mikrolernen, bei dem keine festen Lerneinheiten mehr bestehen, sondern der Lernende regelmäßig kontextsensitive Informationen in kleinsten Lerneinheiten zur Verfügung gestellt bekommt.

Die geringen Zugangsbarrieren eröffnen zudem zahlreichen Bevölkerungsgruppen ergänzende Chancen. Berufstätigen wird es einfacher möglich, Lerninhalte in ihren knappen Terminplan flexibel zu integrieren und die Informationen können auch von zu Hause aus abgerufen oder eingegeben werden, was eine bessere Kombinierbarkeit von Familie und Beruf vorbereitet.

All diese Aspekte belegen die Potentiale aus einer Kombination zwischen Wissensmanagement und Internettechniken. Sie zeigen auch, dass eine effiziente Technik Voraussetzung ist, um den Nutzern gerade eine Technikdiskussion und technische Zugangsbarriere zu ersparen. Die Systeme müssen für den Anwender als auch den Betreuer einfach und effizient zu bedienen sein. Nur wenn sich alle mit dem System wohl fühlen, werden sie es auch nutzen und können sich während der Nutzungszeit

auf die wesentlichen Aktivitäten des Wissensmanagements konzentrieren, da ihnen die administrative Arbeit weitestgehend durch die Systeme abgenommen wird.

Vor diesem Hintergrund beginnt der Stand der Technik mit den Theorien des Wissensmanagements. Nur wenn die Prozesse der Generierung, Verteilung und Nutzung von Wissen deutlich sind, kann auch ein technisches System implementiert werden, dass diese Prozesse in den Mittelpunkt stellt.

Anschließend wird der Übergang zum Wissensmanagement im Umfeld internetbasierter Systeme vollzogen, da die derzeitigen verfügbaren Möglichkeiten bereits sehr umfangreich sind und zahlreiche erforderliche Prozesse sehr gut unterstützen.

Es schließt sich die Beschreibung des bereits vorhandenen Systems www.bauteilreinigung.de an, da dieses das Fundament für diese Arbeit darstellt. Es werden die derzeitigen Möglichkeiten und Grenzen des Systems beleuchtet, um später die ergänzenden Anforderungen abzuleiten und die bestehende Lücke schließen können.

2.1.2 Grundlegende Theorien des Wissensmanagements

In den vergangenen Jahren haben sich zahlreiche Arbeiten aus den unterschiedlichsten Fachdisziplinen mit dem Thema „Wissensmanagement“ beschäftigt. Der Hintergrund ist, dass vielen Beteiligten immer deutlicher wird, wie wichtig der Produktionsfaktor „Wissen“ für einen Standort ist, an dem nur wenige Rohstoffe vorhanden sind und dessen Produkte sich durch eine sehr hohe Qualität gegenüber dem Wettbewerb aus anderen Ländern auszeichnen sollen.

Die Motivationen dazu sind im Einzelfall sehr unterschiedlich. Einen wesentlichen Aspekt in vielen Unternehmen stellt die Vermeidung von Schnittstellenverlusten dar. In großen Organisationen ist häufig nicht mehr klar ersichtlich, wer Experte und wertvoller Ansprechpartner für welche Problemstellungen sein könnte. Vor diesem Hintergrund besteht ein großes Interesse daran, die Wissensstrukturen abzubilden oder das Wissen überhaupt erstmalig zu bilanzieren. Ein weiterer Punkt ist die Erkenntnis, dass viel Wissen redundant erarbeitet werden muss oder aber aus den Unternehmen abfließt. Beispiele hierfür sind vergleichbare Abteilungen an unterschiedlichen Standorten, unter denen zu wenig Kommunikation stattfindet, die Vernachlässigung der Dokumentation von Projekten, die bei ähnlichen Vorhaben hätte Verwendung finden können oder das Ausscheiden von Mitarbeitern, die die einzigen im Unternehmen waren, die mit gewissen Sachverhalten vertraut sind.

Aus all diesen Gründen macht es Sinn, das Thema „Wissensmanagement“ mehr in den Fokus der Betrachtung zu legen. Im folgenden Kapitel sollen die generellen Theorien und aktuellen Entwicklungen auf theoretischer Ebene genauer beleuchtet werden, um dann im nächsten Schritt die technischen Weiterentwicklungen zu betrachten, die diese Theorien bei der Umsetzung unterstützen können.

Laut der öffentlich verfügbaren Spezifikation PAS 1062 (PAS = Publicly Available Specification) [PAS1062] des Deutschen Instituts für Normung ist Wissensmanagement definiert als „[...] der bewusste Umgang mit der Ressource Wissen im Unternehmen. Dies beinhaltet das Gestalten, Lenken und Entwickeln der organisatorischen Wissensbasis zur Erreichung der Unternehmensziele.“

Die Beschreibung für den Begriff „Wissen“ wird dabei wie folgt charakterisiert: „Wissen bezeichnet die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen. Wissen stützt sich auf Daten und Informationen, ist im Gegensatz zu diesen jedoch immer an Personen gebunden.“ [PRO98]

Die Definitionen machen den zielgerichteten Charakter deutlich. Die Pflege der Wissensbasis einer Organisation ist kein Selbstzweck, sondern dient ganz konkret als Mittel, um die von der Unternehmensleitung gesteckten Ziele zu erreichen. Daher ist auch ein gerichteter und planbarer Informationsfluss unumgänglich und müsste von den verwendeten Hilfsmitteln unterstützt werden. In der Praxis werden die drei Begriffe „Daten“, „Information“ und „Wissen“ teilweise als Synonyme verwendet. Im wissenschaftlichen Bereich ist jedoch eine Abgrenzung üblich, die auch im Rahmen dieser Arbeit durchgängig verwendet wird:

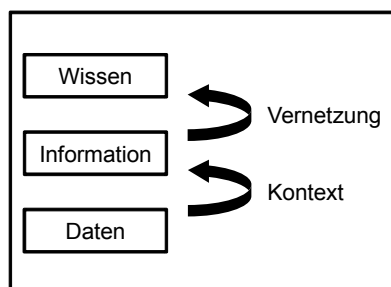


Abbildung 2.1: Abgrenzung zwischen Daten, Informationen und Wissen [REH96]

Als Daten werden hierbei symbolische Repräsentationen von Sachverhalten bezeichnet. Diese sind in der Regel in einem maschinenlesbaren Format digital abgelegt. Der Begriff „Information“ charakterisiert eine Ansammlung von Daten in einer zusammenhängenden Struktur, indem eine Interpretation der Daten stattfindet. Informationen sind folglich Daten, die in den Kontext eines Problemzusammenhangs gebracht und zur Zielerreichung eingesetzt werden [KLA03]. Die Vernetzung der verschiedenen Informationen, um damit beispielsweise ganz konkrete Aufgaben zu bewältigen, wird dann als „Wissen“ bezeichnet. Das Wissen präsentiert Erwartungen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge [PRO97]. Es setzt sich aus Faktenwissen („know that“), Wissen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge („know how“) und Grundsatzwissen („know why“) zusammen [KLA03].

An einem Beispiel verdeutlicht, sind beim Ablesen eines Thermometers die entsprechende Zahlen Daten. Durch die Verknüpfung mit der Einheit „Celsius“ ergibt sich die Information. Falls dann die Interpretation erfolgt, dass die Temperatur für die Jahreszeit besonders hoch ist, wird durch die intelligente Verknüpfung unterschiedlicher Informationen Wissen hergestellt.

Darüber hinaus sind Daten und Informationen immer personenunabhängig, Wissen ist jedoch immer personenabhängig, wie die Abbildung 2.2 verdeutlicht. Die einzelnen Begrifflichkeiten lassen sich in eine Hierarchie einordnen.

Die Abbildung macht mehrere Zusammenhänge deutlich. Sie zeigt zunächst die Bezüge der Begriffe „Zeichen“, „Daten“, „Informationen“ und „Wissen“ auf und teilt die Begrifflichkeiten hinsichtlich der Personenabhängigkeit. Die Grenze ist derzeit zwischen den Informationen und dem Wissen zu sehen, da die Vernetzung der Informationen subjektiv durch Personen geleistet wird. Traditionell war es nicht möglich, die Vernetzung durch Maschinen zu ermöglichen oder in einer Form abzubilden, die Maschinen zumindest interpretieren könnten. Derzeit findet eine Verschiebung dieser Grenze statt, indem die Informationen maschinenlesbar in Beziehung gesetzt werden. Damit bekommen Rechner die Möglichkeit, Informationen zu interpretieren und dem Nutzer strukturiert mit Zusatzfunktionen anzubieten. Somit können die Rechner das Wissen dynamisch generieren. Eine Abbildung der Relationen ist zum Beispiel mit semantischen Netzen möglich. Dabei ist die Grundidee der semantischen Netze seit den sechziger Jahren bekannt [QUI67], erlebt gerade jedoch eine Renaissance im Umfeld der Internettechnologien, da als vordringlichstes Ziel von vielen Entwicklern die Weiterentwicklung des semantischen Internets gefordert wird, in welchem

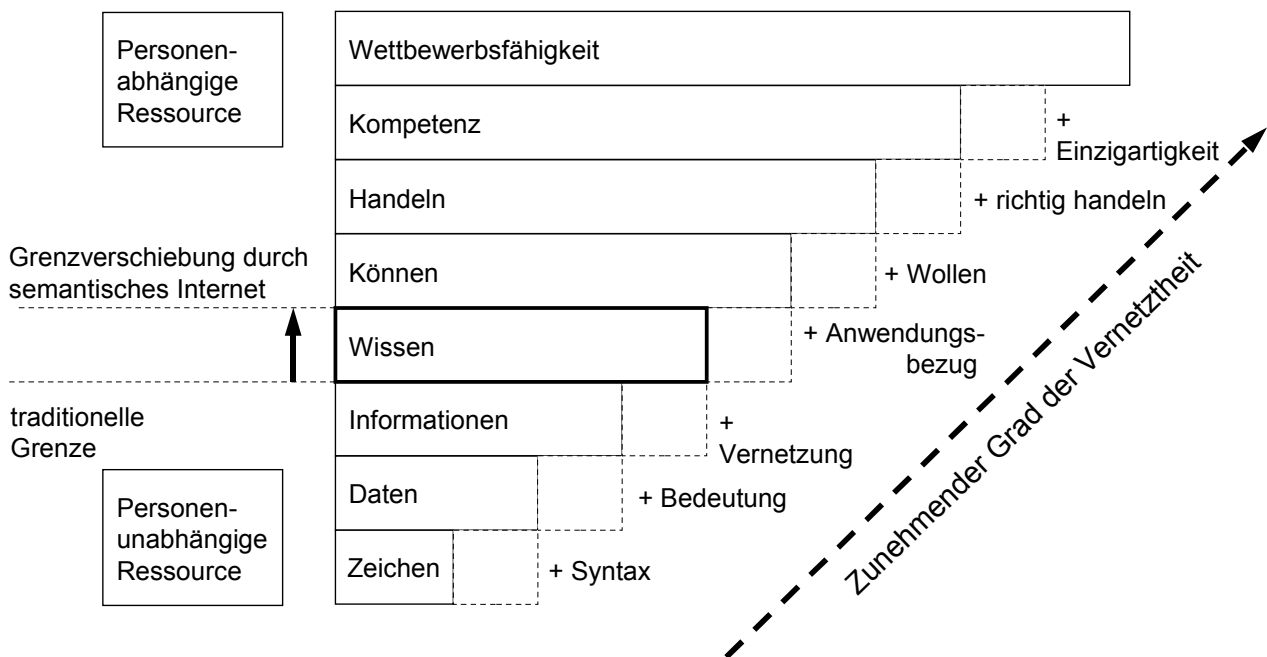


Abbildung 2.2: Stufenmodell des Wissensmanagements – frei nach [VOE07]

Zusammenhang auch oft der Modebegriff „Web 2.0“ fällt [ANT08], [HIT07], [PEL06]. Die weiteren Grundlagen werden im Kapitel 2.1.6 ausführlich erläutert.

Die Vernetztheit steigt in der Abbildung 2.2 bis zum Begriff der Wettbewerbsfähigkeit. Auch hier wird wiederum der zielgerichtete Charakter deutlich. Dabei gilt als Voraussetzung, dass es sich um Wissen innerhalb einer Organisation handelt, welches ganz konkret zur Erfüllung von Zielen eben dieser Organisation eingesetzt wird. Auf dieses organisationelle Wissen beschränkt sich die vorliegende Arbeit. Das organisationelle Wissen ist definiert als die kollektiven Wissensbestände, die für alle Mitglieder der Organisation jederzeit und ohne Einschränkung zugänglich sind [HAU02]. Durch das so genannte „organisationelle Lernen“ wird das „organisationelle Wissen“ vergrößert. Die Basis eines jeden organisationellen Wissens ist jedoch zunächst das individuelle Wissen der Organisationsmitglieder, d. h. zum Beispiel der Arbeitnehmer in einem Unternehmen. Werden Mitarbeiter eingestellt, so bringen sie ein bestimmtes Wissen mit. Ein Teil davon ist für die Problemlösungsprozesse des Unternehmens relevant und kann allen anderen Beteiligten zur Verfügung gestellt werden. Somit wird es in die organisationelle Wissensbasis überführt. Die Abbildung 2.3 visualisiert das Zusammenspiel zwischen individuellem und organisationellem Wissen.

Dabei bildet sich die organisationale Wissensbasis aus der Gesamtheit des überführten Wissens vieler individueller Träger, wie z. B. der einzelnen Arbeitnehmer, in die organisationelle Wissensbasis. Gleichzeitig macht die Abbildung den Unterschied zwischen explizitem und implizitem Wissen deutlich. Implizites Wissen ist das persönliche Wissen eines Individuums, welches auf Idealen, Werten und Gefühlen der einzelnen Person beruht [NOR05], S. 43. Da sich der implizite Teil des Wissens nicht in Worte fassen lässt, ist er auch schwierig zu artikulieren und zu kodifizieren [HIN06], S. 160. Ein Teil des impliziten Wissens kann jedoch in explizites umgewandelt werden. Dies ist die Voraussetzung für Wissen, welches in technischen Systemen eingebracht und verarbeitet wird. Daher wird sich die vorliegende Arbeit auf das explizite Wissen und die Frage, wie möglichst viel des impliziten Wissens in explizites umgewandelt werden kann, beschränken. Der Teil, der immer implizites Wissen bleiben wird, ist für ein technisches System, das Wissen abbildet, nicht relevant. An dieser Stelle sei jedoch erwähnt, dass dieser Wissensanteil dennoch eine große Bedeutung hat. Folglich können aber auch technikbasierte Systeme, wie z. B. Intra- oder Internetlösungen nicht alle Wissensanteile abbilden und unterliegen daher einer natürlichen Beschränkung. Es kann

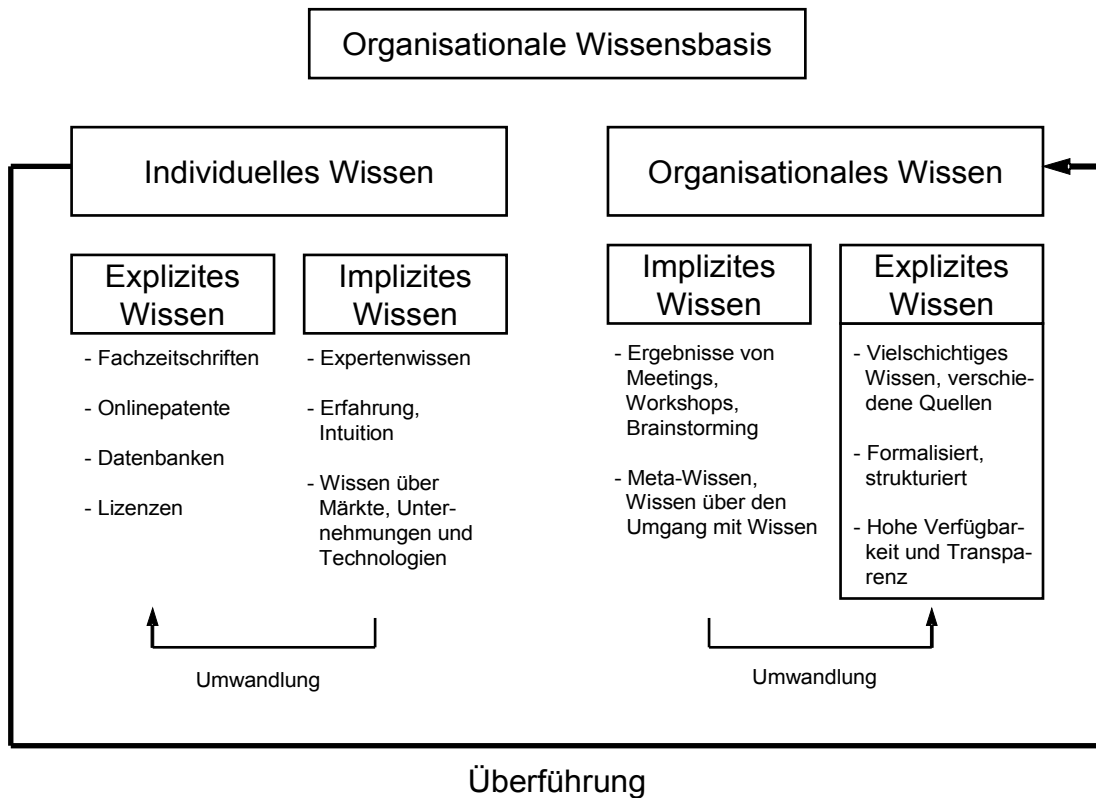


Abbildung 2.3: Überführung von Wissen in die organisationale Wissensbasis [GEN01], S. 52

versucht werden, diese Beschränkung zum Beispiel durch Frage- und Beobachtungstechniken zu verschieben [MUC04], S. 96, eine Aufhebung ist jedoch prinzipiell nicht möglich. Die Übertragung impliziten Wissens setzt immer Personen voraus [OST06], S. 205. Eine Matrix der möglichen Übertragungsmöglichkeiten ist in der Abbildung 2.4 dargestellt.

Sozialisierung ist nur durch eine direkte Zusammenarbeit der Personen möglich [GIL02], S. 55. Ein typisches Beispiel wäre ein Auszubildender, der beobachtet, wie ein Meister ein Werkstück bearbeitet, und im Anschluss versucht, dies nachzuarbeiten. Derartige Prozesse lassen sich in Internetsystemen nicht abbilden. Evtl. können z. B. Videokonferenzen und Podcasts räumliche Grenzen aufheben oder aber Wissensabgabe und -konsum zeitlich voneinander trennen. Dabei geht aber wiederum ein Teil der Information verloren. Eine Vergleichbarkeit zur persönlichen Anleitung vor Ort ist nur begrenzt gegeben.

		Implizites Wissen	Explizites Wissen
		zu	
Implizites Wissen	von	Sozialisierung	Externalisierung
Explizites Wissen	von	Internalisierung	Kombination

Abbildung 2.4: Übertragungsmöglichkeiten Wissen [NON97], S. 75

Die Überführung von impliziten zu expliziten Wissen wird als Externalisierung bezeichnet. Die Bedeutung der Externalisierung im Bereich des Wissensmanagements ist sehr groß, da sie als Schlüssel gilt, um vorher nicht greifbare Informationen erfass- und speicherbar umzuwandeln [MER07], S. 25. Einfache Varianten der Externalisierung sind Metaphern oder Analogien mit Hilfe dessen Personen komplexere Sachverhalte verständlicher machen.

Die gegensätzliche Richtung, die Generierung von impliziten aus expliziten Wissen, wird durch den Begriff Internalisierung charakterisiert. Die Internalisierung kann durch gemeinsame Übung und Erfahrung oder durch die sofortige Umsetzung neu erarbeiteter Konzepte in die Praxis erfolgen [SCH07], S. 24. Durch die gemachten Erfahrungen wird das Wissen noch umfangreicher, als das, was als externes Wissen bezogen wurde.

Die Überführung von expliziten in implizites Wissen wird als „Kombination“ bezeichnet. Bei der Kombination wird explizites Wissen aus verschiedenen Bereichen miteinander verknüpft. Dazu gehört auch der Austausch von Wissen über verschiedene Mittel der Informationstechnik [DOH02], S. 271-272. Damit ist dieser Bereich für die Entwicklung eines internetbasierten Wissensmanagementsystems am interessantesten. Nichts desto trotz sind die anderen Teile aufgrund der fließenden Grenzen und der großen Motivation, weitere Bereiche mit Hilfe technischer Systeme unterstützen zu können, ebenfalls von Bedeutung. Die Frage, wie diese Unterstützung aussehen kann, wird an vielen Stellen diskutiert und es sind auch einzelne Umsetzungen vorhanden.

Die Aufgabe der unterschiedlichen technischen Systeme ist die Unterstützung der unterschiedlichen wissensrelevanten Prozesse, die im Folgenden beleuchtet werden sollen. Wird der Fokus auf die organisationale Wissensbasis gelenkt, so kann der Ausbau des Wissens als organisationelles Lernen bezeichnet werden. In der Sicht der Gesellschaft für Wissensmanagement orientiert sich der Lernprozess immer an den relevanten Prozessen:

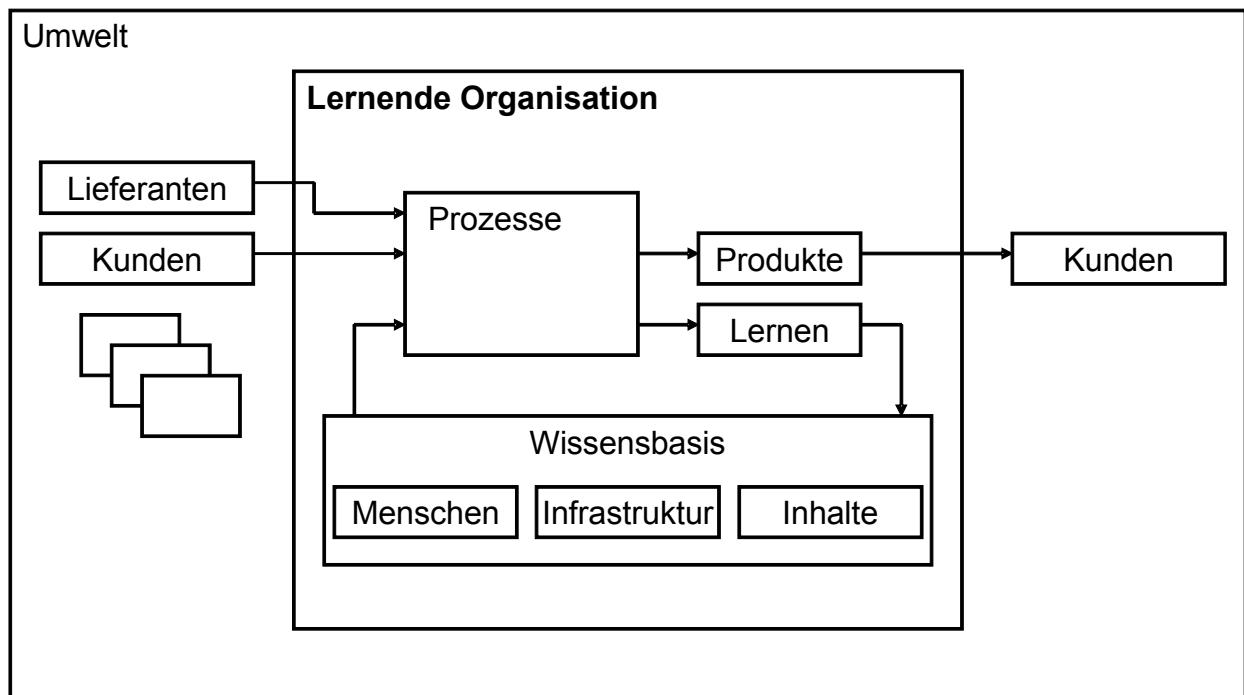


Abbildung 2.5: Die lernende Organisation [WIS08], [DUE07]

Dabei ist die organisationelle Wissensbasis das Fundament der Prozessketten. In einem Unternehmen benötigen die Mitarbeiter beispielsweise genau die Informationen für den Prozess, den sie gerade bearbeiten. Gleichzeitig wird das Wissen durch die Ausführung der Prozesse erweitert. Der wichtige Unterschied zu anderen Ressourcen ist, dass sich Wissen durch seine Verwendung nicht verbraucht, sondern vermehrt [DUE07]. Die Mitarbeiter machen Erfahrungen, die sie das Gelernte intensivieren lässt. D. h. es entsteht weiteres implizites Wissen. Gleichzeitig suchen die Mitarbeiter explizites Wissen heraus, welches sie für die Bewältigung ihrer Aufgaben benötigen. Sie bewahren es auf, damit sie es erneut verwenden können, falls dieselben oder ähnliche Aufgaben wieder kehren. Dies erweitert die Wissensbasis stetig auf expliziter wie impliziter Ebene. Das Wissensmanagementmodell der Gesellschaft für Wissensmanagement orientiert sich dabei bewusst an dem Prozessmodell der ISO 9001:2000 [DIN9001], um den beschriebenen zielorientierten Charakter zu verdeutlichen.

Der eigentliche Lernprozess besteht aus einem immer wieder kehrenden Kreislauf zwischen der Erweiterung des expliziten und implizitem Wissens. Nonaka und Takeuchi sprechen in diesem Zusammenhang von einer Wissensspirale [NON95].

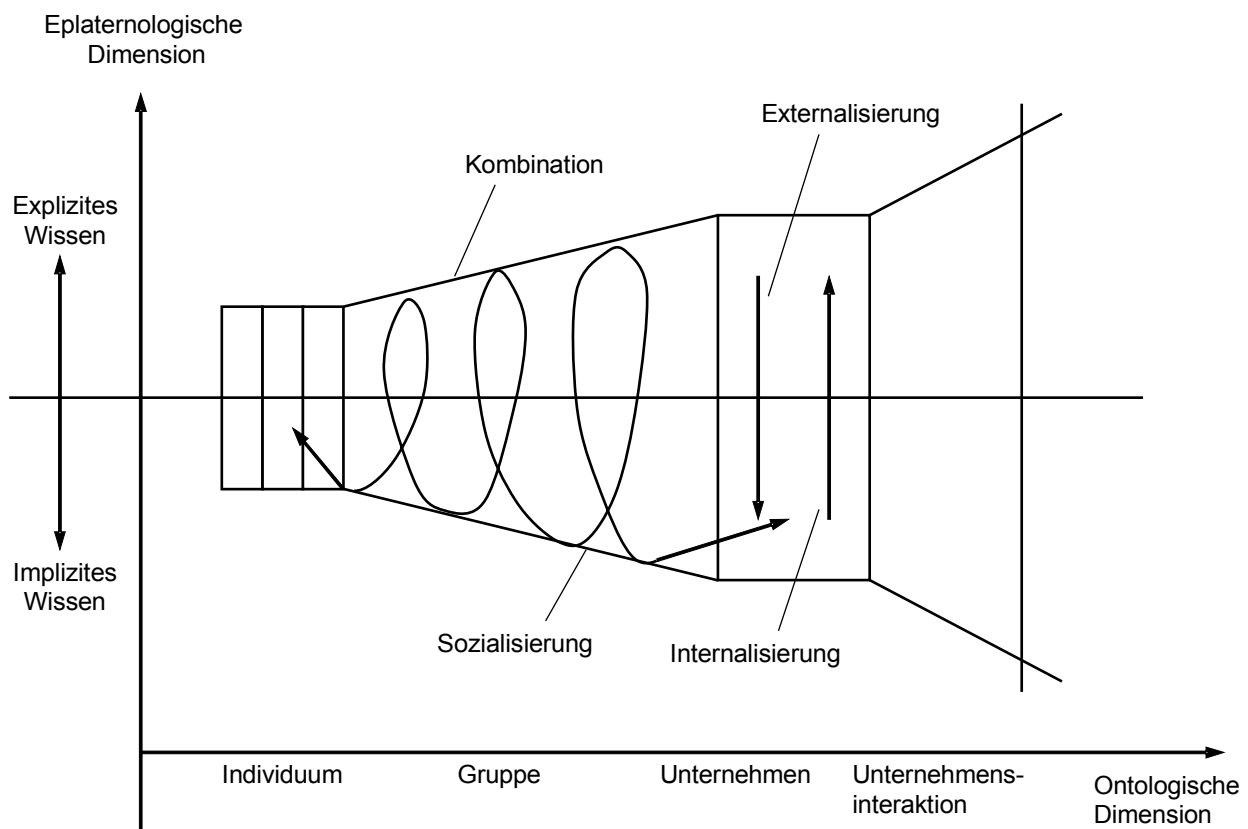


Abbildung 2.6: Wissensspirale nach Nonaka und Takeuchi [NON95]

Diese Wissensspirale stellt einen Versuch dar, zu erklären, wie aus individuellem implizitem Wissen kollektives explizites Wissen werden kann, um dieses Wissen zu kodifizieren, also für das Unternehmen nutzbar, d. h. für andere verfügbar und organisierbar zu machen [ENK05], S. 51. Bei der Spirale ist das einzelne Individuum der Ausgangspunkt. Durch die Sozialisation eignet sich die einzelne Person implizites Wissen mittels Übertragung von anderen Personen an. Durch die

Kommunikation via Gespräch oder schriftlich wird dieses implizites Wissen regelmäßig in explizites dokumentierbares Wissen überführt [VOE07], S. 66. Dieses explizite Wissen kann im nächsten Schritt ohne weitere Umwandlung mittels Kombination weiter gegeben werden. Dies geschieht zum Beispiel in gedruckter Form, durch die Kommunikation via Email oder die Ablage von Wissen in Datenbanken und internetbasierten Informationssystemen. Dieses Wissen wird von den Konsumenten zunächst in expliziter Form direkt aufgenommen. Die Verinnerlichung erfolgt dann wiederum über die Internalisierung, indem die Personen das neu Erlernte anwenden und weiterentwickeln („learning by doing“) [ENK05], S. 81.

Durch die vier Modi der Wissenskonvertierung wird das Wissen unternehmensweit mobilisiert, ausgedehnt und auf eine höhere ontologische Ebene befördert [REN03]. In diesem Zusammenhang bedeutet die Erhöhung der ontologischen Ebene, dass es weiteren Teams innerhalb der Organisation zugänglich gemacht wird. D. h. neben der Vergrößerung der Wissensmenge erfolgt auch eine bessere Verbreitung des vorhandenen Wissens innerhalb der Organisation, was die Voraussetzung für eine effiziente Wissensarbeit darstellt. Gerade diese Verbreitung kann sehr gut durch technische Systeme unterstützt werden, die im nächsten Unterkapitel beschrieben werden. Die Aufgabe der Systeme ist vor allem die Unterstützung der Prozesse zur Erweiterung der organisationellen Wissensbasis an sich. Die folgende Abbildung zeigt die beiden unterschiedlichen Prozessebenen nach der VDI 5610 [VDI5610]:

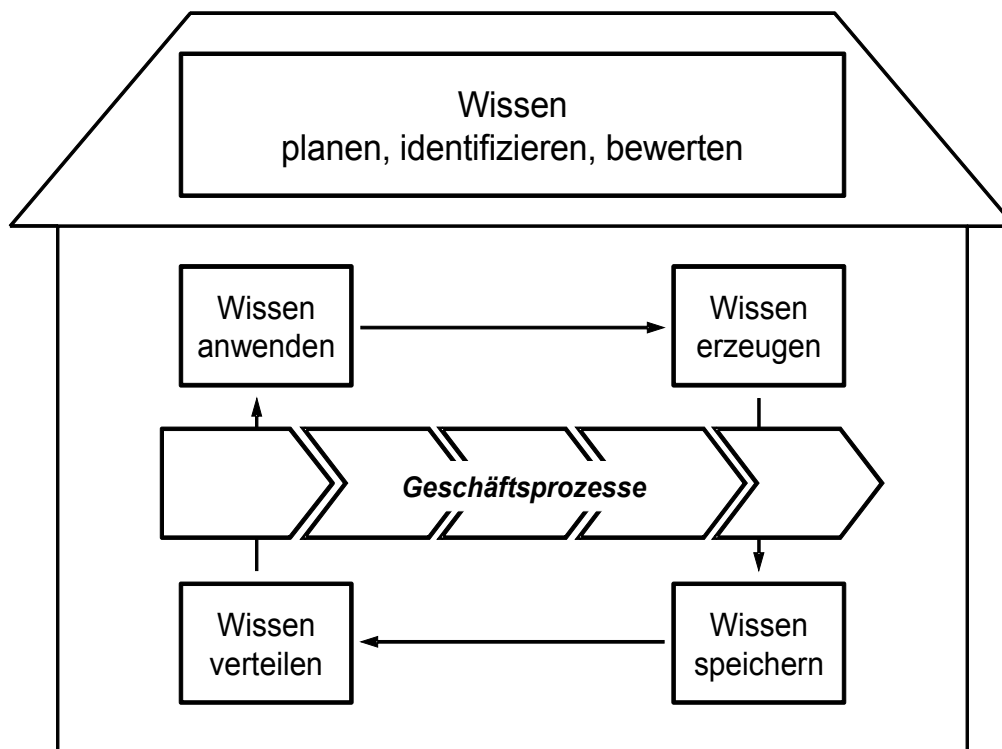


Abbildung 2.7: Kernprozesse des Wissensmanagements [VDI5610]

Die Geschäftsprozesse sind hierbei die Grundlage der Wissensprozesse. Sie stellen die Ziele dar, die durch das Wissen unterstützt werden sollen. Gleichzeitig beeinflussen sie die Wissensprozesse selbst, da die Durchführung der Prozesse ganz automatisch zu einer Weiterbildung der Mitarbeiter führt, die die Wissensbasis nach und nach über die oben beschriebenen vier Modi vergrößert. Vor diesem Hintergrund läuft ein Teil der Erweiterung der Wissensbasis ganz automatisch und ohne Planung ab. Würde jedoch Alles dem Zufall überlassen, so könnte insgesamt keine zielgerichtete und

effiziente Weiterentwicklung stattfinden. Daher beschäftigt sich das Wissensmanagement sehr umfangreich mit den planbaren Wissensprozessen, die während des Aufbaus und der Nutzung der Wissensbasis vorhanden sind. Die Abbildung 2.7 zeigt bereits die wesentlichen Bereiche auf. Sie lauten:

- Wissen erzeugen
- Wissen speichern
- Wissen verteilen
- Wissen anwenden

Diese Aufteilung wird in der Literatur in unterschiedlicher Form variiert. Die wohl gängigste Aufteilung planbarer Wissensprozesse liefert Probst [PRO03]. Nach dieser Aufteilung sind die folgenden Bausteine des Wissensmanagements insgesamt relevant:

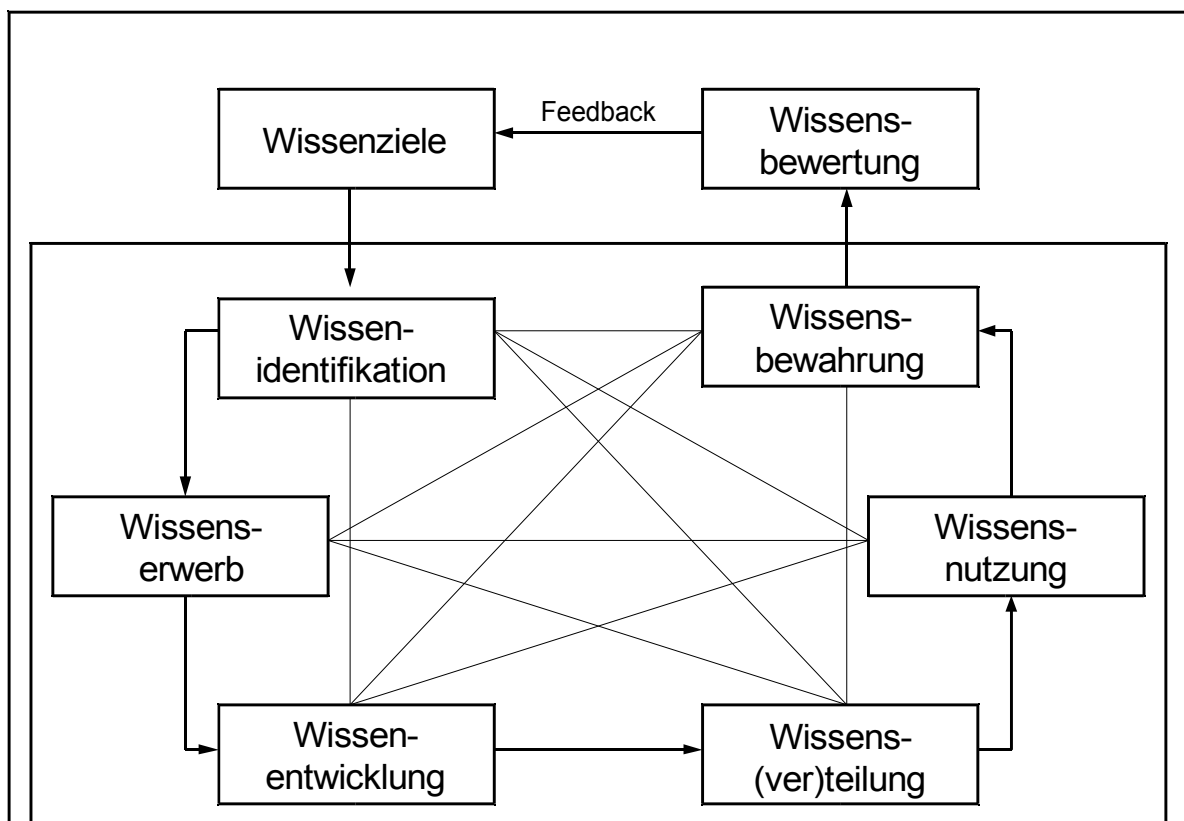


Abbildung 2.8: Wissensmanagement nach Probst [PRO03]

Dabei bewegen sich die Bausteine „Wissensbewertung“ und „Wissensziele“ auf strategischer Ebene, während sich alle anderen auf der operativen Ebene befinden [SOE07].

Die strategische Ebene wird durch die Unternehmens- bzw. Organisationsleitung definiert. Hier ist festzulegen, welche Wissensziele bestehen, um den Betriebsablauf optimal zu unterstützen. Laut [GOM99], S. 299 steht zu Beginn jedes Problemlösungsprozesses die Klärung, welche Ziele mit welchem Wissen zu erreichen sind. Es stellt sich dabei insbesondere die Frage, welche Aufgaben mit welchen Methoden, Lösungen, Personen und Instrumenten bewältigt werden können. Die Wissensbewertung ist in den letzten Jahren immer populärer geworden. Zum einen ist sie Voraussetzung, um einen Regelkreis aufzubauen. Die Organisationsleitung ist durch den Abgleich zwischen Soll- und Istzustand in der Lage, die Anforderungen an das organisationelle Lernen zu be-

stimmen. Zum anderen dient sie auch dazu, den Wert eines Unternehmens festzulegen. Waren früher bei der Bewertung einer Organisation lediglich die traditionellen Produktionsfaktoren wie Arbeit, Kapital und Boden relevant, ist diese Reduzierung heute nicht mehr zeitgemäß. Bei vielen Unternehmen aus dem Bereich der Dienstleistungen besteht das Potential des Unternehmens nahezu nur aus dem Humankapital. Eine Abschätzung besagt, dass sich beim Humankapital im Zeitraum von 1922 bis 1982 etwa 30 % des Produktionszuwachses pro Beschäftigtem auf eine verbesserte Qualifikation und 64 % auf Wissenszuwachs zurückführen lassen [JAE04], S. 147. Dieses Beispiel zeigt die Bedeutung des Wissens und seiner Bewertung auf. Es existieren zahlreiche Methoden zur Wissensbewertung, die hier nicht im Einzelnen dargestellt werden sollen. Eine sehr gute Übersicht über eine mögliche Vorgehensweise beim Erstellen einer Wissensbilanz liefert der Leitfaden „Wissensbilanz – Made in Germany“ [ALW05]. Eine derartige Wissensbilanz kann durch Software unterstützt werden. Daher ist im Rahmen des genannten Vorhabens eine Toolbox entstanden, welche Organisationen bei der geleiteten Bewertung ihres Wissens unterstützt, um z. B. auch vor Banken den Wert besser qualitativ und quantitativ darstellen zu können. Derartige Software nimmt im Rahmen des Wissensmanagements eine Sonderrolle ein. Die meisten Softwaretools sind jedoch auf der operativen Ebene angesiedelt. Eine Übersicht wird im nächsten Kapitel aufgezeigt. Die nach Probst relevanten Wissensprozesse werden im Folgenden kurz beschrieben:

Wissensidentifikation

Im Rahmen der Wissensidentifikation wird erarbeitet, welches Wissen bereits in und welches außerhalb der Organisation vorhanden ist, wobei die Erfassung des impliziten Wissens die größte Herausforderung darstellt [SCH04], S. 111.

Wissenserwerb

Der Erwerb und die Vermittlung von Wissen wird in der Lernpsychologie und der Pädagogik erforscht. Diesbezüglich sollen an dieser Stelle keine weiteren Grundlagen dargestellt werden. Bezüglich der Unterstützung via technischer Systeme stehen die im folgenden Kapitel aufgezeigten Möglichkeiten bereit, je nachdem welche Wissensart übertragen werden soll.

Wissensentwicklung

Die Wissensentwicklung ist als komplementärer Baustein zum Wissenserwerb zu sehen. Hierbei ist vor allem die Produktion neuer Fähigkeiten, Produkte, neuer und besserer Ideen sowie leistungsfähigerer Prozesse relevant. Wesentliche Kernbereiche der Betrachtung der kollektiven Wissensentwicklung sind Kommunikation, Transparenz und Integration.

Wissens(ver)teilung

Die Wissenverteilung kann durch internetbasierte Systeme wesentlich unterstützt werden. Sie erlauben die Sammlung und Nutzung von Wissen ohne Barrieren hinsichtlich Zeit und Ort. Von beachtlicher Bedeutung aus Sicht der Soziologie sind Fragen von Anreizsystemen, die laut [PAS1062] einen wesentlichen Erfolgsfaktor für die Einführung von Wissensmanagementlösungen bilden. Es stellt sich die Frage, wie Mitarbeiter motiviert werden können, ihr Wissen darzulegen und mit weiteren Personen zu teilen.

Wissensnutzung

Die Wissensnutzung ist durch die produktive Arbeit mit den vorhandenen Informationen geprägt. Sie wird auch als Implementierungsphase bezeichnet, da das Wissen durch die Anwendung in Organisationsnutzen umgewandelt und damit quantifizierbar wird [GEH06], S. 56. Die Wissensnutzung gilt damit als Schlüsselprozess unter den acht aufgeführten Wissensprozessen.

Wissensbewahrung

Erworbenes Wissen steht nicht automatisch zur Verfügung, da es zum Beispiel durch Personalfluktuation und durch ständige Veränderung der Organisationsstruktur an Validität verliert [MEI05], S. 34. Die Hauptprozesse der Wissensbewahrung sind daher das Selektieren, Speichern und Aktualisieren. Im Rahmen der Selektion wird bestimmt, welcher Wissensanteil über eine ausreichende Bedeutung verfügt und aufzubewahren ist. Dieser Anteil wird dann abgespeichert und im Idealfall regelmäßig gepflegt. Hierbei können technische Systeme eine Hilfestellung bieten. Beispielsweise sollten im Rahmen der Workflowdefinition Benachrichtigungsfunktionen implementiert werden können, die zur regelmäßigen Aktualisierung von Inhalten auffordern, wenn entsprechende Informationen schon seit längerer Zeit nicht mehr gepflegt worden sind.

Bei der Implementierung eines neuen Wissensmanagementsystems, unabhängig davon, ob Internet-Techniken eingesetzt werden oder ein derartiges System weitestgehend ohne ergänzende Technik eingeführt wird, sind die aufgeführten Kernprozesse des Wissensmanagements zu berücksichtigen. Einen möglichen Implementierungsablauf stellt die VDI-Richtlinie 5610 vor [VDI5610]. Er ist in der Abbildung 2.9 visualisiert.

Es werden die vier Hauptphasen „Sensibilisierung und Strategie“, „Analyse und Konzept“ sowie „Umsetzung“ und „Betrieb“ unterschieden. Die Sensibilisierung dient zunächst dazu, bei den Mitgliedern der Organisation bzw. den Mitarbeitern des Unternehmens das Bewusstsein zu wecken und aufzuzeigen, warum die Maßnahmen wichtig sind. Da sich der Erfolg derartiger Systeme meist nur langfristig zeigt und zudem schwierig messbar ist, gestaltet sich die Motivation der Beteiligten häufig schwierig und sollte nicht vernachlässigt werden. Es ist eine Vision aufzuzeigen, was mit den Systemen auf welche Weise erreicht werden soll. Diese Vision muss publiziert und von allen beteiligten Personen verinnerlicht werden, so dass sie zur gemeinsamen Vision aller beteiligten Personen wird. Im nächsten Schritt ist die Vision durch die Ableitung operativer Ziele zu konkretisieren. Neben der Festlegung der zu unterstützenden Geschäftsprozesse bzw. des sonstigen Einsatzbereiches sind insbesondere die Verantwortlichkeiten zu definieren. Die Phase „Analyse und Konzept“ beginnt mit einer Bestandsaufnahme. Dabei wird der Wissensbedarf dem vorhandenen Wissen gegenübergestellt, welches aus bereits durchgeführten Wissensmanagement-Projekten, bereits implementierten Informationssystemen oder Dokumenten zugänglich ist. Von wesentlicher Bedeutung ist ergänzend die Festlegung von Bewertungsmöglichkeiten, um ein Projekt durch ein Controlling begleiten und lenken zu können. In der Konzeptionsphase werden dann die kritischen Prozessschritte festgelegt und die erforderlichen Arbeitspakete geplant. Es sind insbesondere auch die Techniken auszuwählen, die später zur Unterstützung der Wissensmanagementprozesse zum Einsatz kommen. Im Anschluss erfolgt die Realisierungsphase, in welcher das Wissensmanagementsystem durch die Abarbeitung der zuvor geplanten Arbeitspakete umgesetzt wird. Der Arbeitsfortschritt ist zu dokumentieren. Während des Betriebes sollte dann eine kontinuierliche Verbesserung der Systeme angestrebt werden. Dazu können Rückmeldungen der Nutzer gesammelt und ausgewertet werden. Viele technische Systeme stellen entsprechende Funktionalitäten bereit. Sie erlauben beispielsweise die Beurteilung von einzelnen Artikeln oder Funktionalitäten des Systems und analysieren die Ergebnisse automatisch, indem sie z. B. den Administratoren des Systems anzeigen, welche Artikel oder Funktionen im Durchschnitt schlecht bewertet werden. Die Administratoren können dann ent-

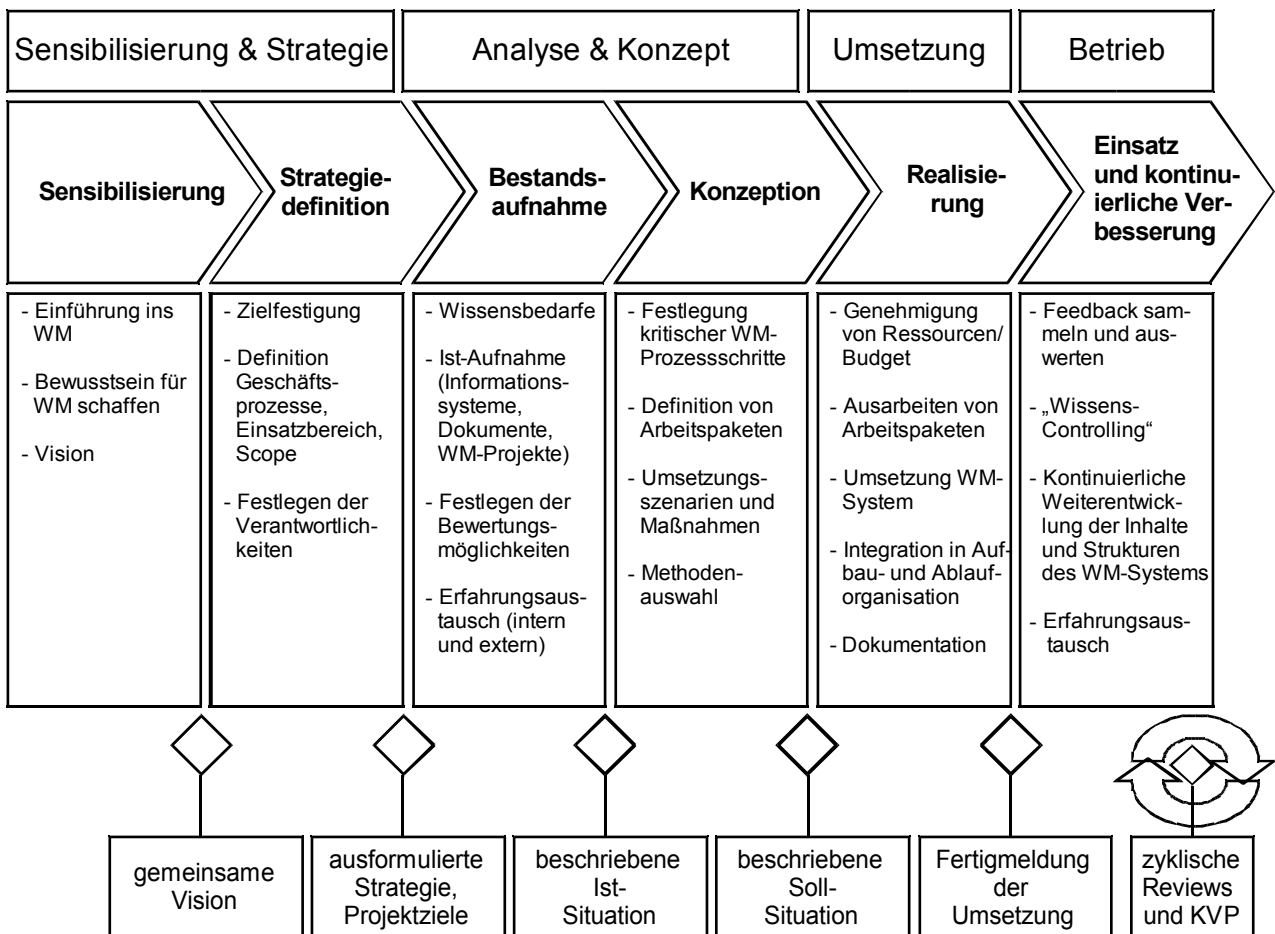


Abbildung 2.9: Implementierungsablauf nach der VDI-Richtlinie 5610 [VDI5610]

sprechende Gegenmaßnahmen einleiten. Es hat sich zudem gezeigt, dass die Durchführung regelmäßiger Treffen sinnvoll ist, um einen persönlichen Erfahrungsaustausch einzuleiten, der die Online-Zusammenarbeit ergänzt.

2.1.3 Informationsvernetzung

Es ist bereits dargestellt worden, dass für den Übergang von Informationen zum Wissen unter anderem eine Vernetzung zwingend erforderlich ist (vgl. Abbildung 2.2). Daher ist im Allgemeinen und für die technischen Systeme im Besonderen interessant, wie eine derartige Vernetzung möglich ist und abgebildet werden kann.

Die Grundlage für eine Vernetzung sind zunächst Daten, die die Zusammenhänge anderer Daten darstellen. Hierbei hat sich der Begriff der Metadaten herausgebildet. Eine einfache Definition des Begriffs „Metadaten“ lautet: „Metadaten sind Daten über Daten“ [DIP05], S. 98. Durch diese zusätzlichen Daten kann eine Verknüpfung der entsprechenden Informationen erfolgen. Bezüglich der Verknüpfung gibt es zahlreiche Möglichkeiten.

Eine in der Informatik sehr beliebte Darstellungsweise ist ein semantisches Netz. Es handelt sich hierbei um „ein formales Modell von Begriffen und ihren Beziehungen (Relationen)“ [SEM08]. Im Folgenden ist ein einfaches semantisches Netz beispielhaft dargestellt:

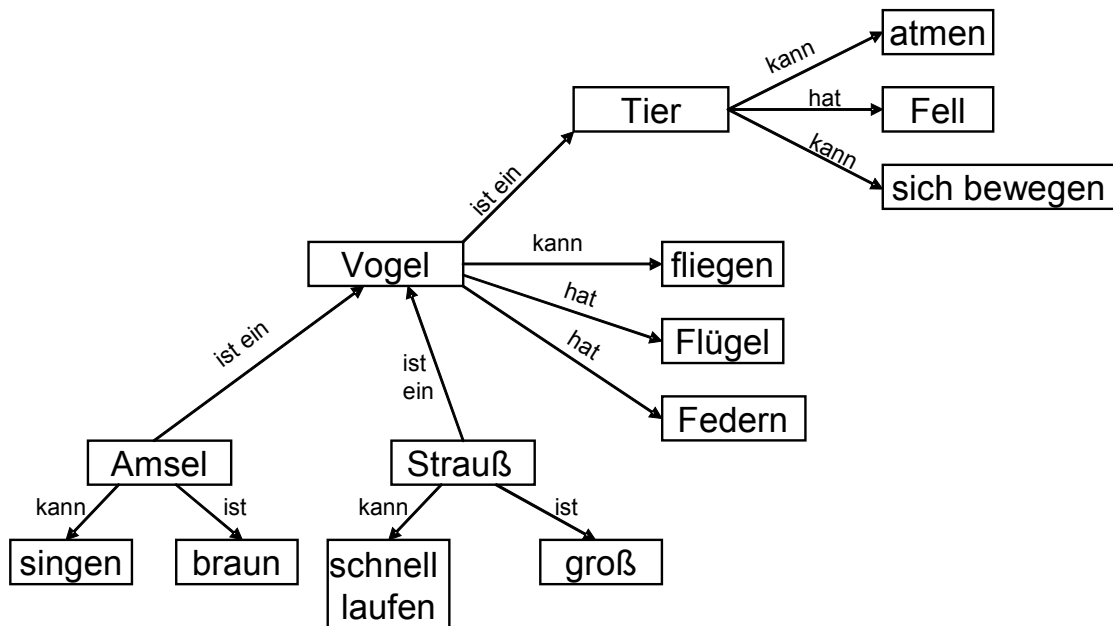


Abbildung 2.10: Beispielhaftes semantisches Netz nach [KAR01], S. 81

Dabei sind in den Kästchen die eigentlichen Daten, in diesem Falle unterschiedliche Begriffe, dargestellt. Die Pfeile und deren Beschriftung repräsentieren die mittels Metadaten abgebildeten Beziehungen. In der Darstellung ist bereits eine Vererbungsstrategie verwendet worden. So übernimmt beispielsweise der „Vogel“ automatisch alle Attribute des Begriffes „Tier“. Dies verhindert die redundante Ablage von Wissen, setzt aber gleichzeitig eine sehr sorgfältige Arbeit voraus, um Fehler zu vermeiden.

Bezüglich der Wissensrepräsentation bestehen unterschiedliche Möglichkeiten. Die folgende Auflistung liefert einige Beispiele mit steigendem Vernetzungsgrad [WIS08]:

1. Katalog, Glossar, Taxonomie
2. Thesaurus
3. Semantisches Netz, Ontologie
4. Axiomensystem, Prädikatenlogik
5. Mehrschichtige erweiterte semantische Netze

Die unter 1. und 2. aufgeführten Begriffe haben einen hierarchischen Charakter. Dabei sind hinsichtlich der Beziehungsstruktur zwischen mit Informationen gefüllten Artikeln zunächst insbesondere Taxonomien von Bedeutung. Als Taxonomien werden hierarchisch gegliederte Klasseneinteilungen eines Bereiches gekennzeichnet. Sie enthalten Über- bzw. Unterordnungsbeziehungen und können so Vererbungsrelationen abbilden [SCH06b]. Somit generieren sie eine Baumstruktur, in der die Inhalte eingeordnet werden. Taxonomien enthalten aber keine Beschreibungen bzw. Definitionen von Begriffen.

Thesauri werden laut DIN 1463 [DIN1463] wie folgt definiert:

Ein Thesaurus im Bereich der Information und Dokumentation ist eine geordnete Zusammenstellung von Begriffen und ihren (vorwiegend natürlichsprachigen) Bezeichnungen, die in einem Dokumentationsgebiet zum Indexieren, Speichern und Wiederauffinden dient.

Er ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

1. Begriffe und Bezeichnungen werden eindeutig aufeinander bezogen („terminologische Kontrolle“), indem
 - Synonyme möglichst vollständig erfasst werden,
 - Homonyme (Wort, das für verschiedene Begriffe oder unterschiedliche Einzeldinge steht, die sich deutlich voneinander unterscheiden) und Polyseme (Wort, das für verschiedene Begriffe oder unterschiedliche Einzeldinge steht, die miteinander thematisch eng verwandt sind) besonders gekennzeichnet werden,
 - für jeden Begriff eine Bezeichnung (Vorzugsbenennung, Begriffsnummer oder Notation) festgelegt wird, die den Begriff eindeutig vertritt.

2. Beziehungen zwischen Begriffen (repräsentiert durch ihre Bezeichnungen) werden dargestellt.

Durch diese Technik ist es möglich, Wissen vernetzt abzubilden. Der besondere Vorteil, weshalb auch zum Beispiel einige Suchmaschinen Thesauri verwenden, ist, dass die redundante Ablage von Wissen vermieden wird. Häufig verwenden Menschen für dieselbe Thematik unterschiedliche Begriffe. In Informationssystemen entwickelt sich dann die Problematik der schlechten Auffindbarkeit von Inhalten. Gibt der Nutzer zum Beispiel in einer Volltextsuche einen bestimmten Begriff ein, so werden keine Ergebnisse gefunden, falls nicht genau dieser Begriff im System vorhanden ist. Verwandte oder sogar synonym zu verwendende Begriffe erkennt das System nicht. Vor diesem Hintergrund kann ein vorgeschalteter Thesaurus eine zusätzliche Bedeutungsebene aufspannen, die dem Nutzer hilft, verwandte Wissensartikel zu finden. Zudem wird so auch die redundante Ablage von Wissen vermieden, da Nutzer, die Inhalte generieren, in der Regel zunächst nachschauen, ob die Inhalte eventuell schon im System vorhanden sind. In großen und unübersichtlichen Systemen entstehen daher häufig Inhalte parallel, da die bereits abgespeicherten Inhalte nicht entdeckt wurden.

Das Entwickeln und Pflegen von Thesauri ist teilweise sehr aufwändig, je nachdem, wie groß sich das zu erschließende Themenfeld darstellt. Es bestehen erste Ansätze, Thesauri gemeinschaftlich zu erarbeiten und als Open Source freizugeben [OPE08], um diese Arbeit zu erleichtern. Für allgemeinere Anwendungsfelder bestehen teilweise schon sehr gute Lösungen. Im Bereich spezieller Themengebiete ist es hingegen meist nur möglich, eigene Listen zu entwickeln und zu pflegen. Hierbei ist es jedoch sehr schwierig, die entsprechenden Listen aktuell zu halten, da sich die Systeme dynamisch entwickeln.

Durch die Polysemie ist bei den Thesauri ein erster Schritt in Richtung einer thematischen Vernetzung geschaffen, da inhaltlich verwandte Bereiche miteinander verknüpft werden. Dies gelingt aber zunächst nur über die Begrifflichkeiten selbst, was in der Regel jedoch kein umfassendes Netz erzeugt, welches einen Anspruch auf Vollständigkeit erheben könnte. Sind Themenbereiche inhaltlich miteinander verbunden, weisen aber keinen gemeinsamen Wortstamm auf, so sind sie auch im System nicht verknüpft. Folglich helfen Thesauri sprachliche Vagheiten zu beseitigen bzw. Redundanzen zu vermeiden. Eine systematische Aufspannung eines Themengebietes ist damit nicht möglich.

Für die möglichst vollständige Abbildung eines Themengebietes bzw. die Vernetzung aller in einem technischen System abgelegten Informationen sind semantische Netze oder Ontologien geeignet. Ein semantisches Netz ist ein formales Modell, um Beziehungen (Relationen) zwischen Objekten (Begriffen) darzustellen. Das semantische Netz ist als Erweiterung des WWW (World Wide Web) gedacht, in der Informationen mit eindeutigen Bedeutungen versehen werden, um die Arbeit zwi-

schen Mensch und Maschine zu erleichtern [RIC07]. Ein beispielhaftes semantisches Netz ist in der Abbildung 2.10 bereits dargestellt worden. Die Relationen werden zum Beispiel verwendet, um semantische Online-Lexika aufzubauen [SEW08]. In diesen sind einzelne Artikel miteinander verknüpft.

Um die Netze zu generieren und auszutauschen, stehen unterschiedliche Beschreibungssprachen zur Verfügung. Eine mittlerweile recht verbreitete Variante ist das RDF (Resource Description Framework) [HIT07]. Im Mittelpunkt hierbei steht die gezielte Darstellung von Metadaten im Internet. Zahlreiche Anwendungen sind in der Lage, RDF zu importieren oder zu exportieren. Es sind Auto-
renwerkzeuge, wie zum Beispiel Protégé vorhanden, um semantische Netze zu erstellen und dann zum Beispiel im RDF-Format bereit zu stellen [PRO08]. RDF kann unter anderem auch im XML-Schema (Extensible Markup Language) ausgedrückt werden [ERD01], S. 218. Dadurch ist es bei vielen Content-Managementsystemen prinzipiell möglich, die Daten zu importieren. Allerdings sind bisher nur sehr wenige Anwendungen vorhanden, die die semantischen Netze effizient einsetzen. Erste Systeme werten die Beziehungen zwischen Inhalten von Content-Managementsystemen aus und visualisieren sie, um den Nutzern eine thematische Suche zu ermöglichen. RDF wird aber oft bereits im Hintergrund von Systemen verwendet, um Informationen auszuwerten. Beispiele sind [RDF08]:

- Beschreibung der Eigenschaften von Produkten, wie z. B. der Preis oder die Verfügbarkeit
- Abspeichern von Zeitplänen für Veranstaltungen im Internet
- Bereitstellung von Informationen über Webseiten, wie zum Beispiel Schlagwörter, Autoren, Erstellungs- und Modifizierungsdatum
- Beschreibung des Inhaltes von Bildern
- Beschreibung der Struktur des Inhaltes von Webseiten, um eine effizientere Erfassung durch Suchmaschinen zu gewährleisten
- Beschreibung der Struktur elektronischer Bibliotheken und Verschlagwortung von Literatur in Bibliothekskatalogen

Zwischen Ontologien und semantischen Netzen besteht eine enge Verwandtschaft. Ontologien sind im Unterschied zu semantischen Netzen strenger axiomatisch aufgebaut und formalisiert, so dass sie die Grundlage für weitreichende logische Ableitungsregeln bilden können [SEM06]. Der Übergang ist fließend. Daher werden die Begriffe in der Praxis auch häufig als Synonyme verwendet. Die in diesem Kontext häufig verwendete Web Ontology Language (OWL) basiert grundlegend auf dem RDF-Schema.

Wird eine noch komplexere Vernetzung gewünscht, so stehen weitergehende Techniken zur Verfügung. Hierzu gehören Axiomensysteme, Prädikatenlogik und mehrschichtige erweiterte semantische Netze.

Ein Axiomensystem besteht aus einer Syntax, die die Bildung korrekter Sätze regelt, einer endlichen Menge von wahren Grundaussagen sowie Schlussregeln, mit denen aus wahren Aussagen andere wahre Aussagen abgeleitet werden. Eine solche Ableitung wird formaler Beweis genannt [GRI05]. Ein derartiges System ist in Informationssystemen kaum eindeutig beschreib- und abbildbar. Daher haben Axiomensysteme im Bereich internetbasierter Systeme nahezu keine Bedeutung.

Prädikatenlogiken sind stark formalistisch geprägt und daher für die automatische Auswertung via technischer Systeme theoretisch sehr gut geeignet. Ihre Hauptanwendung liegt in der Mathematik und dient dort der logischen Grundsteinlegung [BRO08]. Durch den hohen Komplexitätsgrad wird sie jedoch in Informationssystemen kaum angewendet, da die Abbildung der Regeln nicht durch

Editoren oder ähnliche Hilfsmittel unterstützt werden kann. Eine manuelle Abbildung jeder einzelnen logischen Regel wäre jedoch viel zu aufwändig, wenn dynamische Systeme unterstützt werden sollen, bei denen auch die hinterlegte Logik regelmäßig angepasst werden muss und neue Begriffe bzw. Inhalte eingegeben werden, welche mit den vorhandenen verknüpft werden sollen. Vor diesem Hintergrund sind nur übersichtlich visualisierbare Systeme praxisrelevant.

Eine weitere Alternative, um einen maximalen Vernetzungsgrad zu erreichen, sind mehrschichtige erweiterte semantische Netze. Eine gute Übersicht stammt von Helbig [HEL01]. Er beschäftigt sich unter anderem mit automatischer Sprachverarbeitung. Seine Methodik des „MultiNet“ ist sowohl für theoretische Untersuchungen als auch für die automatische Verarbeitung natürlicher Sprache auf dem Rechner geeignet. Bei Systemen, in denen Nutzer regelmäßig neue Inhalte eingeben, ist es aber wiederum schwierig, ein mehrdimensionales System parallel zu entwickeln und die Aktualität zu gewährleisten.

Zusammenfassend betrachtet wird deutlich, dass verschiedene Systeme existieren, um die Inhalte eines Content-Managementsystems zu vernetzen. Dabei ergibt sich ein Spannungsfeld: Je umfangreicher sich die Vernetzung darstellt, desto größer wird der theoretische Zusatznutzen, der sich ergibt. Der Nutzer könnte sich Wissensinhalte nach unterschiedlichen Kriterien sortieren lassen und es wäre möglich, ihm automatisch weitere Wissensinhalte anzubieten, die ihn interessieren könnten. Zudem wäre es möglich, rudimentäre Plausibilitätskontrollen durchzuführen oder aber Wissenslücken im System zu detektieren, die geschlossen werden müssen. Auf der anderen Seite ist die Erstellung derartiger Vernetzungen aufwändig. Es gibt bereits zahlreiche statische semantische Netze und Ontologien für spezielle Bereiche. Durch spezielle Editoren können diese angepasst und in einer maschinenlesbaren Form zur Verfügung gestellt werden. Damit werden sie prinzipiell auch in Content-Managementsystemen nutzbar. In der Praxis hat sich der Einsatz aber erst in wenigen speziellen Teilbereichen durchgesetzt. Dabei wird die Verbreitung weniger durch technische Barrieren begrenzt. Die Sprachen zur Abbildung der Strukturen sind weit ausgebildet und so allgemein formuliert, dass sie auf nahezu alle Anwendungsfelder bezogen werden können. Die Programmierung der Schnittstellen ist mitunter aufwändig, aber aufgrund der genauen Definition der Sprachen zielgerichtet möglich.

Die Barrieren liegen eher in der Pflege des Systems durch die Nutzer. Soll ein statisches System betrieben werden, bei dem der Administrator alle Inhalte bestimmt, so kann theoretisch jede der vorgestellten Techniken zum Einsatz kommen, falls die Betreiber bereit sind, den Pflegeaufwand für die Vernetzungen zu akzeptieren. Bei dynamischen Systemen ist dies prinzipiell ebenfalls möglich, wenn die Administratoren die Entwicklung des Systems verfolgen und zum Beispiel neue mit Informationen gefüllte Artikel, die bisher noch nicht via Metadaten mit den anderen Inhalten verknüpft sind, in das Netz einbinden. Eine mögliche Vorgehensweise wäre, die vorhandene Ontologie bzw. das vorhandene semantische Netz mit einem Editor, wie z. B. Protégé, aufzurufen und die erforderlichen Verknüpfungen zu ergänzen. Im Anschluss könnten die Informationen als OWL oder RDF exportiert werden, um sie dann wiederum in das Content-Managementsystem zu importieren. Bei der Vorgehensweise wird bereits deutlich, dass eine dynamische Entwicklung schwierig ist. Am besten wäre die Einbindung der Nutzer, die neben den eigentlichen Inhalten auch die Metadaten eingeben, die erforderlich sind, um die Inhalte einordnen zu können. Dies gestaltet sich in der Praxis aber schwierig. Die Nutzer sind meist nur bereit, einige grundlegenden Daten zu hinterlegen.

In bestimmten speziellen Anwendungen ist die Akzeptanz sehr hoch. Beispiele sind die Initiative „Friend of a Friend“, bei welcher die Nutzer sich und ihre Beziehungen zu anderen Personen, ihre Arbeit und ihre Hobbys darstellen, um so ein soziales Netzwerk zu erstellen [FRI08]. Es werden hierbei auch die beruflichen und privaten Homepages aufgeführt, um eine Vernetzung aufzubauen. Eine weitere Variante ist die kollaborative Verschlagwortung des Internets, wobei die Internetuser

Metadaten über von Ihnen gefundene oder von Ihnen selbst eingestellte Inhalte zur Verfügung stellen. Die populärsten Beispiele sind die Seite „Delicious“ [DEL08], auf der zahlreiche Internetnutzer ihre Lesezeichen speichern und anderen Nutzern anbieten und „Flickr“ [FLI08], wo Nutzer Fotos hochladen, veröffentlichen und mit Metadaten versehen, so dass sie auch in Abhängigkeit des Themengebietes gefunden bzw. kommentiert werden.

Die Nutzer sind im Allgemeinen nur bereit, den Aufwand des Erstellens von Metadaten auf sich zu nehmen, wenn sie Vorteile für sich erkennen. Beispiele sind die bessere Selbstorganisation, um die Inhalte für den eigenen Nutzen zu strukturieren oder die Hoffnung, weitere Nutzer mit ähnlichen Interessen zu finden, um ein soziales Netzwerk aufzubauen [KOC07], S. 46. Daher funktionieren derartige Konzepte sehr gut, wenn es gelingt, die Nutzer entsprechend zu motivieren. Problematisch stellt sich die Metadatenerfassung nach wie vor da, wenn komplexe Wissensinhalte strukturiert werden sollen. Es ist mitunter bereits schwierig, die Nutzer zu überzeugen, Inhalte bereit zu stellen und zu verfassen. Die Motivation, diese Inhalte ergänzend auch noch in ein komplexes Netzwerk aus Metadaten einzuflechten, ist dann meistens nicht mehr vorhanden.

Für ein Wissensmanagementsystem, welches sich langfristig weitestgehend von selbst tragen und welches eine Eigendynamik entwickeln soll, muss zusammenfassend betrachtet eine Entscheidung getroffen werden, wie umfangreich die Metadatenerfassung sein darf, wenn erwartet wird, dass vor allem die Nutzer die Bereitstellung der Metadaten übernehmen. An dieser Stelle ist es oftmals sinnvoll, sich für eine Taxonomie zu entscheiden, da der Nutzer dann seine Artikel lediglich in ein hierarchisches Gebilde einordnen muss. Es reicht für ihn dann aus, den Artikel in eine vorgegebene Struktur einzugliedern. Die Struktur selbst kann von den Administratoren vorgegeben oder von den Nutzern dynamisch erzeugt werden.

2.1.4 Wissensmanagement im Umfeld internetbasierter Systeme

Die Abbildung 2.11 zeigt eine Übersicht der verschiedenen technischen Umsetzungsmöglichkeiten in Abhängigkeit der vier beschriebenen Wissensumwandlungsprozesse.

Im Bereich der Sozialisation sind Expertennetzwerke, die verschiedene Akteure zusammenbringen, von Bedeutung. Des Weiteren können die Kommunikationsprozesse selbst mit Bild- und Tonübertragungstechniken, z. B. auch auf Basis des Internets, unterstützt werden.

Dokumentenmanagementsysteme helfen bei der Externalisierung, da sie das Niederschreiben und Dokumentieren von Wissen leiten. Sie fordern die entsprechenden Akteure zum Anlegen neuer Wissensartikel auf oder führen ein entsprechendes Dokument via vorgefertigten Workflow zu unterschiedlichen Bearbeitern, die kollaborativ an den Dokumenten arbeiten oder aber für die Veröffentlichung und Freigabe des Wissens verantwortlich sind [DIE02]. Für die Visualisierung sind sowohl internetbasierte als auch auf den Klientrechner fest zu installierende Programme üblich. Der Visualisierung wird dabei eine Stellung zugeschrieben, die weit über das alleinige Sichtbarmachen von Wissen hinaus geht [JOS07], S. 51-52. Durch die Visualisierung gelingt es, durch die Kombination verschiedener Informationen alleine oder gemeinsam in der Gruppe neues Wissen zu erarbeiten. Es wird eine syntaktische, semantische und pragmatische Bedeutung ergänzt. Diese Ergänzung erfolgt durch die beteiligten Personen, die Technik hilft lediglich bei der Abbildung der Abhängigkeiten.

Sitzungsunterstützungssysteme helfen sowohl bei der Externalisierung, als auch bei der Kombination. Sie besitzen jedoch lediglich bei sehr großen Veranstaltungen, bei denen zum Beispiel elektronische Abstimmungen durchgeführt werden, eine gewisse Relevanz. Der Nutzen derartiger

		Wissenswandlungsprozesse			
		Sozialisation	Externalisierung	Kombination	Internalisierung
Unterstützungsansätze	Bibliotheken/ Archive		Dokumentenmanagement	Informationsportale ●	
	Karthographie		Visualisierung Navigation		
	Team-Community-unterstützung	Experten-netzwerke		Workspaces ● Kollaborative Navigation	Computer-unterstütztes (kooperatives) Lernen
	Wissensfluss	Kommunikation Koordination	Sitzungsunterstützungssysteme		
			Agenten		

Abbildung 2.11: Einordnung von Wissensmanagementwerkzeugen [BOE01]

Systeme ist bis heute bestritten, weshalb sie trotz kontinuierlicher Forschungsarbeiten innerhalb der letzten 20 Jahre derzeit nicht weit verbreitet sind [KLE04].

Die Kombination ist der typische Einsatzbereich für Informationsportale. Laut Fricke [FRI01], S. 371-373, sind Portale zentrale Einstiegs- und Navigationspunkte, die dem Anwender Zugang zu einem virtuellen Angebotsraum bieten und ihn auf weiterführende Informationen – entsprechend seinen jeweiligen Interessen – lenken. Gentsch erweitert die Definition: „Ein Portal ist eine personalisierbare, benutzerfreundliche Website, mit deren Hilfe diverse Informationen und Funktionen zugänglich sind und die von einer Vielzahl menschlicher Benutzer immer wieder zum Einstieg in einen bestimmten Bereich des World Wide Web benutzt wird [GEN04], S. 7. Dieser Anspruch steht im Rahmen dieser Arbeit im Mittelpunkt und wird im weiteren Verlauf verfolgt werden. Das Kapitel 2.1.3 wird auf die weiteren technischen Grundlagen von Portallösungen eingehen.

Eine weitere Alternative zur Unterstützung gezielter Gruppenarbeit sind sogenannte „Workspaces“, die bisher aber auch erst eine begrenzte Verbreitung besitzen. Sie dienen dazu, über unterschiedliche Softwareplattformen hinweg gemeinsame Ablagen für Projektinformationen bereit zu stellen und frei zu organisieren [COL08a]. In der Regel können die Dokumente on- und offline bearbeitet werden und es ist nicht zwingend ein Server erforderlich, da die Dateien dezentral auf den einzelnen beteiligten Rechnern gespeichert werden. Wenn die einzelnen Rechner online sind, synchronisieren sie sich untereinander [COL08b]. Hiermit wird der Aufbau eines derartigen Peer-to-peer-Netzes sehr unkompliziert. Da die Installation der entsprechenden Software erforderlich ist, eignet sich diese Technik aber nur für kleinere klar definierte und abgegrenzte Gruppen, die regelmäßig damit arbeiten. Eine dynamische Gruppenbildung ist nur begrenzt möglich. Als Hauptanwendungsgebiet gilt daher die Begleitung ganz konkreter Projekte. Die allgemeine Weiterentwicklung einer organisationellen Wissensbasis ist mit dieser Technik kaum möglich. Zusammen mit einer Portallösung entsteht jedoch vor allem für Intranetanwendungen eine sehr interessante Alternative, bei denen das Portal verwendet wird, um in Text und Bildern abzulegende Informationen und Strukturierungselemente als Einstieg darzustellen und bei welchen dann ergänzend in den Workspaces Dokumente für

bestimmte Untergruppen gespeichert werden, die verschiedenen Programmen entstammen und deren Inhalte nicht mehr in einem Webbrowser angezeigt und editiert werden können, wie beispielsweise technische Zeichnungen. Durch diese Kombination ist es möglich, eine einheitliche Lösung für strukturierte Informationen und das Dateimanagement inklusive Versionierung zu verwenden.

Eine weitere Technik, die bereits seit den fünfziger Jahren bekannt ist, ist das Information Retrieval. Es beschäftigt sich mit der Reduzierung der Informationsmenge, um den Nutzer in der Datenflut zu unterstützen. Das Ziel ist ein computergestütztes inhaltsorientiertes Suchen, wobei davon ausgegangen wird, dass Informationen in großen Datenbeständen zunächst verloren sind und wieder gewonnen bzw. wieder gefunden werden müssen [INF08]. Im Bereich des Internets ist die Vielfalt und Unübersichtlichkeit so groß geworden, dass Suchmaschinen eine zentrale Stellung einnehmen. Derzeit sind die drei wichtigsten Suchmaschinen Google, Yahoo und MSN (Microsoft Network) [JAR07], S. 1. Durch den großen Wettbewerb der Anbieter untereinander und durch das große Geschäftspotenzial findet derzeit sehr viel angewandte Forschung in den Unternehmen statt. Die Technik des Information Retrieval findet zudem immer mehr auch in Intranetsystemen von Unternehmen oder sogar auf einzelnen Rechnern Verwendung. So bietet zum Beispiel das Unternehmen Google entsprechende Lösungen an, die den Nutzern ermöglichen, im Intranet der Firma auf die gleiche Weise zu recherchieren, wie sie es aus dem Internet kennen. Von wesentlicher Bedeutung hierbei ist die Abstraktion des Wissens, um eine schnelle Suche und Ergebnisdarstellung zu ermöglichen. Dadurch unterscheidet sich die Suche mit Information Retrieval grundlegend von einer Suche in einer Datenbank oder einer Volltextsuche. Die Ergebnisse sind in der Regel innerhalb eines Bruchteils einer Sekunde verfügbar, da die eigentliche Indizierung bereits vorher stattgefunden hat. Bei den anderen Alternativen wird die Suche im eigentlichen zu erfassenden Inhalt erst mit dem Befehl zur Suche direkt gestartet. Dadurch ergibt sich ein besonderer zeitlicher Vorteil für das Information Retrieval. Nachteile sind die Vagheit und die Unsicherheit. Als Vagheit wird in diesem Zusammenhang verstanden, dass ein Benutzer für eine beliebige Fragestellung andere Terme verwendet als der Algorithmus, der die Inhaltserschließung für entsprechende Dokumente vornimmt [LIS07], S. 706. Diese doppelte Übersetzung von Inhalten auf Anwender- und Anbieterseite kann zu einer sehr unscharfen Suche führen. Mitunter wären die Inhalte in Wirklichkeit vorhanden, sind aber im Suchindex nicht entsprechend abgebildet. Die Unsicherheit ergibt sich durch die Interpretation der Inhalte. Semantische Verknüpfungen der Inhalte sind bisher in der Regel nicht gegeben oder zumindest unzureichend abgebildet. Vor diesem Hintergrund interpretieren die unterschiedlichen Systeme die Inhalte mit Algorithmen, die versuchen, die inhaltlichen Zusammenhänge künstlich auszulesen. Dies gelingt jedoch nicht immer mit hoher Sicherheit [DEH06], S. 14. Selbst wenn die entsprechenden Informationen vorhanden wären, würden sie mitunter nicht erfasst. Dadurch erhält das Information Retrieval einen stochastischen Charakter. Ergänzend hierzu ist aufgrund der unübersichtlichen Strukturen, in denen das Wissen abgelegt wird, nicht sicher, ob alle Teilbereiche überhaupt erfasst sind.

Eine weitere technische Umsetzung im Bereich Kombination ist die kollaborative Navigation, die bisher aber eine nur untergeordnete Bedeutung besitzt. Der Grundgedanke ist, dass die Nutzer ihre Suchstrategie darlegen und anderen Nutzern zur Verfügung stellen. Sie dokumentieren während ihrer eigenen Suche das Vorgehen und den davon abhängigen Erfolg [BOE01]. Da die Bereitschaft, dies umfassend zu dokumentieren, in der Regel nicht vorhanden ist, verbreiten sich entsprechende Systeme aber nur sehr unzureichend. Das Beobachten des Verhaltens der Nutzer und die Nachahmung mit entsprechenden Algorithmen ist aber für die Weiterentwicklung des Information Retrievals interessant. Das Forschungsprojekt Adaptive Read hat derartige Strategien weiterentwickelt [PEL03], S. 65.

Eine weitere bereits seit längerer Zeit bekannte und regelmäßig verwendete Alternative sind Suchagenten. Es handelt sich dabei um Softwaresysteme, die eine automatische und selbstständige Suche in den Wissensquellen nach den Regeln individuell erstellter Profile ermöglichen [NIK05]. Im Bereich wissenschaftlicher Literaturdatenbanken sind sie weit verbreitet, um z. B. die Nutzer automatisch über neue Publikationen in ihrem Forschungsbereich zu informieren. Meist wird regelmäßig ein Suchprotokoll mit den Ergebnissen an den Nutzer verschickt. Neuere Forschungsarbeiten im Bereich der künstlichen Intelligenz haben dazu geführt, dass die Agenten lernfähig werden, indem sie zum Beispiel das Verhalten der Nutzer beobachten und analysieren. Damit sollen sie automatisiert erfassen können, wie sie das Ergebnis weiter verbessern. Eine mögliche Verknüpfung der Intelligenz mit semantischen Netzen stellt von Schmidt dar [SCM07].

Soll das explizite und darstellbare Wissen wieder durch eine Internalisierung in implizites Wissen umgewandelt werden, so kann dieses Training der Inhalte mittels E-Learning-Techniken durchgeführt werden. Derartige Systeme sind sehr verbreitet. Es finden zudem umfangreiche aktuelle Forschungsarbeiten statt. Nach Kerres [KER01] werden unter E-Learning alle Formen von Lernen verstanden, bei denen digitale Medien für die Präsentation und Distribution von Lernmaterialien oder zur Unterstützung zwischenmenschlicher Kommunikation zum Einsatz kommen [ELE08]. Es bestehen E-Learning Systeme, die als Programm fest auf den einzelnen Rechnern installiert werden müssen und sogenannte „web-basierte Lernplattformen“, die bereits heute im Vergleich am verbreitetsten sind. Die Gründe hierfür sind der zunehmende Wegfall der Zugangsbarrieren, da ein Großteil der Bevölkerung über einen Internetzugang verfügt und keine zusätzliche Software installieren muss sowie die Möglichkeit eines kollaborativen Zusammenarbeitens auf Ebene der Lernenden. Zudem können die Lehrenden die Aktivitäten und je nach Technik mitunter auch direkt den Lernfortschritt mit Hilfe entsprechender Auswertemodule kontrollieren und damit gezielt auf die Bedürfnisse und das individuelle Lerntempo eingehen. Beim Blended Learning, der Kombination aus Lehrveranstaltungen vor Ort und virtuellen Einheiten, können die Ergebnisse der Auswertung zudem in die Präsenzphasen einfließen. Üblicherweise werden Thematiken, die im Onlinesystem Schwierigkeiten bereiten, ausführlicher in den Präsenzphasen erläutert und Thematiken, bei denen das individuelle Lerntempo sehr unterschiedlich und der Übungsaufwand groß ist, in die Onlinesysteme transferiert.

Nach Hugl [HUG07], S. 97 existieren in Bezug auf web-basierte Lernplattformen die folgenden fünf Funktionsbereiche:

- Präsentation von Inhalten (Learning Content)
- Werkzeuge zur Erstellung von Aufgaben und Übungen
- Evaluations- und Bewertungshilfen
- Administration (von Lernenden, Trainern, Inhalten, Kursfortschritten, Terminen etc.)
- Kommunikationswerkzeuge

Die Vielfalt der Systeme ist mittlerweile so groß, dass es kaum noch möglich ist, allgemein gültige Aussagen zu treffen. Eine exemplarische Softwarearchitektur visualisiert die Abbildung 2.12.

Eine Anwenderschnittstelle stellt die Verbindung zwischen dem System und den Nutzern her. Sie wird sowohl von den Lehrenden als auch Lernenden verwendet. Ihre Aufgabe ist die übersichtliche Darstellung der von den einzelnen Modulen ausgegebenen Informationen. Es sind eine Administrations- und eine Content-Datenbank vorhanden. Die Administrationsdatenbank enthält die Informationen über Personen (z. B. Benutzerkennungen, Passwörter, Berechtigungen), Kurse (Art und Inhalt des Kurses, Strukturierungskriterien, Zielgruppenrelevanz) und über die Durchführung. In der Durchführungsdatenbank sind alle aktuellen Termine gespeichert, so dass die entsprechenden

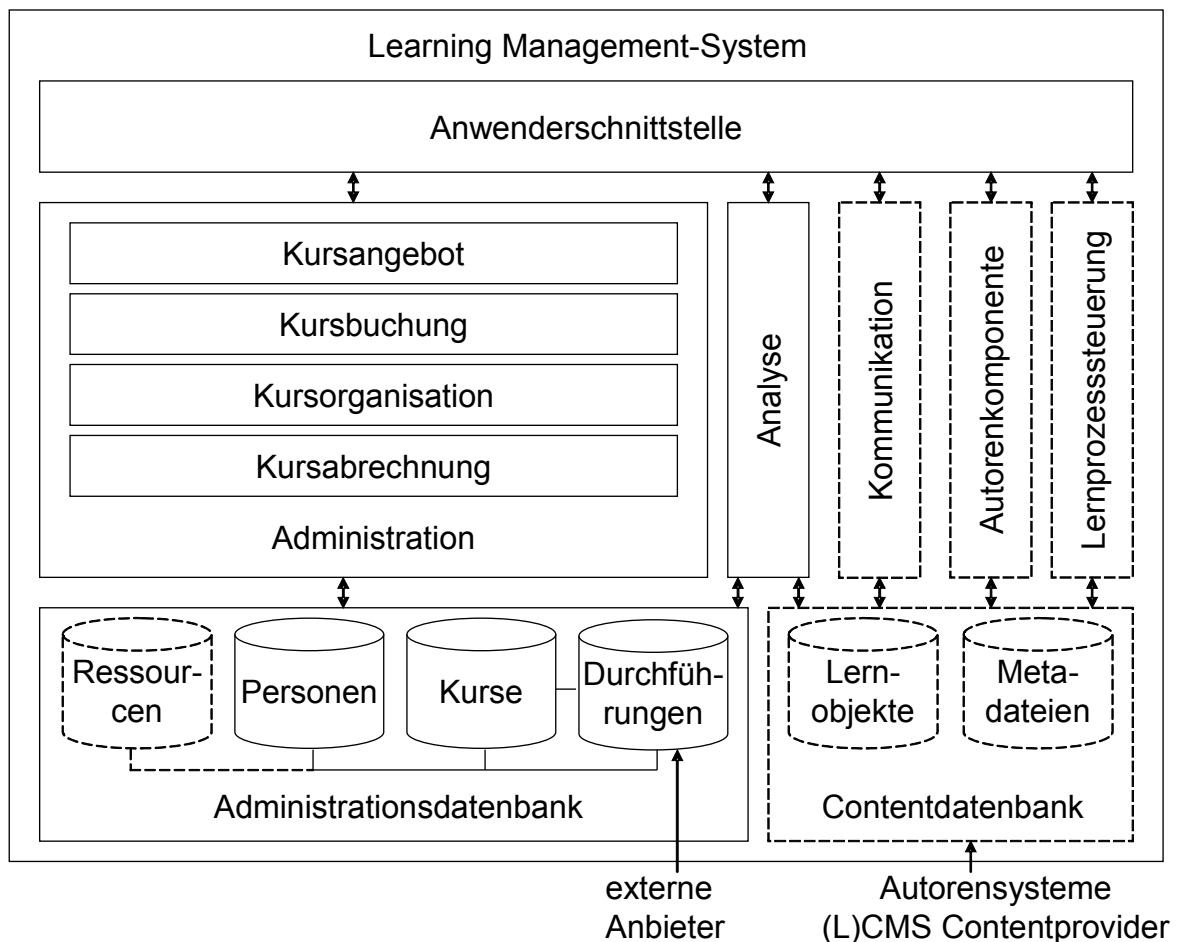


Abbildung 2.12: Exemplarische Softwarearchitektur eines Lernmanagement-Systems [STR08]

einzelnen Kurse koordiniert und beispielsweise Fristen definiert werden können. Die Durchführungsdatenbank ist aber vor Allem für die Abbildung des Lernverlaufs zuständig, was die Voraussetzung für ein effizientes Bildungscontrolling darstellt [HUM01]. Sie speichert üblicherweise das Nutzerverhalten, d. h. die Aufenthaltszeiten der Lernenden in verschiedenen Teilbereichen des Systems, die Zuordnung der Personen zu den von ihnen eingegebenen Beiträgen oder die Ergebnisse von durchgeführten Onlineabfragen oder -prüfungen. Eine Ressourcendatenbank kann optional als Zusatznutzen ergänzt werden, um die Auslastung begrenzter Kapazitäten zu planen. Dazu gehört zum Beispiel eine Raumplanung im Rahmen eines Blended Learnings.

Auf der anderen Seite ist die Content-Datenbank vorhanden, in welcher die eigentlichen Inhalte gespeichert sind. Die Content-Datenbank beinhaltet alle vom System zur Verfügung gestellten Lerninhalte. Es findet dabei eine Datenhaltung in Form modularer und wieder verwendbarer Lernobjekte statt, die zu Kursen und Lehrgängen zusammengefasst werden können. Die Lernobjekte werden mittels Metadaten näher beschrieben [STR08]. Sie dienen dazu, die eigentlichen Inhalte zu erläutern, die Beziehungen zwischen den einzelnen Lehreinheiten darzustellen und sie zu klassifizieren, d. h. zum Beispiel aufzuzeigen, für welche Adressaten sie geeignet sind. Derzeit gibt es Bemühungen, die Ablage der Informationen und der Metadaten in der Datenbank zu standardisieren, damit ein Austausch zwischen unterschiedlichen Learning-Management-Systemen möglich ist. Eine einheitliche Lösung ist noch nicht geschaffen, allerdings haben sich erste Standards herausgebildet. Das populärste Beispiel ist der Scorm-Standard (**S**harable **C**ontent **O**bject **R**eference **M**odel) der ADL-Initiative (**A**dvanced **D**istributed **L**earning). Nach Ansicht der ADL-Initiative sollten sämt-

liche Lerninhalte als wiederverwendbare Lernobjekte überall und jederzeit zur Verfügung stehen [ULL05], S. 177. Damit könnten die Inhalte in unterschiedlichen Systemen eingesetzt werden.

Die einzelnen Programmmodule stellen die Verbindung zwischen den Datenbanken und der Anwenderschnittstelle her. Sie bekommen von der Anwenderschnittstelle Anfragen übermittelt, rufen die Informationen in den Datenbanken ab, werten sie aus und übermitteln die Ergebnisse an die Anwenderschnittstelle zurück, die sie für den Nutzer darstellt. Elementar sind dabei Module zur Analyse, Kommunikation, eine Autorenkomponente und die Lernprozesssteuerung.

In den Bereich der Analyse fällt beispielsweise das angesprochene Bildungscontrolling. Es ist im Allgemeinen möglich, das Nutzerverhalten zu analysieren, um z. B. personenbezogen auszuwerten, wie intensiv das System zum Lernen verwendet wird oder um die Bedeutung unterschiedlicher Lerneinheiten zu bestimmen. Dies kann durch die Quantifizierung der Nutzungshäufigkeit, durch begleitende Befragungen der Teilnehmer oder Onlineprüfungen geschehen [KÜN07b]. Weitere Analysen betreffen den eigentlichen Inhalt, indem zum Beispiel über die Metadaten ausgewertet wird, zu welchen Teilbereichen noch Lerninhalte fehlen. Des Weiteren werten die Systeme die Teilnehmerzahlen der verschiedenen Lehreinheiten aus und stellen den Teilnehmern selbst Statistiken zu ihrem Nutzerverhalten und Lernerfolg bereit [STR08].

Die Kommunikationsmodule unterstützen in der Regel synchrone und asynchrone Verfahren. Ein typisches Beispiel eines synchronen Verfahrens wäre ein Chat, bei dem die eingegebenen Nachrichten nahezu in Echtzeit an alle beteiligte Rechner übertragen werden. Der Nutzen von Chats in Lernsystemen ist jedoch umstritten. Laut Schulmeister [SCU06], S. 157, ist die Bereitschaft, an einem Chat teilzunehmen, oft gering, da die meisten Teilnehmer langsamer Tippen als Sprechen. Daher spürt jeder den Druck der Anderen, sich auch mitteilen zu wollen und es werden meist nur kurze, teilweise kryptisch verkürzte Äußerungen eingegeben. Dadurch wird Schnelligkeit wichtiger als Qualität und es ist kein individuelles Lerntempo möglich. Vor diesem Hintergrund haben sich Chats im Umfeld von Wissensmanagementlösungen im Allgemeinen oder im Umfeld von Lernmanagementsystemen im Besonderen nur bedingt bewährt. Sie verfügen über ein Nischendasein und werden oft ergänzend verwendet. Beispiele sind virtuelle Sprechstunden, um räumliche Entfernungen zu überbrücken, oder die Möglichkeit, während der Übertragung von Veranstaltungen via Chat ergänzende Fragen zu stellen. Damit bewegt sich der Chat jedoch nur in den Randbereichen von Lernmanagement-Systemen. Eine deutlich größere Bedeutung besitzen die asynchronen Kommunikationsformen, bei denen eine zeitliche Distanz zwischen dem Eintragen und Lesen von Informationen die Regel ist. Die allgemein gesehen populärste Variante sind Emails, bei denen der Zeitpunkt der Bearbeitung und evtl. Beantwortung flexibel ist. In Bezug auf Wissensmanagementlösungen besitzen Emails in der Regel einen rein unterstützenden Charakter. Sie werden verwendet, um Nutzer über Ereignisse zu informieren, wie z. B. das Einstellen von neuen Informationen in einem thematischen Teilbereich, der sie interessiert, oder falls im Rahmen des Workflows eine Aktion erwartet wird, wie z. B. die Freigabe von Informationen durch einen Moderator. Ähnliches gilt für Verwaltungsfunktionen wie die Mitteilung eines neuen Passwortes. Für den eigentlichen Wissensaustausch sind die Möglichkeiten beschränkt. Im Rahmen des so genannten Mikrolernens, dem Lernen in kleinsten Informationseinheiten, wird teilweise darüber nachgedacht, in wie weit es Sinn macht, dem Lernenden gezielt Informationen in regelmäßigen Abständen via Email zu übermitteln. In den meisten anderen Anwendungsfällen besitzen Emails jedoch den Nachteil, nur sehr begrenzt für eine kollaborative Zusammenarbeit geeignet zu sein. Andere Alternativen, wie Wikis oder Foren, verfügen über umfangreichere Möglichkeiten. Sie erlauben das strukturierte Ablegen von Informationen und stellen mitunter weitere anwendungsorientierte Funktionalitäten bereit. Üblicherweise können Themenbereiche von den Nutzern gezielt beobachtet werden, so dass sie eine Nachricht bekommen, wenn jemand einen für sie relevanten Bereich editiert hat. Des Weiteren besteht ein Rechtemanagementsystem, mit Hilfe dessen definiert wird, welche Berechtigungen für

welchen Nutzer bestehen. Meist verfügen nur ausgewählte Anwender in Foren über die Möglichkeit, die Inhalte mittels Kategorien zu strukturieren. Bei einem Lernmanagementsystem erfolgt die Organisation derartiger Funktionalitäten zentral, in diesem Falle über die Datenbank „Personen“. Dies ist ein zusätzlicher wesentlicher Vorteil gegenüber einzelnen unabhängigen Systemen, da alle diesbezüglichen Einstellungen einheitlich vorgenommen werden können.

Ein weiteres wesentliche Modul sind die Autorenkomponenten. Sie ermöglichen den Erstellern der Informationen im System die komfortable Eingabe. Es kann sich zum Beispiel um einen HTML-Editor handeln, mit Hilfe dessen das Ändern von definierten Informationswebseiten möglich ist. Weitere Alternativen sind komplexere Autorenkomponenten, beispielsweise zum Erstellen von Onlineprüfungen. Eine sehr umfassende Übersicht liefert Bertenbreiter [BER07]. Durch die Herausarbeitung von Standards behaupten sich erste systemübergreifende Autorenwerkzeuge am Markt, wie unter anderem Hehl verdeutlicht [HEH07]. Sie werden von dritten Anbietern entwickelt und vertrieben. Die standardisierte Schnittstelle erlaubt dabei die Kombination mit unterschiedlichen Lernmanagement-Systemen. So werden Synergieeffekte bei der Weiterentwicklung der häufig recht komplexen Teilprogramme erreicht. Dies hat zumindest teilweise zu einer Entkopplung der Autorenkomponente geführt. Das eigentliche Lernmanagement-System stellt das Modul selbst nicht mehr bereit, sondern lediglich eine Schnittstelle zur Einbindung derartiger Systeme, wie z. B. SCORM (Sharable Content Object Reference Model), AICC (Aviation Industry CBT Committee), IMS (IMS Content Packaging) [KLE06] oder LOM (Learning Objects Metadata) [LUE07], S. 212.

Module zur Lernprozesssteuerung koordinieren den zeitlichen und ereignisorientierten Ablauf des Lernfortschritts. Sie stellen Lerneinheiten in einer Ablauffolge zur Verfügung, wie sie von den Lehrenden definiert werden. Damit wird die Abbildung von nahezu beliebig komplexen Curricula möglich. Die Prozesse werden im einfachsten Falle rein zeitlich abgebildet. Des Weiteren sind die Systeme jedoch auch meist in der Lage, die Abhängigkeiten zwischen den Voraussetzungen des Lernenden, den bereits erfolgreich absolvierten Lerneinheiten und den daher anzubietenden und zu empfehlenden Ergänzungen herzustellen.

Des Weiteren verfügt nahezu jedes Lernmanagement-System über Module zur Administration der Kurse und Kursteilnehmer. Hierzu gehören die Darstellung des angebotenen Kursspektrums, evtl. in Abhängigkeit der persönlichen Voraussetzungen des jeweiligen Teilnehmers sowie Möglichkeiten zur Anmeldung am System und zu speziellen Kursen. Optional ist ein Modul vorhanden, welches die automatisierte Abrechnung kostenpflichtiger Angebote erlaubt.

2.1.5 Informationsportale

2.1.5.1 Einleitung

In der Abbildung 2.11 wurden bereits unterschiedliche Wissensmanagementwerkzeuge hinsichtlich Ansatz und Phase im Wissensmanagementzyklus unterschieden. Die für einen Aufbau und die Pflege von Wissensbasen besonders gut geeigneten Informationsportale, die im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen, werden im Folgenden näher beleuchtet. Informationsportale erheben den Anspruch eines zentralen Einstiegspunktes für einen speziellen Themenbereich bzw. für eine spezielle Zielgruppe. Es soll den Nutzern ermöglicht werden, an einer zentralen Stelle alle gewünschten Informationen zu bekommen. Die diesbezüglichen Möglichkeiten sind vielfältig. Im einfachsten Falle besteht ein Portal lediglich aus einer Linksammlung, die bestehende Wissensangebote aus dem Internet miteinander vernetzt. Ein derartiges Portal hätte jedoch einen sehr statischen Charakter, da die Erweiterung der Wissensbasis in erster Linie extern erfolgte. Soll dem kollaborativen Gedanken des Web 2.0 Rechnung getragen werden, so wäre diese Technik jedoch eher hinderlich.

Auch das Informationsportal hat sich vom reinen Informationslieferanten zum Wissensaustauschwerkzeug gewandelt. Daher sollte es selbst über Möglichkeiten verfügen, Wissen zu sammeln. Dies gelingt nur, falls es dem Nutzer erlaubt, Inhalte einzugeben und abzuspeichern.

In Abhängigkeit der zu unterstützenden Wissensprozesse kommen innerhalb der Informationsportale unterschiedliche Module zum Einsatz. Diese arbeiten entweder unabhängig voneinander oder sind durch ein übergreifendes Content-Managementsystem miteinander verbunden. Nur die zweite Variante eröffnet in der Regel die Möglichkeit, den eigentlichen Portalgedanken umzusetzen, da das Erscheinungsbild einheitlich wird und der Nutzer nicht mehr den Eindruck hat, sich in verschiedenen Systemen zu befinden. Darüber hinaus kann auf diese Weise eine Verbindung der unterschiedlichen Module erfolgen. Der Nutzer erwartet neben einem einheitlichen Erscheinungsbild vor Allem eine durchgängige Bedienung. Dazu gehört zum Beispiel eine automatische Freischaltung aller ihm erlaubten Funktionen. Die Administratoren sollten zudem die Möglichkeit bekommen, die Nutzer und ihre Rechte zentral zu verwalten sowie die wesentlichen Einstellungen der einzelnen Module zentral vorzunehmen. Daher existieren einige grundlegenden Anforderungen, die im Folgenden erläutert werden:

Single Sign On

Unter „Single Sign On“ wird ein System verstanden, bei dem sich der Nutzer nur einmal anmelden muss und trotzdem die unterschiedlichsten Module verwenden darf, die alle seine einmalige Autorisierung akzeptieren [LAS06], S. 369. Dadurch ergibt sich ein hohes Maß an Komfort und Produktivität, da der Nutzer zwischen den unterschiedlichen Module sehr schnell wechseln kann, ohne sich erneut einloggen zu müssen. Innerhalb der Content-Managementsysteme ist ein derartiges Single Sign On Stand der Technik [GEN04], S. 35. Üblicherweise verfügen alle vom System unterstützten Module über diese Funktionalität. Darüber hinaus haben sich Protokolle durchgesetzt, die ein Single Sign On zwischen unterschiedlichen Systemen ermöglichen. Das diesbezüglich populärste Protokoll ist LDAP (**L**ightweight **D**irectory **A**ccess **P**rotocol) [CAR03]. Es wird von zahlreichen Serversystemen unterstützt und definiert die Kommunikation zwischen dem LDAP-Klienten und dem Verzeichnis, dem sogenannten Directory Server. Auf dem Directory Server wiederum können die unterschiedlichsten Informationen abgespeichert sein, wie die Kontaktdaten einzelner Nutzer, die Netzwerkressourcen wie z. B. freigegebene Drucker oder die entsprechenden Rechte, über die ein Nutzer verfügt. Somit werden diese zentralen Informationen systemübergreifend zur Verfügung gestellt. Es wird auch möglich, Anwendungen über die Grenzen eines Content-Managementsystems hinaus zu verbinden. Wichtig ist diese Funktionalität vor Allem für das Intranet. Meldet sich der Nutzer einmal an seinem Rechner an, erkennt auch das Contentmanagementsystem die Autorisierung. Der Nutzer hat den Vorteil, sich nicht mehrfach registrieren und anmelden zu müssen. Die Administratoren können zudem die Einstellungen zentral an einer Stelle verwalten.

Einheitliche Benutzeroberfläche

Eine einheitliche Benutzeroberfläche senkt den Schulungsaufwand für die Mitarbeiter und erhöht die Akzeptanz der Nutzung des Systems. Sie wird in der Regel dadurch erreicht, dass alle Module auf eine einheitliche sogenannte Template Engine zugreifen, die für die Darstellung der Seiten verantwortlich ist. Die weiteren prinzipiellen Zusammenhänge werden an späterer Stelle bei der Beschreibung des Aufbaus von Content-Managementsystemen erläutert.

Gemeinsame Datenbank

Die Verwendung einer einheitlichen Datenbank vereinfacht die Portierung des Systems auf andere Server und erlaubt den Modulen einen einfachen Zugriff auf gemeinsame Inhalte. Zudem werden alle Informationen über die Nutzer zentral gespeichert und zur Verfügung gestellt.

Personalisierbarkeit

Die Personalisierbarkeit ist ein wesentliches Merkmal von Portalen. Es grenzt Portale insbesondere von normalen Webseiten ab [GEN04], S. 7. Die Personalisierbarkeit bietet Vorteile, die hauptsächlich auf die Effektivität und Produktivität der Nutzer abzielen [RUE08], S. 12. Es wird jedem Nutzer eine angepasste Arbeitsumgebung ermöglicht, die ihn in seinen Aufgaben optimal unterstützt. Teilweise können die Einstellungen vom Administrator in Abhängigkeit der Aufgabe des Nutzers eingestellt werden, teilweise kann der Nutzer die Einstellungen selbstständig vornehmen. Als minimale Möglichkeiten stehen bei Content-Managementsystemen üblicherweise die Voreinstellung der Sprache und die Auswahl eines Designs zur Verfügung. Darüber hinaus können zum Teil Module aktiviert bzw. deaktiviert werden. Die Auswahl der Anordnung einzelner Anzeigeblöcke komplettiert die Möglichkeiten.

Die Personalisierbarkeit steht hierbei grundsätzlich der Vereinheitlichung entgegen, so dass die Betreiber der Seiten entscheiden müssen, wie sie die Prioritäten setzen. Ein übertriebener Grad an individueller Anpassung führt unter Umständen zu einer geringeren Identifikation und erschwert den Austausch zwischen den Nutzern [RUE08], S. 12.

Im Folgenden soll der Aufbau eines Informationsportals im Sinne der Abgrenzung des Kapitels 2.1.2 aufgezeigt werden. Ein Informationsportal erhebt den Anspruch, die Informationen, die verteilt über unterschiedliche Personen und unterschiedliche Systeme vorhanden sind, an einer zentralen Stelle zu sammeln und zur Verfügung zu stellen [GEN04]. Wenn es sich um eine branchenweite Lösung handelt, ist die Herausforderung an die Umsetzung besonders groß. Es muss gelingen, jedem Interessierten Zugang zu verschaffen und die Möglichkeit zu geben, Inhalte einzu-

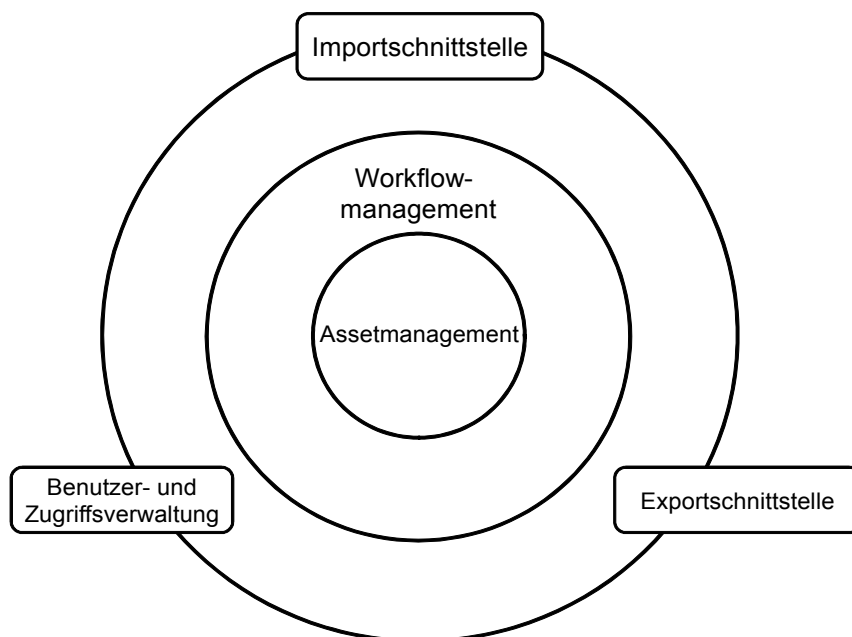


Abbildung 2.13: Prinzipieller Aufbau eines Web-Contentmanagementsystems [CON08]

bringen. Gleichzeitig soll aber eine hohe Qualität der Inhalte, eine große Sicherheit gegen Missbrauch und eine gute Übersichtlichkeit gewährleistet werden.

Sinnvollerweise werden für Informationsportale so genannte Web-Contentmanagementsysteme verwendet. Die Abbildung 2.13 zeigt einen möglichen prinzipiellen Aufbau eines derartigen Web-Contentmanagementsystemes auf:

Der besondere Vorteil eines solchen Systems ergibt sich dadurch, dass es Inhalte in idealer Weise verwalten und über die Internettechniken verbreiten kann, für die Administration und Inhaltserstellung jedoch keine Programmier- oder umfangreichere Interneterfahrungen erforderlich sind. Es besteht prinzipiell die Möglichkeit, nach dem Einloggen in Abhängigkeit der vergebenen Rechte unterschiedliche Module zu administrieren und Inhalte zu ändern.

Wie die Abbildung 2.13 zeigt, verfügt ein Web-Contentmanagementsystem über die rudimentärem Grundmodule:

- Assetmanagement
- Workflowmanagement
- Benutzer- und Zugriffsverwaltung
- Im- und Exportschnittstelle

Die entsprechenden Grundlagen sollen im Folgenden kurz dargestellt werden:

Assetmanagement bedeutet in diesem Zusammenhang die Speicherung und Verwaltung nahezu beliebiger Daten. Es soll vor allem möglich sein, Texte und Bilder abzuspeichern. Ergänzend ist es im Umfeld des Maschinenbaus jedoch geboten, weitere Speichermöglichkeiten vorzuhalten. Dazu gehört beispielsweise das Ablegen und zur Verfügung stellen von CAD-Daten für parametrische technische Zeichnungen [GUL02], S. 158.

Workflowmanagement bezeichnet den gerichteten zeitlichen Durchlauf eines Dokumentes. Es sollte z. B. vorgegeben werden können, welche Personen Inhalte erzeugen, wer sie freigeben darf und in welcher Form sie teil- oder vollautomatisch archiviert werden, wenn sie ein gewisses Alter überschritten haben [HIP04]. Mit dem Workflowmanagement direkt verbunden sind Benachrichtigungsoptionen, die sicherstellen, dass die jeweiligen Personen darüber informiert werden, was das System aktuell von ihnen erwartet. Zudem sollten sie beim Einloggen über die erlaubten Optionen und neuen Nachrichten informiert werden.

Die Benutzer- und Zugriffsverwaltung stattet unterschiedliche Personen mit verschiedenen Zugriffsrechten aus. In Abhängigkeit ihrer Rolle dürfen sie lediglich Inhalte lesen oder aber auch verfassen. Moderatoren haben die Möglichkeit, die Strukturen, wie beispielsweise Gliederungen, zu ändern und Umfragen zu formulieren. Die Administratoren dürfen alle Benutzerdaten einsehen und ändern sowie die Anordnung der kompletten Seite steuern. Stand der Technik ist, dass den Nutzern nur die Funktionen angeboten werden, die sie auch wirklich bedienen dürfen. Alle anderen Links werden ausgeblendet, so dass die Übersichtlichkeit gewährleistet ist und der Nutzer nicht ständig den Hinweis bekommt, er dürfe das entsprechende Element nicht bedienen. Die Abbildung 2.14 zeigt exemplarisch den Zusammenhang zwischen den Rollen und den unterschiedlichen damit in Zusammenhang stehenden Rechten auf.

Für die Moderatoren und Administratoren bestehen zahlreiche übersichtliche Möglichkeiten, die Nutzer zu verwalten und ihre Rechte einzustellen. Dabei ist die Definition von Gruppen möglich,

um die Administration wesentlich zu vereinfachen. Ein Beispiel wäre die Gruppe der „Redakteure“, wobei jedes Gruppenmitglied automatisch das Recht erhält, Artikel freizugeben.

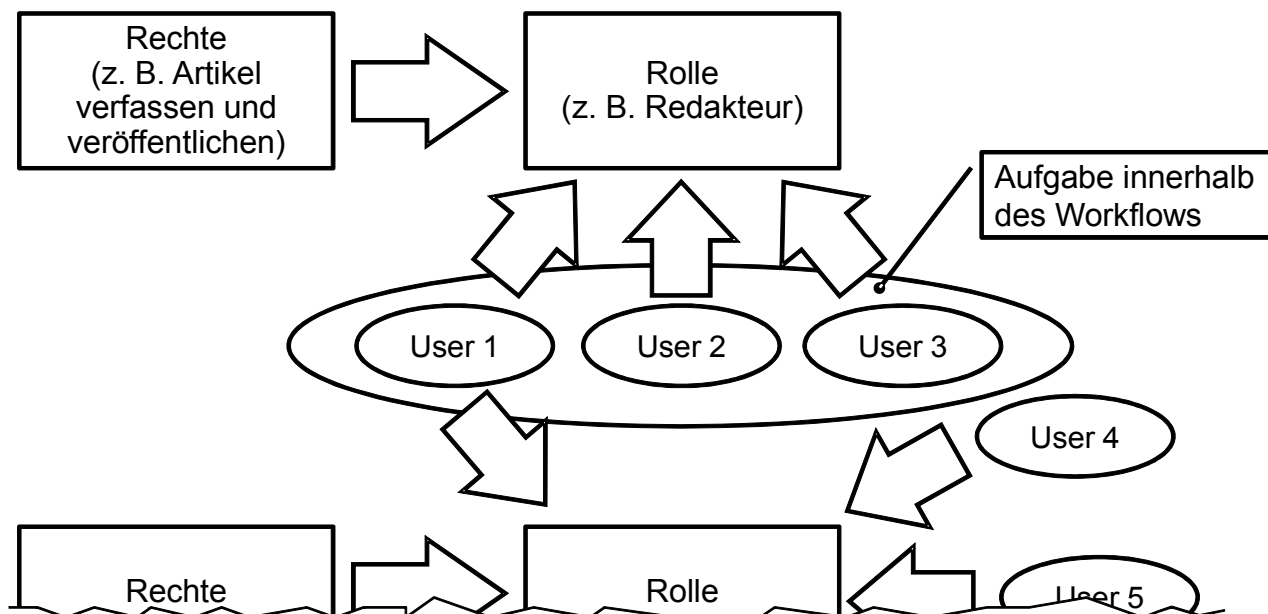


Abbildung 2.14: Rechte in Abhängigkeit der Rolle im Content-Managementsystem

Die Importschnittstelle erlaubt das Einbringen externer Inhalte. Derartige Schnittstellen sind häufig noch nicht ausgereift, da einheitliche Standards für die technische Inhaltsdarstellung nicht definiert sind bzw. nicht durchgängig angewendet werden. Eine mögliche Sprache für eine inhaltsorientierte Schnittstelle ist XML (Extensible Markup Language) [RAY04]. Sogenannte Parser können XML auslesen und wieder in Daten umwandeln, die in Datenbanken abgespeichert sind. Da jedoch nur der generelle Aufbau von XML definiert ist, aber die unterschiedlichsten Datenbankstrukturen abgebildet werden können, ist keine Einheitlichkeit gegeben, und ein Datenaustausch ist in erster Näherung nur zwischen Systemen möglich, die ideal aneinander angepasst sind. Das informationsliefernde System muss exakt dasselbe XML-Schema einsetzen wie das empfangene. Dies ist nur bei einer genauen Abstimmung möglich.

Im Rahmen von Informationsportalen kann XML eingesetzt werden, um die Daten weiteren externen Systemen zur Verfügung zu stellen, wenn beispielsweise die Einbindung in andere Webseiten gewünscht ist. Zudem besteht die Möglichkeit, den Austausch von Internet- und Intranetsystemen via XML durchzuführen.

Die beschriebenen Grundmodule bilden die Basis von Informationsportalen. Um Sie für den Wissensaustausch zu verwenden, können weitere Module implementiert werden, die die Inhaltsgenerierung und Aufbereitung unterstützen und die auf die Grundmodule aufbauen. Die Abbildung 2.15 zeigt exemplarisch eine derartig erweiterte Architektur auf.

Die Portalbasisdienste sind in der Referenzarchitektur von Gurzki [GUR03] bereits erweitert worden. Die Architektur entspricht in der Grundform vielen Content-Managementsystemen, die kommerziell oder als Open Source-Produkt erhältlich sind. Das „Assetmanagement“ ist, da Wissensinhalte immer mehr im Vordergrund stehen, zum „Content-Management“ spezialisiert worden. Die „Rechte- und Benutzerverwaltung“ verfügt weiterhin über eine zentrale Bedeutung für die Steuerung des Systems. „Workflowmanagement“ bezeichnet Gurzki allgemeiner als „Prozessunter-

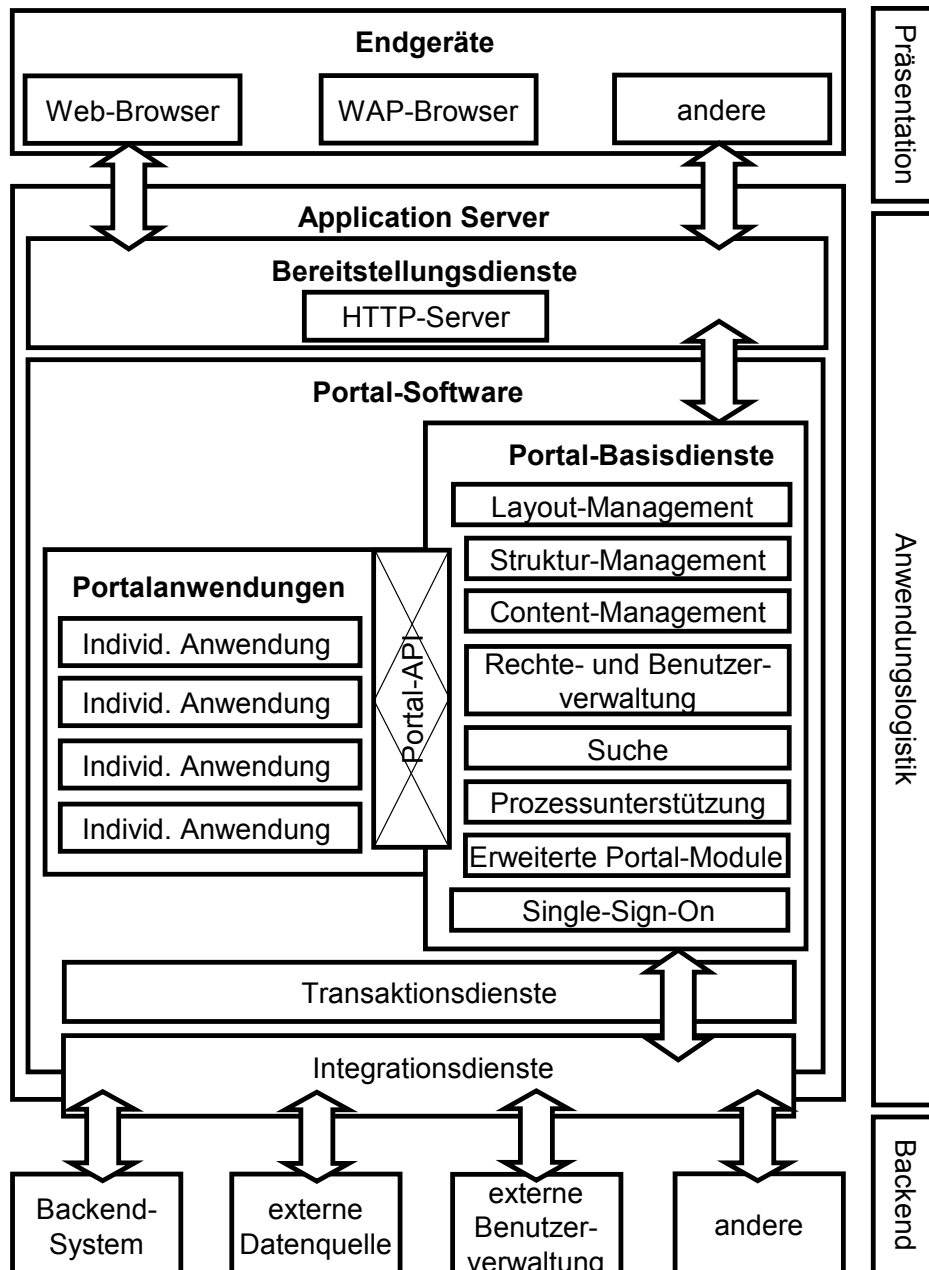


Abbildung 2.15: Referenzarchitektur einer Portalsoftware [GUR03]

stützung“, da er sich auf Unternehmensportale konzentriert, die Geschäftsprozesse begünstigen. Ergänzt wurde ein Suchmodul, ein Layout- und ein Struktur-Management.

Die Suche wird bei neueren Systemen häufig über ein übergreifendes Modul realisiert, so dass der Nutzer die Möglichkeit bekommt, in allen weiteren Modulen, in denen Inhalte gespeichert sind, einheitlich zu recherchieren und die Ergebnisse in einer Zusammenfassung angezeigt zu bekommen.

Das Layoutmanagement stellt die einheitliche Darstellung der Seiten trotz Verwendung verschiedener Module und mitunter externer Inhalte sicher. Dabei kommt oft eine Template-Engine zum Einsatz. Ein Beispiel einer derartigen Template-Engine ist im Kapitel 4.6.3.2 beschrieben.

Das Struktur-Management regelt die Anordnung von Applikationen innerhalb der Portalseite. Die Seite ist hierfür z. B. in Anzeigeblocke eingeteilt [GOS05]. Die Anordnung dieser Blöcke und die Aktivierung der Applikationen für verschiedene Nutzer im Zusammenspiel mit der Rechte- und Be-

nutzerverwaltung wird durch das Struktur-Management zentral gesteuert. Das Ergebnis ist die Realisierung einer Hauptfunktion der Portale in Form des strukturierten Zusammenfassens von unterschiedlichen Informationsquellen an einer zentralen Stelle.

Die aufgeführten Portal-Basisdienste bilden das Grundfundament der Portalsoftware. Es wird somit ein rudimentärer Betrieb ermöglicht, der meist jedoch nicht alle Anforderungen erfüllen kann. Daher wird großer Wert auf die Erweiterbarkeit eines solchen Portals gelegt. Dazu stehen mitunter weitere Portal-Module zur Verfügung, die optional installiert werden können. Darüber hinaus ist die Eigenentwicklung weiterer Module möglich, um ein Maximum an Gestaltungsfreiraum zu realisieren. Diese ergänzenden Module sollen nicht allein stehend betrieben werden, sondern sich ideal in die Portalsoftwarestruktur eingliedern. Daher müssen derartige Eigenentwicklungen definierte Schnittstellen zu den anderen Modulen der Portale besitzen. Hierfür stehen API's zur Verfügung. Bei einer API (**A**pplication **P**rogramming **I**nterface) handelt es sich um eine Programmierschnittstelle, die das Bindeglied zwischen dem eigentlichen Kern des Content-Managementsystems und den Eigenentwicklungen darstellt [GRA07]. Durch die Verwendung der API wird sichergestellt, dass die Anwendungen auf die Datenbank des Content-Managementsystems zugreifen, die Daten und Rechte der Nutzer verwenden können oder die Publikation von Inhalten durch weitere Hilfs- und Strukturierungsmodule unterstützt wird. Wie in der Abbildung 2.15 aufgezeigt, können auf diese Weise beliebige individuelle Anwendungen ergänzt und unter dem Dach des Portals zusammengefasst werden.

Auf das Portal kann über das Intra- bzw. Internet zugegriffen werden, um eine Publikation der Inhalte zu ermöglichen. Gleichzeitig ist das Portal bei einer entsprechenden Erweiterung selbst in der Lage, Informationen aus einem Netzwerk zu beziehen. Dazu stehen auf der einen Seite die Bereitstellungsdienste, wie z. B. eine Internetserversoftware und auf der anderen Seite Integrationsdienste, wie z. B. eine Schnittstelle zum Active Directory eines Unternehmens, in welchem die Daten der Mitarbeiter und ihre Berechtigungen gespeichert sind, (vgl. Kap. 4.6.3.5) zur Verfügung.

Der Internetserversoftware besitzt insbesondere die Aufgabe, den Datenaustausch zwischen dem Server und den einzelnen Arbeitsplätzen (Client-Computern) zu organisieren. Dazu wird das HTTP-Protokoll (**H**ypertext **T**ransfer **P**rotocol) verwendet [HTT09]. Die HTTP-Seiten selbst stellt die Portalsoftware zur Verfügung. Dies erfolgt dynamisch mit Hilfe der Anwendungslogik, die die einzelnen Module zur Verfügung stellen. Diese wiederum generieren ihre Inhalte meist aus Daten, die in Datenbanken abgespeichert sind. Für die Verwaltung der Datenbanken und für den Ablauf der eigentlichen Anwendungslogik ist teilweise eine Applikationsserversoftware erforderlich. Hier haben sich im Umfeld der Internettechnologien Standards herausgebildet, die eine große Verbreitung besitzen. Teilweise sind die Grenzen zwischen dem Applikationsserver und den Bereitstellungsdiensten fließend. So kann die Software vieler Internetserver erweitert werden. Eine oft vorzufindende Kombination ist zum Beispiel die derzeit am meisten verbreitete Software für Internetserver Apache und der Interpreter für die Skriptsprache PHP [KAN07].

Die Kombination aus beiden eignet sich sehr gut für die Entwicklung von dynamischen Inhalten und damit auch zur Realisierung von Content-Managementsystemen. PHP ist bekannt für seine Internet-Protokolleinbindung sowie die Verfügbarkeit zahlreicher zusätzlicher Funktionsbibliotheken, die beispielsweise das einfache Konvertieren von Bildern für die Verwendung im Internet erlauben. Eine genauere Beschreibung erfolgt im Kapitel . Zahlreiche Content-Managementsysteme basieren daher auf dieser Skriptsprache.

Die Integrationsdienste haben in den letzten Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen, da der Austausch zwischen den Portalen und externen Anwendungen immer wichtiger wird. Die

Integrationsdienste dienen zum Beispiel dazu, die in unterschiedlichen Medien gespeicherten Wissensselemente zu verwalten, zu strukturieren und zu organisieren [SCM06], S. 168. Eine weitere Möglichkeit ist die Unterstützung des bereits beschriebenen „Single-Sign-On“ durch das Herstellen einer Verbindung zu einer externen Datenbank mit übergeordneten Nutzerinformationen.

Darüber hinaus besitzen zahlreiche Systeme definierte Schnittstellen, die beispielsweise den Import von XML erlauben. XML bildet sich immer mehr als wichtigster Standard für den Datenaustausch heraus. Praktisch überall dort, wo Daten anfallen, ausgetauscht und verarbeitet werden, lässt sich grundsätzlich auch eine Lösung via XML realisieren [SKU08]. Es ist, gerade für einfachere Austauschaufgaben, nicht immer die einfachste Variante, dafür aber universell für beliebige Anwendungsfelder einsetzbar. Dies erklärt die derzeit sehr umfangreiche Ausweitung dieses Standards. Für die Zukunft wird XML-Schnittstellen daher eine weiterhin steigende Bedeutung vorausgesagt. Wie bereits beschrieben, müssen hierfür die Daten liefernden als auch die Daten empfangenden Systeme aufeinander abgestimmt sein.

Durch die Kombination mit einem Backendsystem ist eine komfortable Administration des Portals sichergestellt. Das Backendsystem kann entweder vollständig in das System integriert sein oder aber als ergänzende Einzelanwendung mit Zugriff auf die Datenbank, in der die Einstellungen gespeichert sind, ausgeführt werden. Oft handelt es sich auch um ein Modul der Standardbasisdienste, wobei das Rechtemanagement sicherstellt, dass nur Administratoren das Recht haben, vertrauliche Inhalte einzusehen und Einstellungen zu ändern.

Die Programmierung der in der Abbildung 2.15 auf der linken Seite dargestellten individuellen Anwendungen setzt die Offenlegung der Portal-API voraus. Durch sie wird beschrieben, wie der strukturelle Aufbau der individuellen Anwendungen gestaltet sein muss, um auf die anderen Module zugreifen zu können. Dabei ist der Austausch mit den Portal-Basisdiensten zwingend erforderlich. Nur so ist es möglich, die Rechte der Nutzer für die Erweiterung einzustellen, die Inhalte über das Layout-Management auszugeben und Inhalte über das Content-Management auszutauschen. Gerade durch dieses einheitliche Erscheinungsbild und die gemeinschaftliche Datenhaltung zeichnen sich Portale aus und grenzen sich von anderen Webseiten ab. Bei Open Source-Systemen ist die Offenlegung selbstverständlich, aber auch kommerzielle Anwender sind zur Publikation ihrer Schnittstellen übergegangen, um durch die Erweiterbarkeit eine möglichst große Verbreitung zu erreichen. Beispiele sind der Sharepoint Server von Microsoft® [MOL08], Lotus Notes® [MUH00] oder die SAP® Workflow API [FLE03]. Die Portal-Anwendungen basieren dabei oft auf derselben Programmiersprache wie das Content-Managementsystem. So kann auf dieselben Ressourcen, wie z. B. den Applikationsserver, zugegriffen werden.

Die Architektur der Content-Managementsysteme in Form der Zusammenschaltung von verschiedenen Teilbereichen über die Programmierschnittstellen erlaubt den typischen modularen Aufbau. Neben den Portalbasisdiensten stehen bei nahezu allen Open Source-Systemen optionale Module bereit, die bei Bedarf installiert werden können. Hierbei sind typische Module, die Wissensmanagementprozesse unterstützen können, obligatorisch. Im Folgenden werden einige Grundfunktionalitäten beschrieben, die in den Systemen oft vorhanden sind.

2.1.5.2 Module von Informationsportalen

Wiki

Wikis entstanden 1995 als Werkzeug zur Unterstützung von Wissensmanagement, Kooperation und Informationsaustausch über das Internet [WRO07], S. 12. Der Erfinder Ward Cunningham entwi-

ckelte eine Methode, die es erlaubt, Internetseiten direkt über einen Browser zu bearbeiten, obwohl die Browser ursprünglich nur dazu gedacht waren, Internetseiten anzuzeigen [KRO07]. Der besondere Vorteil liegt darin, dass die Nutzer keinen speziellen Editor benötigen und nur die Übertragungsprotokolle verwendet werden, die die Browser ohnehin zum Datenaustausch mit den Servern nutzen. Vor diesem Hintergrund bestehen nahezu keine technischen Zugangsbarrieren. Jede Person, die Inhalte im Internet einsehen kann, ist im Folgenden auch in der Lage, sie zu bearbeiten.

Die Möglichkeiten zur Formatierung der Texte sind jedoch rudimentär. Es existiert eine spezielle Wiki-Syntax, die von den Nutzern zu erlernen ist. Dadurch kommt es besonders bei Nutzern, die derartige Systeme nur sporadisch nutzen, zu Zugangsbarrieren, da sie sich mit der Syntax überfordert fühlen. Es ist erforderlich, spezielle Platzhalter, so genannte Tags, auswendig zu lernen, mit denen z. B. Überschriften oder Hyperlinks definiert werden:

== Abgrenzungen ==

Sehr oft findet man für die hier beschriebenen Tätigkeiten die folgenden Bezeichnungen:

Metallreinigung (im Englischen: metal cleaning), [[Metalle|Metall]]-Oberflächenreinigung (metal surface cleaning), Bauteilreinigung (parts or component cleaning), [[Entfettung]] (degreasing). Diese haben sich im Sprachgebrauch etabliert, leiden aber unter einer gewissen Ungenauigkeit. Metallreinigung ist leicht mit einer Raffination verunreinigter Metalle zu verwechseln und wie auch die Metall-Oberflächenreinigung lässt sie außer Acht, dass in steigender Tendenz auch andere Materialien wie Kunst- und Verbundwerkstoffe gereinigt werden. Der Begriff Bauteilreinigung blendet aus, dass auch Ausgangsmaterialien wie Stahlprofile und –bleche gereinigt werden und die Entfettung beschreibt nur ein Teilgebiet, denn in der übergroßen Mehrzahl der Fälle müssen auch Späne, Abrieb, Partikel, Salze etc. mit abgereinigt werden.

Abgrenzungen [Bearbeiten]

Sehr oft findet man für die hier beschriebenen Tätigkeiten die folgenden Bezeichnungen: Metallreinigung (im Englischen: metal cleaning), **Metall**-Oberflächenreinigung (metal surface cleaning), Bauteilreinigung (parts or component cleaning), **Entfettung** (degreasing). Diese haben sich im Sprachgebrauch etabliert, leiden aber unter einer gewissen Ungenauigkeit. Metallreinigung ist leicht mit einer Raffination verunreinigter Metalle zu verwechseln und wie auch die Metall-Oberflächenreinigung lässt sie außer Acht, dass in steigender Tendenz auch andere Materialien wie Kunst- und Verbundwerkstoffe gereinigt werden. Der Begriff Bauteilreinigung blendet aus, dass auch Ausgangsmaterialien wie Stahlprofile und –bleche gereinigt werden und die Entfettung beschreibt nur ein Teilgebiet, denn in der übergroßen Mehrzahl der Fälle müssen auch Späne, Abrieb, Partikel, Salze etc. mit abgereinigt werden.

Abbildung 2.16: Wiki-Syntax

Die Abbildung visualisiert den Unterschied zwischen der Wiki-Syntax und der später angezeigten Webseite. Ein intuitives Arbeiten ist kaum möglich. Der Nutzer muss wissen, dass er zum Beispiel eine Überschrift erzeugt, indem er den Wörtern zwei Gleichheitszeichen vor- und nachstellt. Das Vorgehen zum internen Verlinken zu anderen bereits abgespeicherten Artikeln ist noch weitaus komplizierter.

Auch das Hochladen von externen Medien gestaltet sich schwierig. Meist ist kein direktes Einfügen in einen Artikel möglich. Stattdessen muss der Inhalt zunächst in einem separaten Bereich hochgeladen werden, um dann in einem Artikel intern auf ihn zu verlinken. Das Vorgehen ist somit deutlich komplizierter als bei bekannten Texteditoren [NIE08], S. 534. Erste Texteditoren, wie Open Office, bieten auch den Export von Wiki-Syntax an. Um vorhandene Inhalte zu editieren, wäre es dafür aber erforderlich, die bestehenden Inhalte in den Editor hineinzukopieren, diese dann zu bearbeiten und wieder zu exportieren. Dieses aufwändige Verfahren widerspricht der eigentlichen Idee der Wikis, dem spontanen Editieren der Inhalte ohne weitere Hilfsmittel und ohne weitere installierte Software.

Anfangs handelte es sich bei Wikis zumeist ausschließlich um alleinstehende Softwarewerkzeuge. Zunehmend ist es aber auch möglich, diese in Portale zu integrieren, um eine Verknüpfung mit an-

deren Wissensmanagementwerkzeugen unter einem gemeinsamen Dach zu erlauben. Gängige Content-Management- und Lernmanagementsysteme verfügen über Wikimodule. Beispiele sind:

- das Pagesetter-Modul beim CMS Zikula (ehemals postnuke), [GOS05], S. 47
- Joomla (bekanntes CMS mit integrierter Wiki-Funktionalität), [EBE07], S. 457
- Typo3 (bekanntes CMS mit integrierter Wiki-Funktionalität), [EBE07], S. 457
- Moodle (LMS inklusive Wiki-Funktionalität), [COL08], S. 162
- ILIAS (LMS inklusive Wiki-Funktionalität seit der Version 3.10), [ILI09]

Durch diese Entwicklung sind Wikis zu Standardwerkzeugen innerhalb von Informationsportalen geworden. Sie eignen sich prinzipiell – abgesehen von den beschriebenen Barrieren – ideal, um umfassende Wissensgebiete zu erfassen. Problematisch ist aber die fehlende vorgegebene Struktur. Der Grundgedanke, die inhaltliche Weiterentwicklung in alle Richtungen zu erlauben, wird technisch so umgesetzt, dass jeder Nutzer zu beliebigen Themen Artikel veröffentlichen und diese mit vorhandenen in- und externen Artikeln verlinken darf. Es entsteht somit zwar ein semantisches Netzwerk, dieses wird aber nicht kontrolliert und kann damit sehr kompliziert und unübersichtlich werden. Häufig sind Inhalte redundant abgelegt, da ein Nutzer sie unter dem alternativ verwendeten Begriff nicht gefunden hatte und daher nochmals ergänzt. Außerdem fügt jeder Nutzer die Verlinkungen zu den anderen Inhalten nach Belieben ein. Viele lassen die Verlinkungen erfahrungsgemäß einfach weg, da ihnen der Aufwand zu groß ist, andere Verlinken selbst relativ unwichtige allgemeine Begriffe ihrer Texte. Eine übergeordnete taxonomische Struktur ist nicht vorhanden. Zudem gibt es auch keine Vorgabe, welche Themengebiete sinnvollerweise ergänzt werden sollten. Laut Mettinger [MET06], S. 232, führen derartige Umstände dazu, dass die Unübersichtlichkeit und das Chaos, das in einem Wiki erreicht werden kann, jenes z. B. von Foren beträchtlich übersteigt.

Wrobel [WRO07], S. 27, ergänzt die Nachteile von Wikis durch die Aspekte „Pull-Medium“ und „notwendige kritische Masse“. Da die Beteiligung an Wikis völlig freiwillig ist und keine Aufforderung, Artikel zu lesen, zu formulieren oder zu kontrollieren erfolgt, wachsen sie in Teilbereichen zu langsam bzw. zu unkontrolliert. Es findet zudem keine Evaluation, in wie weit die Inhalte hilfreich sind oder wichtige Informationen vermisst werden, statt. Die Qualität der Inhalte beruht in Wikis zudem auf einer notwendigen kritischen Masse. Bei ursprünglichen Wikis findet keine gezielte Kontrolle der Inhalte statt. Daher wird auch Niemand daran gehindert, bewusste oder unbewusste Fehlinformationen zu verbreiten. Trotzdem zeichnen sich viele Wikis, allen voran das populäre Wikipedia, durch eine erstaunlich hohe Qualität aus. Die dafür verantwortlichen Mechanismen untersuchen Tapscott und Williams [TAP06] sehr umfassend. Für die Qualität der Inhalte ist eine Gruppendynamik verantwortlich. Da es statistisch deutlich mehr Nutzer gibt, die wahre Inhalte verbreiten möchten und die sich auch nur an Themen beteiligen, bei denen sie sich sehr gut auskennen, werden mögliche Fehler relativ schnell erkannt und ausgebessert, falls ein Wiki sehr viele Nutzer hat [WIN07], S. 123. Hierbei ist zudem wichtig, dass viele Nutzer Experten auf eben diesem Gebiet sind. In der Praxis sind Wikis daher meist sehr gut für sehr allgemeine Themenbereiche, wie z. B. Onlineenzyklopädien, geeignet. Bei höher entwickeltem Fachwissen gestaltet sich die Sicherstellung einer hohen Qualität der Inhalte deutlich schwieriger, da die Anzahl der Nutzer, die die Qualität beurteilen können, viel niedriger ist. Werden derartige Systeme bei geringeren Nutzerzahlen auf das Intranet einzelner Unternehmen oder Organisationen beschränkt, ist die Gefahr der bewussten Manipulation sehr niedrig. Trotzdem eignet sich das Medium schon hier nicht, falls auf festgelegte Vorgänge, verlässliche, geprüfte und autorisierte Information Wert gelegt wird [LIS07], S. 314. Soll ein Wiki verwendet werden, um branchenweites Wissen aufzubereiten und zu verteilen, ist ergänzend eine Sabotage möglich, die nicht immer sofort auffällt. Beispiele sind das bewusste Einbringen von Werbung für ein Produkt bzw. das Verherrlichen von Technologien, die das eigene

Unternehmen vertreibt. Gibt es wenige weitere Experten auf demselben Gebiet, so können derartigen bewussten einseitigen Darstellungen nur sehr begrenzt entgegen werden.

Diskussionsforen

Diskussionsforen haben in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Sie sind mit den unterschiedlichsten Schwerpunkten im Internet zu finden und eignen sich zur Diskussion von Themengebieten, wobei Nutzer die Möglichkeit haben, Fragen zu stellen und zu beantworten.

Ein Forum verfügt meistens über eine taxonomische Struktur. Es wird nach Themen und Unterthemen sortiert. Bei einer neuen Frage wird ein neues Thema eröffnet, welches durch den Fragenden in die Gesamtstruktur einzuordnen ist [FOR09]. Dabei hat der Fragende ein großes Interesse an der korrekten Einordnung, da nur so die möglichen Unterstützer die Fragen finden und akzeptieren.

Diskussionsforen sind ein asynchrones Medium. Im Gegensatz zu Chats müssen die Teilnehmer nicht gleichzeitig am Rechner sitzen, sondern können je nach ihren zeitlichen Möglichkeiten an der Diskussion teilnehmen. Dies führt zu den Vorteilen, sich nicht fortwährend zeitlich abstimmen zu müssen und die Antworten konzentriert und in Ruhe verfassen zu können. Insbesondere bei der Beteiligung an vielen einzelnen Unterthemen kann die Bearbeitung zusammengefasst werden. Des Weiteren wird so Teilnehmern, die zu fest vorgegebenen Terminen keine Zeit hätten oder die an einem anderen Ort wohnen bzw. arbeiten, das Mitwirken ermöglicht [DRE07], S. 123.

Nachteilig ist die teilweise recht lange Zeit, die bis zur abschließenden Beantwortung einer Frage vergeht. Die für die Kommunikation wichtigen Rückkopplungsprozesse werden verzögert [ROH06], S. 50.

Die Qualität der Inhalte ist besser als in Chats, da sich Niemand genötigt fühlt, besonders schnell zu antworten. Allerdings erfolgt keine abschließende Aufbereitung der Inhalte. Haben die Fragenden im Idealfall die gewünschte Antwort bekommen oder im schlechtesten Falle Niemanden gefunden, der ihnen ausreichend gut antworten konnte, so ist das Thema damit abgeschlossen. Weitere Personen, die der gleichen oder einer ähnlichen Frage nachgehen, müssen die gesamte Diskussion nachträglich nachvollziehen, um die Informationen zu extrahieren, unabhängig davon, wie kompliziert die Diskussion geführt worden war.

Eines der populärsten Foren ist phpBB. Eine umfassende Beschreibung liefert Ebner [EBE08]. PhpBB ist mittlerweile in 47 Sprachen erhältlich und kann durch vorgefertigte Templates in kurzer Zeit optisch ansprechend aufbereitet werden [PHP09]. Durch die Bearbeitung der Templates ist es möglich, die Optik an die übrigen Seiten anzupassen. Des Weiteren existieren zahlreiche optionale Module, die die Software für spezielle Belange erweitert. Aufgrund ihres großen Funktionsumfangs wird sie häufig alleinstehend eingesetzt. PhpBB ist als Open Source freigegeben und wird daher ständig weiterentwickelt. Im Umfeld der Portale ist hierbei interessant, dass sich die Software als Modul zahlreicher Content-Managementsysteme installieren lässt. Beispiele hierfür sind:

- phpBB-Modul in Zikula
- phpBB-Extension für Typo3
- Kopplung von Joomla (CMS) mit phpBB über das zentrale Benutzerverwaltungsmodul Jfusion [JFU09]

Workflowmanagementsysteme

Workflowmanagementsystemen existieren mit den unterschiedlichsten Facetten. Gemeinsam ist allen Varianten die Unterstützung der Inhaltsgenerierungsprozesse. Eine allgemeine Definition lautet:

„Ein Workflowmanagementsystem ist ein (re-)aktives Basissoftwaresystem zur Steuerung des Arbeitsflusses (Workflows) zwischen beteiligten Stellen nach den Vorgaben einer Ablaufspezifikation (Workflow-Schema). Zum Betrieb eines Workflowmanagementsystems sind Workflowmanagement-Anwendungen zu entwickeln. Ein Workflowmanagementsystem unterstützt mit seinen Komponenten sowohl die Entwicklung (Modellierungskomponente) von Workflowmanagementanwendungen als auch die Steuerung und Ausführung (Laufzeitkomponente) von Workflows“ [BRA03], S. 3.

Die Definition bezieht sich zunächst auf Workflowmanagementsysteme im Allgemeinen und ist noch nicht auf Wissensmanagementanwendungen begrenzt. Die Definition lässt sich aber sehr gut auf dieses Spezialgebiet eingrenzen. Einige Content-Managementsysteme verfügen über ein Workflowmodul, welches die Aufgabe hat, andere Module zeitlich zu steuern bzw. vorgegebene Aktionen als Reaktionen auf bestimmte Ereignisse auszulösen. Dabei ist oft auch die in der Definition beschriebene Zweiteilung zu erkennen. Die Administratoren des Systems verfügen über die Möglichkeit, die Abhängigkeiten innerhalb des Workflows, d. h. zum Beispiel die Voraussetzungen, die für eine bestimmte Reaktion des Systems erforderlich sind, zu definieren. Dieser Teil kann als „Modellierungskomponente“ bezeichnet werden. Auf der anderen Seite löst die „Laufzeitkomponente“ die entsprechenden Reaktionen aus, falls die Ereignisse dann tatsächlich eingetreten sind. Dies kann beispielsweise das Verschicken einer Email sein, um einen Moderator über neue Inhalte im System zu informieren.

Für große Unternehmensanwendungen sind die Anforderungen an die Abbildung des Workflows mitunter sehr umfassend. Große Softwarehäuser, wie z. B. SAP, haben sich daher bereits seit Jahren auf die Unterstützung aller Geschäftsprozesse über einen anzupassenden Workflow spezialisiert [MEN00]. Die Anforderungen an die Module der Content-Managementsysteme sind im Vergleich dazu bescheiden. Nichts desto trotz sind Grundfunktionalitäten, um einen gerichteten Arbeitsablauf bei der Inhaltsgenerierung zu ermöglichen, sehr wichtig. Viele Content-Managementsysteme haben diese Anforderungen jedoch bisher sehr vernachlässigt. So verfügte eines der gängigsten Systeme, Typo3, bisher kaum über derartige Funktionalitäten. Bis zur aktuellen Version 4 existierte in Typo3 kein ernst zunehmendes Workflowmanagement. Seiten und deren Inhalte konnten nur auf *versteckt* oder *sichtbar* gestellt werden [BIE07], S. 336. Erste erhältliche Zusatzmodule sind nach wie vor noch sehr rudimentär.

Bei anderen Systemen ist die Situation vergleichbar. Das Content-Managementsystem Zikula verfügt in der Basisinstallation zunächst nicht über Workflowfunktionalitäten. Erst durch die Ergänzung des externen Moduls „Pagesetter“ werden grundlegende Möglichkeiten geschaffen [GOS05]. Pagesetter erlaubt das rudimentäre gerichtete Erstellen von Dokumenten. Die Administratoren können aus vorgefertigten Workflows auswählen. Darüber hinaus ist es mittels einer XML-Konfigurationsdatei möglich, weitere Workflows zu definieren [WIL09]. Eine Weiterentwicklung des Systems findet derzeit jedoch nicht mehr statt. Die Anpassung an die eigenen Belange gestaltet sich unter anderem aufgrund der fehlenden ausreichenden Dokumentation als äußerst schwierig. Bei manchen anderen Content-Managementsystemen, wie z. B. Joomla, sind im Internet ebenfalls als Open Source freigegebene Module im Umlauf, die die Abbildung einfacher Workflowsituationen erlauben [GRA07], S. 43.

Ein bekanntes Content-Managementsystem mit umfangreicheren Workflowfunktionen ist Plone. Bei der Grundinstallation ist bereits das Modul DCWorkflow vorhanden, welches die Funktionalität

bereit stellt [MCK05], S. 240. Hierbei können neue Workflows über die grafische Benutzeroberfläche editiert werden. Das Modul ist dabei eng mit dem Rechtemanagement verbunden, um sicherzustellen, dass auch nur berechnigte Personen Statusänderungen vornehmen können.

Die elementare Implementierung der Funktionalitäten bereits in der Grundinstallation, ohne weitere Module nachinstallieren zu müssen, ist eine wichtige Besonderheit von Plone. Damit ist dieses Content-Managementsystem für Vorhaben, bei denen die gerichtete Bearbeitung von Dokumenten gefordert ist, besonders interessant. Allerdings gilt die Einarbeitung in Plone als relativ schwierig und das System damit auch als schwer erweiterbar [UNN07]. Die Ansprüche an den Server sind zudem vergleichsweise hoch. Es muss der Applikationsserver Scope installiert werden. Dies ist bei vielen Providern nicht möglich bzw. gewünscht, was eine Barriere für das System darstellt und ihn insbesondere auch hinsichtlich seines Einsatzes in seit vielen Jahren natürlich gewachsenen Intranetumgebungen einschränkt.

Yellow Pages

Als „Yellow Pages“ werden im Wissensmanagement Methoden bezeichnet, die helfen, Experten zu einem bestimmten Themengebiet innerhalb einer Organisation zu finden. Eine deutsche Bezeichnung lautet „Expertenverzeichnis“. Derartige Systeme können als Module zahlreicher Content-Managementsysteme ergänzend installiert werden. Beispiele sind:

- das Modul „Branchenbuch“ für das CMS Typo3 [HES09]
- das Yellow-Pages-Modul für das CMS postnuke [YEL09a]
- das Yellow-Pages-Modul für das CMS Joomla [YEL09b]

Yellow Pages sind technisch gesehen meist einfache Linksammlungen. Ihr Ziel ist es, die bereits im System vorhandenen Informationen über Experten intelligent miteinander zu verknüpfen. Ergänzend ist es oft möglich, weitere Experten einzugeben und ihre Kontaktdaten sowie die Beschreibung der Kompetenzen zu ergänzen.

Kategorienorganisation

Eine Portalsoftware verfügt meist über eine übergeordnete Möglichkeit, Inhalte in Kategorien einzusortieren. Der Nutzen ist eine für das Portal allgemeingültige taxonomische Struktur für die zahlreichen unterschiedlichen Module, die Inhalte bereit stellen. Somit wird es möglich, die Änderungen in dieser Struktur für die verschiedenen Teilbereiche automatisch zu übernehmen. Nachteilig wirkt sich aus, dass Änderungen des logischen Aufbaus oft nur schwer zu überschaubare Konsequenzen zeigen, da die einzelnen Inhaltsmodule Artikel zu einer gelöschten Kategorie nicht mehr zuordnen können [KAN07], S. 1397.

Neuigkeiten

Nahezu alle Systeme verfügen über „News-Module“. Über diese kann der Administrator an vorher zu definierenden Stellen innerhalb des Portals aktuelle Mitteilungen publizieren. Durch die Einordnung in die Kategorien wird meist auch der Erscheinungsort definiert. So können Neuigkeiten der Kategorie „Allgemeines“ an allen Stellen auftreten, während die Neuigkeiten spezieller Kategorien nur an den thematisch passenden Stellen aufgeführt werden.

Bewertungen

Bewertungen werden immer mehr zu einem Standardwerkzeug im Web 2.0, dem so genannten „Mitmachweb“. Daher sind sie bei einer Portalsoftware mittlerweile auch selbstverständlich. Es soll den Nutzern ermöglicht werden, Kommentare zu den verschiedenen Teilbereichen abzugeben. Dies kann in Form einer quantifizierbaren Beurteilung, die eventuell automatisch ausgewertet wird, oder in Form von freien Kommentartexten, die von anderen Nutzern einsehbar, aber nicht automatisch auswertbar sind, erfolgen. Über Schnittstellen sind die Bewertungsmodule an die Module, die die Inhalte bereit stellen, angebunden.

Emailverteiler

Emailverteiler werden genutzt, um die registrierten Benutzer von Portalen gezielt zu benachrichtigen. Im entsprechenden Modul können meistens die Nutzergruppen, an die der Text verschickt werden soll, ausgewählt werden, um eine zielgerichtete Information zu erlauben. Dabei greifen die Module auf die Benutzerverwaltung zurück. Dieser entnehmen sie Formularfelder, wie z. B. die Anrede und die Emailadressen. Komplexere Systeme erlauben den Administratoren das Einrichten von Newslettern, in die sich Nutzer selbstständig ein- und austragen können.

Statische Inhalte

Statische Inhalte sind in der Regel nur vom Administrator editierbar. Es handelt sich um Inhalte, die keinem dynamischen Wechsel unterliegen, wie beispielsweise das Impressum, allgemeine Benutzerhinweise oder eine feste Startseite mit Wiedererkennungswert bei den Nutzern. Die statischen Inhalte können meist über einen externen (HTML-)Editor vorbereitet und dann hochgeladen oder direkt im System über einen Onlineeditor angepasst werden.

FAQ

FAQ ist die Abkürzung für Frequently Asked Questions. Es handelt sich um eine Ansammlung häufig gestellter Fragen und den dazugehörigen Antworten zu einem Thema [FAQ09]. Sie sollen helfen, viele individuelle Fragen zu vermeiden, da die Erfahrung zeigt, dass die meisten Rückmeldungen zu den immer gleichen Themen auftreten. Die FAQ beschäftigen sich sehr oft mit Schwierigkeiten, die bei der Benutzung der Portale auftreten. Darüber hinaus ist es aber auch möglich, gezielt Wissensgebiete über die Frequently Asked Questions aufzuarbeiten.

Statistiken

Die Softwarelösungen für Portale sind in der Lage, Statistiken über die Nutzung zu führen. Dazu gehören die Zugriffszahlen bezüglich des Gesamtsystems, einzelner Module und mitunter auch ganz gezielt bezüglich der Nutzung einzelner Inhalte. So wird es in Kombination mit den Bewertungsmodulen möglich, die Nutzung der Systeme gezielt zu analysieren und Missstände aufzudecken.

Rechtliche Aspekte

Die rechtliche Situation bei Portalen ist oft komplex. Es muss zum Beispiel sehr genau geregelt sein, wie mit den persönlichen Daten, die Nutzer eingeben, umgegangen wird oder in welcher Form die Inhalte, die sie einstellen, weitergegeben werden dürfen. Die Portalbetreiber sollten sicherstel-

len, dass die Nutzer die Teilnahmebedingungen kennen und ausdrücklich bestätigen. Ansonsten besteht für den Portalbetreiber ein hoher Grad an Rechtsunsicherheit.

Zur Unterstützung derartiger Prozesse stehen oft Module zur Verfügung, die die rechtlichen Grundlagen in den Mittelpunkt stellen. Sie führen die entsprechenden Formulierungen auf und garantieren, dass jeder Nutzer sie entweder vor der Registrierung oder der ersten Anmeldung anerkennen muss. Sollten die rechtlichen Grundlagen geändert werden, so verlangen die Module meist die erneute Bestätigung und registrieren, wer die Anerkennung bereits vorgenommen hat und damit alle Funktionen des Portals weiter nutzen darf.

2.1.6 Web 2.0-Technologien

Derzeit werden technische Weiterentwicklungen im Internet zum ersten Mal nach längerer Zeit wieder stark diskutiert. Dies geschieht zumeist unter dem gemeinsamen Dachbegriff „Web 2.0“. In einschlägigen Fachzeitschriften, aber auch in den allgemeinen Medien wird eine Aufbruchstimmung deutlich, die es seit vielen Jahren nicht mehr gegeben hatte. Nachdem der erste große Internetboom vor einigen Jahren abgeschlossen war, hatte sich zunächst eine große Ernüchterung eingestellt, die nicht zuletzt durch den rasanten Abstieg vieler Aktien am Neuen Markt unterstrichen wurde. Da nahezu jeder Bundesbürger direkten oder indirekten Zugriff auf das Internet hatte, konnte Wirtschaftswachstum in der Branche nicht mehr nur dadurch realisiert werden, dass die „Internetgemeinde“ stark wuchs und damit jede noch so kleine Nische, die ihre Berechtigung besaß, vom generellen Wachstum der Branche profitierte. Viele im Internet tätige Unternehmen setzen daher heute vermehrt auf technische Weiterentwicklungen, die für die Kunden einen echten Zusatznutzen bereitstellen. Es gibt verschiedene Ansätze, die jedoch meist Eines gemeinsam haben: Die Bedienung von Internetseiten orientiert sich immer mehr an gängigen Programmen, die auf einem Rechner installiert sind, und die Seiten werden immer interaktiver.

Dadurch wird deutlich, dass sich die Diskussion nicht auf technische Fragestellungen beschränkt. Vielmehr hat der Begriff „Web 2.0“ sehr viel mit Wissensmanagement zu tun, da sich völlig neue Möglichkeiten der Wissensgenerierung und -verteilung ergeben. Der interaktive Charakter äußert sich in Bezug auf Wissensmanagementsysteme insbesondere auf zweierlei Arten: Zum Einen hat sich der Schwerpunkt vom Internet als reiner Informationslieferant hin zum „Mitmach-Internet“ gewandelt. Zum Anderen können dem Nutzer nun Seiten zur Verfügung gestellt werden, die sehr dynamisch auf die Aktionen der Anwender reagieren, um zum Beispiel eine direkte Hilfe während gewisser Handlungen von Nutzern anzubieten.

In der Vergangenheit war der Weg der Information in der Regel eine Einbahnstraße von den Anbietern zu den Lesern der Seiten. Daraus ergaben sich gewisse Konsequenzen. Das Internet besaß in Bezug auf die Wissensermittlung einen „Top-Down-Charakter“. Inter- oder Intranetseiten wurden in ihrer grafischen und technischen Ausgestaltung als auch in ihren Inhalten durch den Anbieter der Internetseiten konsequent geplant und zur Verfügung gestellt. Dadurch konnte eine Person oder eine Personengruppe, wie z. B. eine eingerichtete Internetredaktion, genau vorgeben, welche Informationen in welchem Zusammenhang angeboten wurden. So betrachtet war es auch immer schon sehr gut möglich, die reine Wissensvermittlung durchzuführen. Die Wissensidentifikation und die Wissensentwicklung bereiteten jedoch durch den Flaschenhals der Redaktion Schwierigkeiten. Wissen konnte lediglich zu jeder Zeit abgerufen, jedoch nicht kreiert werden. Dies stellte ein deutliches Hemmnis bei der Weiterentwicklung des Internets als kollektive Wissensbasis dar. In Bezug auf das Wissensmanagement nach Probst mit den aufeinander aufbauenden Schritten (vgl. Kap. 2.1.2):

- Wissensziele (geben dem Wissensmanagement eine Richtung)
- Wissensidentifikation (Informationen über bereits vorhandenes Wissen einholen)

- Wissenserwerb (externe Wissensträger, Wissensprodukte)
- Wissensentwicklung (individuelle Wissensentwicklung, kollektive Wissensentwicklung)
- Wissensverteilung (durch eine technische Infrastruktur)
- Wissensnutzung (produktiver Einsatz des organisationalen Wissens)
- Wissensbewahrung (durch Selektieren, Speichern, Aktualisieren) und
- Wissensbewertung / -messung

wird deutlich, dass ein ganzheitliches Wissensmanagement nur ungenügend möglich war, bzw. sich zumindest die Gruppen der Akteure sehr deutlich unterschieden.

Die Wissensnutzung konnte durch die sehr große Anzahl von Internetnutzern erfolgen, wohingegen die technischen Barrieren die anderen Schritte einschränkte. Die Definition der Wissensziele und die Identifikation des vorhandenen Wissens war auf die Publizisten der Internetseiten beschränkt. Beim Wissenserwerb haben diese zudem entschieden, welche Quellen verwendet werden und welche nicht. Die Verteilung wurde mitunter durch eine Zugangsverwaltung oder das Definieren von „Unternetzen“ mit Hilfe von Firewalls definiert. Einen Einfluss darauf, welches Wissen zu bewahren ist und wie es bewertet werden sollte, besaß der normale Nutzer ebenfalls nicht.

Die neuen Techniken lassen die Nutzer jedoch immer an allen Schritten teilhaben: Wissensziele ergeben sich in Foren, in welchen jeder Nutzer teilhaben darf, automatisch durch die inhaltliche Ausrichtung, die sich selbstständig entwickelt. Die Nutzer fragen ganz gezielt nach Wissen, welches sie mittels einer Suchmaschine nicht gefunden haben. Bereits an dieser Stelle wird deutlich, wie sehr die Wissensgenerierung von den Nutzern angestoßen wird. Wissensmanagement unter Web 2.0 besitzt folglich einen „Bottom-Up“ und keinen „Top-Down-Gedanken“ mehr und ist somit in das Zentrum der Nutzer gerückt. Auch für die anderen Schritte stehen unterschiedliche Anwendungen bereit. Für die kollektive Wissensentwicklung sind sogenannte Wiki's, wie z. B. das sehr bekannt gewordene „Wikipedia“ prinzipiell gut geeignet. Durch die Möglichkeit, jederzeit die Inhalte an neue Erfordernisse anpassen und aktualisieren zu können, ist die Wissensbewahrung gut vorbereitet.

Die Wissensbewertung/ -messung erfolgt sowohl subjektiv als auch objektiv. Auf vielen Internetseiten ist es Standard geworden, alle Inhalte als normaler Nutzer mit Bemerkungen kommentieren oder den Nutzen quantitativ auf einer Skala bewerten zu können. Darüber hinaus werten die Webserver die Zugriffzahlen der Seiten sehr detailliert aus.

Durch die Möglichkeit, alle typischen Schritte des Wissensmanagements zu unterstützen, wird das enorme Potential des Web 2.0 deutlich. Dieses Potential bedingt jedoch gleichzeitig auch das Risiko. Früher war sehr deutlich, von wem die Inhalte stammten und als wie seriös die Autoren eingeschätzt werden konnten. Wer für einen Artikel oder eine Meinung in Wikipedia oder in einem der zahlreichen Foren verantwortlich ist, bleibt jedoch häufig im Verborgenen. Es ist dem Nutzer überlassen, ob er sich auf diese subjektive Meinung verlassen möchte.

Um die neuen Funktionen bereit zu stellen, spielen die unterschiedlichsten technischen Neuerungen eine Rolle. Die folgenden Ausführungen sollen einen kurzen Einblick in die relevantesten Entwicklungen geben.

Eines der bedeutensten Begriffe im Umfeld von Web 2.0 ist Ajax (**A**synchronous **J**avaScript and **X**ML). Technisch gesehen handelt es sich eher um eine Evolution als Revolution. Die Auswirkungen sind jedoch enorm und verantwortlich für das Erscheinungsbild vieler neuer Internetanwendungen. Sowohl JavaScript als auch XML werden bereits seit vielen Jahren verwen-

det. Im Prinzip handelt es sich lediglich um ein neues Konzept der Datenübertragung, die nun nicht mehr sequentiell sondern asynchron stattfindet. Bei traditionellen Anwendungen hat der Nutzer durch das Aufrufen einer Seite in der Regel reinen HTML-Code in seinen Browser geladen. HTML ist jedoch nicht in der Lage, Intelligenz auf den aufrufenden Klientenrechner zu verlagern. Sind Auswertungen von Benutzerangaben erforderlich, konnte diese Intelligenz nur vom Webserver bereit gestellt werden. Deutlich wird dies beim Ausfüllen von Formularen in einer klassischen Webanwendung. Üblicherweise hat der Nutzer eine Seite mit vielen Formularfeldern ausgefüllt und dann seine Angaben abgeschickt. Im Folgenden erschien dann eine neue (statische HTML-) Seite, die ihn darüber benachrichtigt hat, ob seine Angaben korrekt waren. Eine aus Textverarbeitungen bekannte Funktionalität, das Markieren von möglichen Fehlern, eine automatische Silbentrennung am Ende einer Zeile oder das Ändern von Formatierungsstilen durch das Auswählen in Drop-Down-Listen war nicht möglich, da der Klientencomputer nicht über die Intelligenz verfügen konnte, die erforderlich gewesen wäre. Eine ständige Übertragung der Eingaben des Nutzers an den Server, um diese dann auch in Echtzeit auszuwerten, war jedoch durch HTML allein ebenfalls nicht möglich. Folglich bestand nur die Möglichkeit einer sequentiellen Abarbeitung. Dies führt zu einer ungewohnten und unergonomischen Bedienung durch den Nutzer, der keine direkte Hilfestellung bekommt.

So ist die Idee entstanden, einen Internetbrowser mit Intelligenz auszustatten. Diese Intelligenz muss jeder Rechner verstehen, unabhängig davon, um welchen Browser und welches Betriebssystem es sich handelt. Daher wird üblicherweise JavaScript verwendet, welches gerade für seine Plattformunabhängigkeit bekannt ist. Beim Aufrufen einer entsprechenden Seite wird der JavaScript-Quellcode vom Server zum Browser übertragen, der ihn ausführt. Dadurch können dem Browser nahezu unbegrenzt weitere Funktionalitäten übertragen werden, die dann dem Nutzer zum Beispiel bei Eingaben oder dynamische Ausgaben zur Verfügung stehen und die mit HTML nicht möglich gewesen wären. Ein triviales Beispiel ist eine laufende Uhr. Diese könnte durch HTML nicht erzeugt werden, da es nicht in der Lage ist, sich jede Sekunde automatisch zu aktualisieren.

Für viele Web 2.0-Anwendungen reichte die reine JavaScript-Funktionalität nicht mehr aus. Soll dem Nutzer beispielsweise ein kompletter Routenplaner zur Verfügung gestellt werden, so hätten zunächst die Informationen zu allen möglichen Straßen zum Browser übertragen werden müssen, was kaum möglich und schon allein zum Schutz des entsprechenden Programms vor geistigen Diebstahl nicht gewollt war. Folglich wird an den Browser ein kleineres JavaScript-Programm übertragen, in welchem der Nutzer seine Angaben vornehmen kann. Danach lädt dieses Programm lediglich die Informationen nach, die es wirklich benötigt. Zieht der Nutzer dann die Straßenkarte via Drag- und Drop-Funktionalität über den Bildschirm, so berechnet das in seinem Browser ablaufende JavaScript-Programm die Verschiebung der vorhandenen Kartenelemente. Die Kartenelemente, die noch fehlen, lädt das JavaScript-Programm im Hintergrund nach. Hierbei handelt es sich um eine typische Ajax-Anwendung.

Im Bereich von Wissensmanagementsystemen gelingt es durch diese Technik zum Beispiel, in einer Suche bereits mögliche Lösungsalternativen anzubieten oder einen Editor zur Verfügung zu stellen, der gängigen Textverarbeitungen ähnlich ist. Somit werden Barrieren abgebaut und Nutzer erreicht, die nicht unbedingt ausgesprochene Computerspezialisten sein müssen. Es ist nicht zuletzt ein Mittel, um die gesellschaftlichen Belange im Internet besser abzubilden, da sich mittlerweile nicht mehr nur Programmierer trauen, Inhalte einzustellen und auch immer mehr Menschen aus nicht-technischen Berufsbildern heraus das aktive Mitarbeiten an der kollektiven Wissensbasis für sich entdecken. Die Abbildung 2.17 stellt die Ajax-Technologie der klassischen Internettechnik gegenüber.

Die Anforderungen, die an die klientenseitigen Programme in JavaScript gestellt werden, sind oft sehr ähnlich. Es müssen zum Beispiel häufig prozessbezogen Fenster geöffnet und geschlossen werden oder es ist eine Drag-and-Drop-Funktionalität zu realisieren, mit Hilfe der Elemente mit dem

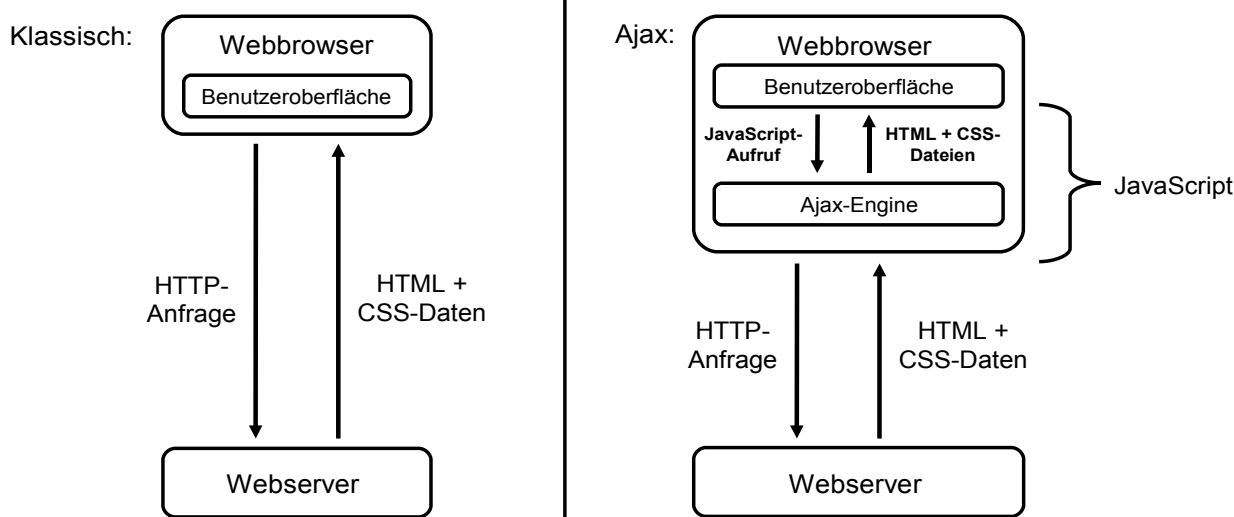


Abbildung 2.17: Ajax-Technologie [AJA09]

Mauszeiger aufgenommen und verschoben werden können. Darüber hinaus sind Felder, die sich selbstständig anhand einer Wortliste vervollständigen, sehr beliebt, um den Nutzer bei Eingaben zu unterstützen. Um eine effizientere Programmierung zu ermöglichen, sind JavaScript-Frameworks entstanden. Sie stellen umfassende Befehle für im Internet gängige Aufgabenstellungen bereit. Ihre Anzahl ist sehr hoch und mittlerweile kaum noch zu überschauen. Die meisten dürfen als „freie Software“ ohne Lizenzgebühren verwendet werden. Sie sind in der Regel an die verschiedenen Browserversionen angepasst, um verschiedene Reaktionen auf unterschiedlichen Systemen zu verhindern, die trotz der theoretischen Plattforunabhängigkeit noch üblich sind.

Derzeit sehr beliebte Frameworks sind:

- Prototype [PRO09]
- jQuery [JQU09]
- script.aculo.us [SRI09]
- Dojo [DOJ09]

Prinzipiell können alle Funktionalitäten, die derartige Frameworks erzeugen, auch mit anderen alternativen Programmiersprachen realisiert werden [CAR07]. Sie bilden einen Überbau, der die Produktivität erhöht. Dies stellt jedoch auch eine wichtige Voraussetzung dar, warum derzeit Web 2.0-Anwendungen so schnell wachsen. Für gängige Aufgabenstellungen stehen entsprechende Funktionsbibliotheken bereit, so dass die Programmierung sehr effizient und eine Konzentration auf die Generierung neuer Funktionalitäten möglich wird.

Zusammenfassend betrachtet ergibt sich durch die zunehmende Beteiligung unterschiedlicher Personen an der Inhaltsgenerierung, die sich zudem häufig nicht einmal registrieren müssen, ein sehr großes Potential, aber auch eine große Gefahr. Zum ersten Mal werden Personen in die Inhaltsgenerierung einbezogen, die keine Experten im Umfeld der Internettechnologien mehr sein müssen. Dies ist ein wesentlicher Schritt, um Zugangsbarrieren abzubauen.

Das Internet wird in Bezug auf die Abbildung der Interessen der kompletten Gesellschaft immer repräsentativer, da es sich zunehmend mit den unterschiedlichsten Themengebieten beschäftigt und nicht mehr nur von Internetexperten zum Generieren von Wissen verwendet wird. Einen wesentlichen Beitrag hierzu liefern Tools, die „Open Source“ sind und daher ohne Lizenzgebühren frei verwendet werden dürfen. Sie haben dazu geführt, dass z. B. Foren oder Wikisysteme mit den unterschiedlichsten Ausrichtungen geschaffen worden sind und sich weiterhin rasant verbreiten. Für die Wissensgenerierung besitzen diese Systeme alle einen großen Vorteil. Jede Person kann von jedem internetfähigen PC aus teil haben. Es ist keine Installation einer zusätzlichen Software mehr

erforderlich. Die Funktionalitäten stellen die angesprochenen server- und klientenseitigen Scriptsprachen bereit.

Durch die Wissensgenerierung innerhalb einer großen Internetgemeinde ist die Gefahr des Einbringens bewusster oder unbewusster Fehlinformationen jedoch recht hoch. Dies haben auch zahlreiche Beispiele gezeigt. Wikipedia ist bereits mehrfach missbraucht worden. Dies reicht von einem makabereren Zwischenfall, bei dem Mitarbeiter fälschlicherweise den Tod ihres Vorgesetzten über das System bekannt gegeben haben, über Werbekampagnen, bei denen Scheinfiguren geschaffen wurden, die es in der Realität gar nicht gab, bis hin zu werbewirksamen Firmendarstellungen unter einem vermeintlich seriösen Deckmantel. Daher gilt es, einen Kompromiss zwischen dem möglichst freien Zugang zu den Systemen auf der einen Seite und einer möglichst guten Verifizierung der Inhalte auf der anderen Seite zu bekommen.

Eine gezielte Handhabung der Inhalte ist unabdingbar. Gezielte Handhabung bedeutet in diesem Zusammenhang eine gerichtete Inhaltserstellung und -freigabe, ein differenziertes Rechtemanagement sowie die Realisierung von Evaluierungsmaßnahmen oder von Benachrichtigungsoptionen.

2.2 Anforderungen an die Reinigungstechnik

Der Stand der Technik im Bereich der Reinigungstechnik ist bereits von Kloke und Wullstein umfassend untersucht worden. Eine sehr gute Übersicht liefern die beiden Disserationen [KLO03], [WUL04]. Im Rahmen dieser Arbeit sollen die wesentlichen Entwicklungstendenzen innerhalb der Reinigungstechnik und die elementaren physikalischen Grundlagen, die für eine Simulation eines Reinigungsvorganges von Bedeutung sind, dargestellt werden.

Die Reinigung und die Reinheit von Bauteilen haben in den letzten Jahren sprunghaft an Bedeutung gewonnen. Während es früher ausgereicht hat, Komponenten späne- und ölfrei zu liefern, wird die Restverschmutzung mittlerweile häufig nach sehr genau quantifizierbaren Messwerten definiert. Es gilt nunmehr, Verschmutzungen zu vermeiden bzw. zu beseitigen, die mit dem bloßen Auge kaum noch zu erkennen sind. Neben der Reinigung stellt sich dabei die Frage, wie der Prozess zu gestalten ist, damit Verunreinigungen durch die Produktion und Rückverschmutzungen vermieden werden können. Es reicht nicht mehr aus, lediglich den Einsatz von Reinigungsanlagen zu planen. Vielmehr muss in der Regel ein Gesamtkonzept erarbeitet werden, das die gesamte Prozesskette hinsichtlich der Reinheit der Bauteile optimiert.

Die auf Bauteilen vorhandenen Verunreinigungen können sehr unterschiedlicher Natur sein. Sie entstammen zumeist den vorgelagerten Herstellungsprozessen und sind damit so vielfältig wie die dort eingesetzten Betriebsmedien und die dort entstehenden Abfallstoffe. In erster Näherung kann eine Unterscheidung zwischen partikulären und filmischen Verschmutzungen vorgenommen werden. Ein häufig auftretendes Beispiel für filmische Verschmutzungen ist eine dünne benetzende Schicht aus Kühlschmierstoff, der ein Bauteil nach einem spanenden Prozess überzieht. Partikuläre Verschmutzungen entstehen oft aufgrund von Staubbelastungen in der Umgebungsluft und durch Abfallstoffe in den Fertigungsprozessen, wie z. B. durch Späne bei spanenden Fertigungsprozessen. Hinsichtlich der Partikel können Makropartikel, die bereits mit dem bloßen Auge sichtbar sind, und Mikropartikel, die nur mit technischen Hilfsmitteln nachweisbar sind, unterschieden werden. Beide Partikelarten werden oft durch die Adhäsionskraft einer gleichzeitig auftretenden filmischen Verunreinigung an das Bauteil gebunden. Bei den Makropartikeln können ergänzend Klemmkräfte auftreten, wie zum Beispiel ein in einem Bohrloch verhakter Span. Die bei der Verklebung entstehenden Kräfte sind nur sehr schlecht vorher bestimmbar, weswegen derartige Verunreinigungen eine besonders große Gefahr für die Prozesssicherheit im Rahmen der Reinigung darstellen.

Vor diesem Hintergrund sind gerade die partikulären Verschmutzungen mehr in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Besonders im Umfeld der Automobilzulieferindustrie sind die Schwierigkeiten so groß geworden, dass neue Richtlinien entstanden sind, die die Rechtssicherheit zwischen den Vertragspartnern verbessern. Diese Richtlinien beschäftigen sich jedoch grundsätzlich nicht mit den zulässigen Restschmutzmengen, sondern lediglich mit den Prüfvorschriften. So soll sichergestellt werden, dass Messergebnisse reproduzierbar sind. Im Folgenden wird eine Übersicht über die beiden wesentlichen Richtlinien, die VDA 19 und die ISO-DIS 16232 gegeben.

2.2.1 Grundlagen der VDA 19 und der ISO-DIS 16232

In der Fachwelt werden zwei inhaltlich kompatible Standards zur Bestimmung der technischen Sauberkeit hinsichtlich der Partikelverunreinigungen von Automobilkomponenten zu Grunde gelegt. Auf nationaler Ebene ist der Band 19 des Verbandes der Automobilindustrie e. V. das Standardwerk, auf welches sich die meisten Hersteller berufen. Auf internationaler Ebene wird die ISO-DIS 16232 - Road vehicles – Cleanliness of components of fluid circuits - Part 1-10, verwendet, wobei sich viele deutsche Anbieter aufgrund der internationalen Beziehungen ebenfalls auf diese Norm beziehen. Beide Dokumente stellen jedoch keine Sauberkeitsanforderungen dar. Es existieren auch keine Angaben darüber, wie rein ein Produkt in Abhängigkeit seiner späteren Aufgabe im Gesamtsystem sein sollte. Derartige Zusammenhänge werden meist von den Konstrukteuren nach Gefühl abgeleitet. Größere Unternehmen definieren für die eigene Fertigung, aber insbesondere auch für die Kunden, Werksnormen, die nahezu immer die VDA 19 oder die ISO-DIS 16232 zu Grunde legen. Damit bilden die beiden technischen Richtlinien ein Fundament, auf dem aufgebaut werden kann. Sie definieren Standards zur Vereinheitlichung der Prüfpraxis, die die Prüfergebnisse erst reproduzierbar, zuverlässig und vergleichbar machen.

In der VDA 19 wird eine Übersicht über verschiedene Prüfmethoden gegeben, um eine Auswahl aus der Vielzahl der Möglichkeiten zu vereinfachen. Einen weiteren Gesichtspunkt bilden Richtlinien zur sauberkeitsgerechten Handhabung der Prüfobjekte, damit es zu keinen Verfälschungen aufgrund der Lagerung und des Transportes von der Probeentnahme bis zur eigentlichen Prüfung kommt. Es werden Hinweise gegeben, wie herauszufinden ist, welche Extraktionsmethode die am besten geeignete ist, da u. a. aufgrund der Geometrie ein direktes Untersuchen der Bauteile in der Regel nicht möglich ist und die Partikel z. B. durch ein Spülen extrahiert werden müssen. Ein Schwerpunkt der VDA 19 bildet die Beschreibung der verschiedenen möglichen Extraktionsverfahren, die, bis auf die Ausnahme der direkten Bauteilinspektion, bei jeder Prüfung zum Einsatz kommen müssen. Im nächsten Schritt erfolgt dann die eigentliche Analyse, in welcher zum Beispiel die Partikel, die sich in einem Filter absetzen, durch den das Reinigungsmittel fließt, einer Untersuchung unterzogen werden. Der einfachste Fall ist die Bestimmung des Gesamtgewichtes dieser Partikel. Bei genaueren Analysen wird die Anzahl von Partikeln einer bestimmten Größe gemessen oder sogar die chemische Zusammensetzung der Partikel ermittelt, um deren negativen Auswirkungen besser quantifizieren oder Aufschlüsse über deren Herkunft bekommen zu können. Eine weitere Alternative sind Extinktionspartikelzähler, mit Hilfe derer Partikel in Reinigungsmedien direkt gezählt werden können. Darüber hinaus stellt die VDA 19 Informationen über die Anforderungen an die Dokumentation bereit.

Die ISO-DIS 16232, bestehend aus 10 Teilen (Part 1-10), ist das internationale Pendant zur VDA 19. Beide Richtlinien entstanden in Zusammenarbeit zahlreicher Unternehmen innerhalb und im Umfeld der Automobilindustrie. Die ISO-DIS 16232 gliedert sich dabei ähnlich wie die VDA 19. Daher wird an dieser Stelle lediglich die VDA 19 dargestellt.

Die genannten Dokumente stellen weder für technische Bauteile und Systeme, noch für Reinigungsanlagen Sauberkeitsanforderungen dar. Sie dienen als Standards zur Vereinheitlichung der

Prüfpraxis, denn erst diese Standards machen Prüfergebnisse reproduzierbar, zuverlässig und auch vergleichbar. Um dies zu erreichen, beschäftigt sich der VDA-Band 19 im Detail mit den folgenden Aspekten:

- Bestimmung einer geeignete Prüfprozedur für ein bestimmtes Objekt
 - Qualifizierung
 - Blindwertbestimmung
- Dokumentation einer Prüfprozedur / Prüfspezifikation
- Verfahren und Prozeduren der Sauberkeitsprüfung
 - Extraktion der Partikel von Bauteilen
 - Messtechnische Charakterisierung der extrahierten Partikel
- Dokumentation von Sauberkeitsprüfungen und deren Ergebnis (Prüfprotokoll)
- Standardisierte Klassen für Partikelgrößenverteilungen
- Standardisierte Konzentrationsklassen für die Partikelanzahl
- Codierung von Sauberkeitswerten

Die ISO-DIS 16232 besitzt prinzipiell den gleichen Aufbau.

2.2.2 Entfernen von Verschmutzungen

Die folgende Abbildung zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Bauteiloberfläche inklusive einer filmischen Verschmutzung:

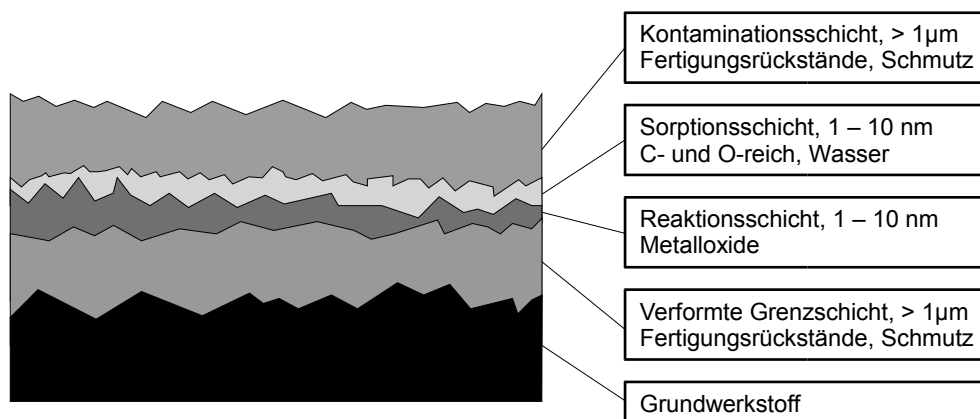


Abbildung 2.18: Schichten an der Oberfläche eines Bauteils nach B. Haase [KUH09]

Deutlich wird, dass der eigentliche Grundwerkstoff durch insgesamt vier Schichten bedeckt ist. Beim Reinigen soll im Allgemeinen nur die Kontaminationsschicht entfernt werden. Die Schichten unterhalb der Kontaminationsschicht zeichnen sich durch eine deutlich höhere Bindungsenergie aus, so dass sie nur sehr schlecht abgetragen werden können. Sollten sie z. B. durch ein sehr abrasives Reinigungsverfahren trotzdem entfernt werden, bilden sie sich bei nahezu allen Metallen in kürzester Zeit wieder aus, wenn die Reaktionspartner (meistens der Sauerstoff der Luft) vorhanden sind [GRU06]. Ein Beispiel hierfür ist eine passivierte Oberfläche des ansonsten als sehr reaktionsfreudig bekannten Grundwerkstoffes Aluminium. Die Reinigungsverfahren stellen vor diesem Hintergrund das alleinige Entfernen der Kontaminationsschicht in den Mittelpunkt. Das meist unerwünschte Abtragen der anderen Schichten kann mitunter trotzdem auftreten, da die Verfahren

teilweise nicht selektiv genug wirken und die chemischen bzw. mechanischen Einflüsse die anderen Schichten mit angreifen.

Für das Anhaften der Kontaminationsschicht an der Sorptionsschicht sind Adhäsions- und Kohäsionskräfte verantwortlich. Adhäsion (lat. adhaerere = anhaften), auch Adhäsions- oder Anhangskraft genannt, ist der Zustand einer Grenzflächenschicht, die sich zwischen zwei in Kontakt tretenden Phasen ausbildet, meist zwischen einem Festkörper und einer Flüssigkeit. Die Haupteigenschaft dieses Zustandes ist der durch molekulare Wechselwirkungen in der Grenzflächenschicht hervorgerufene mechanische Zusammenhalt der beteiligten Phasen [ADH09].

Kohäsion (lat. cohaerere - zusammenhängen) bezeichnet in der Physik und Chemie die Zusammenhänge zwischen den Atomen beziehungsweise Molekülen eines Stoffes (zum Beispiel innerhalb von Flüssigkeiten oder Festkörpern) und innerhalb der Moleküle [KOH09].

In Bezug auf Verunreinigungen ist die Kohäsion folglich vor allem für den Zusammenhalt der Kontaminationsschicht an sich zuständig. Die Adhäsion bewirkt das Anhaften der Verschmutzung an der Sorptionsschicht und damit am Bauteil sowie den Zusammenhalt verschiedener Stoffe bzw. einer filmischen Verschmutzung und von Partikeln innerhalb der Kontaminationsschicht. Beim Reinigen müssen daher beide physikalischen Größen überwunden werden. Dazu stehen verschiedene Möglichkeiten bereit. Allgemein betrachtet müssen die Kräfte, die auf die Schicht oder die Partikel von außen durch die Reinigung wirken, größer sein, als die Adhäsions- bzw. Kohäsionskräfte. Es ist folglich sinnvoll, die Kräfte, die beim Reinigungsprozess auftreten, näher zu betrachten. Die Kräfte können dabei ganz unterschiedlicher Natur sein. Sie werden zunächst maßgeblich vom verwendeten Reinigungsverfahren beeinflusst.

Die verschiedenen Reinigungsverfahren sind in der DIN 8592 [DIN8592] genormt. Dabei gehört das Reinigen zum Fertigungsverfahren „Trennen“, wie das Schema in der Abbildung 2.19 verdeutlicht.

Im Rahmen der Markt- und Trendanalyse der industriellen Teilereinigung [KRIE07] ist unter anderem eruiert worden, welche Reinigungsverfahren in der Praxis am häufigsten verwendet werden. Das Ergebnis zeigt die Abbildung 2.20. Es ist erkennbar, dass die Nassverfahren mit 58 % den größten Anteil besitzen. Die Nassverfahren basieren auf der Wirkung eines Reinigungsmediums, wobei diese Wirkung mechanisch unterstützt wird. Die Unterstützung erfolgt dabei in aller Regel durch die Strömung des Reinigungsmediums. Hinzu kommen Verfahren, wie das Abblasen, Absaugen oder als sehr spezielles Anwendungsbeispiel die Vibrationsreinigung, bei der die Strömung der Luft einen Teil der erforderlichen mechanischen Unterstützung bereit stellt. Im Falle der Vibrationsreinigung werden die Trägheitskräfte des Schmutzes verwendet, um die Adhäsions- bzw. Kohäsionskräfte zu überwinden, damit die abgelöste Verschmutzung dann entsprechend strömungsmechanisch entfernt werden kann. In der DIN 8592 werden diese Verfahren unter der Ordnungsnummer 3.6.3 „Strömungstechnisches Reinigen“ zusammengefasst.

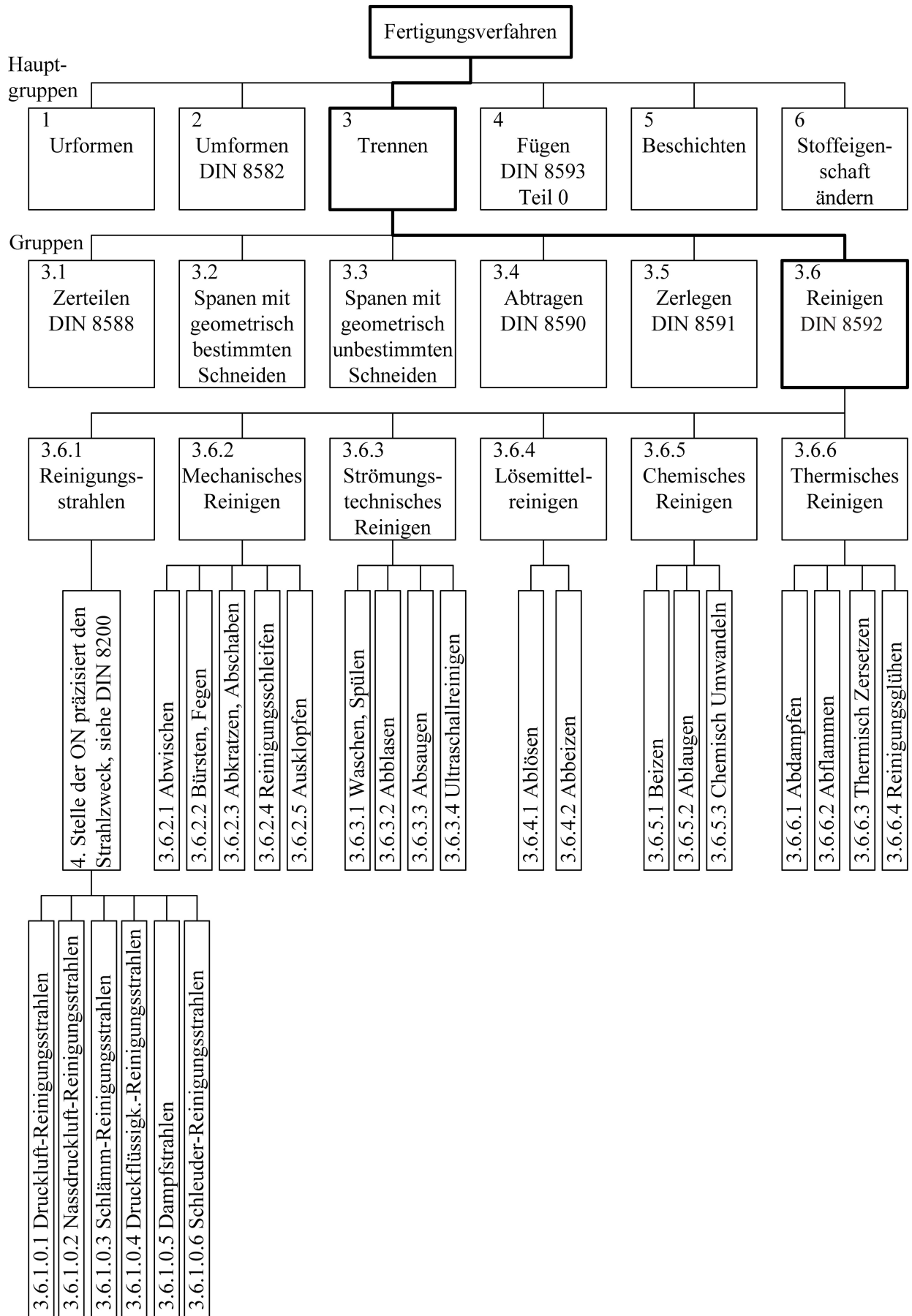


Abbildung 2.19: Einteilung der Reinigungsverfahren nach der DIN 8592 [DIN8592]

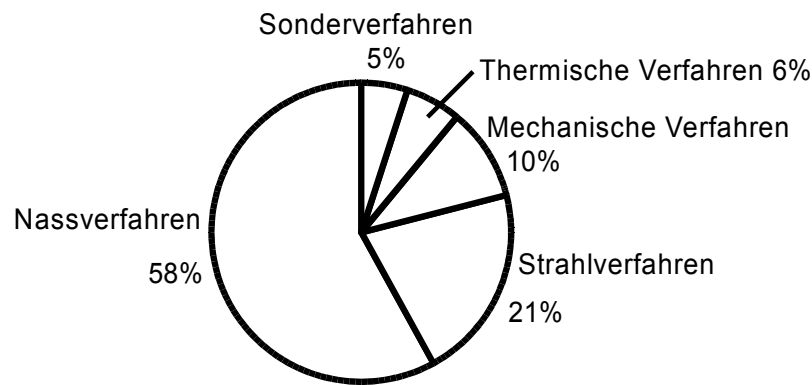


Abbildung 2.20: Marktanteile der unterschiedlichen Reinigungsverfahren [KRIE07]

Insgesamt betrachtet sind bei diesen Verfahren vier Einflussfaktoren vorhanden, die das Reinigungsergebnis beeinflussen. Sie werden in der Literatur im so genannten Sinner'schen Kreis zusammengefasst, wie die folgende Abbildung zeigt:

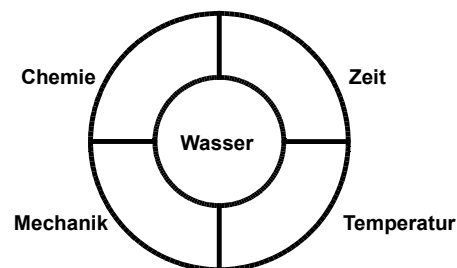


Abbildung 2.21: Sinner'scher Kreis

Es wird beim Sinner'schen Kreis davon ausgegangen, dass sich die Anteile verschieben bzw. Bereiche ganz wegfallen können, wenn die anderen die Wirkung ersetzen. Ein Beispiel ist die genannte Vibrationsreinigung, bei der im Idealfall keine Chemikalien verwendet werden, da der Bereich „Mechanik“ in Form der Vibrationen und der Strömung der absaugenden Luft den Bereich „Chemie“ vollständig ausgleicht.

Im Folgenden werden die Grundlagen der vier Einflussfaktoren dargestellt:

Zeit

Sind die Faktoren „Temperatur“, „Mechanik“ und „Chemie“ grundsätzlich geeignet, die Verschmutzungen abzulösen, ist der Anteil der entfernten Verschmutzung zeitabhängig. Der Verlauf einer Reinigung gestaltet sich sehr unterschiedlich, je nachdem, welche Verschmutzung vorliegt und welches Reinigungsmedium bei welchem Reinigungsverfahren verwendet wird. Graßhoff [GRA95] hat das Abreinigen einer Testverschmutzung mit verschiedener Reinigungsmedien dargestellt (Abbildung 2.22).

Für den Versuch hat Graßhoff eine fest getrocknete Testverschmutzung in einem Plexiglskanal aufgebracht und die Ablösung mittels einer automatischen Bildverarbeitung ausgewertet. Bei den Verläufen zeigt sich zunächst eine langsame Reinigungsgeschwindigkeit, die dann zunimmt und sich zuletzt asymptotisch einem Endwert nähert. Der verzögerte Start der Reinigung ist durch das Quellen der Schmutzschicht zu erklären. Das Reinigungsmedium muss die Schicht vor dem Ablösen zunächst aufweichen, bevor der Löseprozess beginnt, falls es sich um feste Rückstände handelt.

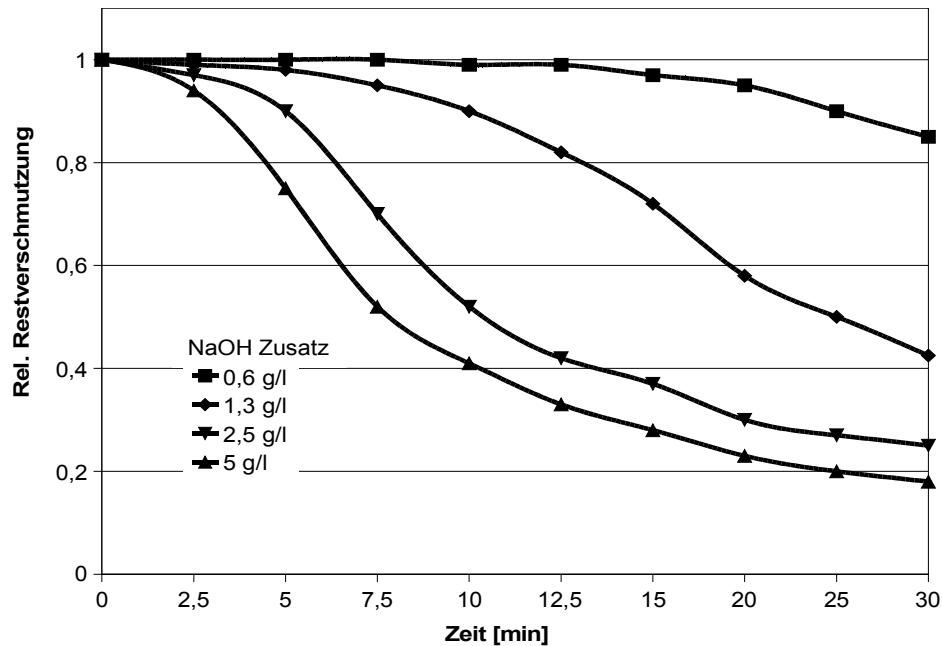


Abbildung 2.22: Belagablösung in wässriger Natronlauge ohne Zusätze [GRA95]

Im Anschluss stellt sich eine nahezu konstante Reinigungsgeschwindigkeit ein, da der Schmutz kontinuierlich und gleichmäßig abgetragen wird. Je nach den vorliegenden Parametern kann eine Restschmutzmenge aus besonders intensiv haftenden Partikeln auch bei einer theoretisch unendlichen Reinigungszeit nicht entfernt werden. Daher zeigen die Verläufe die asymptotische Annäherung an eine nicht zu unterschreitende Restschmutzmenge. Diese Restschmutzmenge ist ganz offensichtlich von der Chemie des Reinigers abhängig.

Der Verlauf kann je nach Verschmutzung und Reiniger abweichen. Bei flüssigen Verunreinigungen beginnt die Kurve meist direkt steiler, da kein Quellen der Verschmutzung stattfinden muss. Allgemein besteht der Wunsch, die Steigung der Kurve besonders hoch einzustellen, wie auch Hofmann [HOF07] belegt:

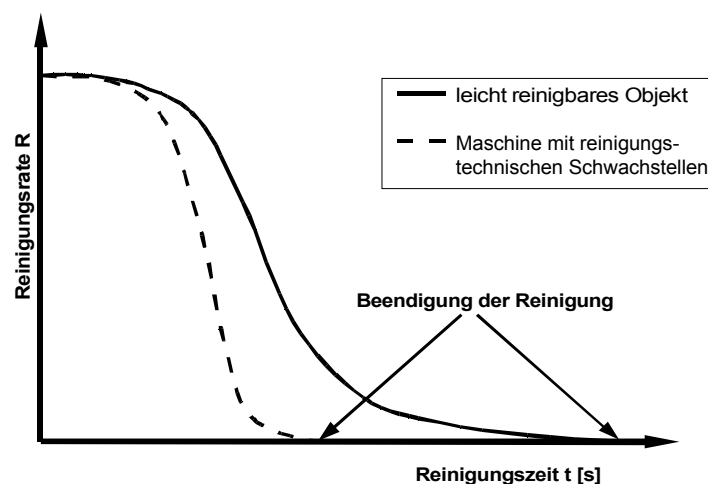


Abbildung 2.23: Reinigungsverlauf [HOF07]

Hofmann [HOF07] bezieht seine Ausführungen lediglich auf die Geometrie der Bauteile. Die Aussage trifft aber auf die vier aufgeführten Faktoren des Sinnerschen Kreises gleichermaßen zu.

Die starke Verminderung der Reinigungsgeschwindigkeit mit zunehmender Reinigungszeit ist durch strömungsungünstige Stellen innerhalb des Bauteils zu erklären. Der Knick (vgl. Abbildung 2.18) tritt auf, wenn alle schnell abtransportierbaren Schmutzpartikel bereits aus dem Bauteil ausgeströmt sind und die restlichen Partikel von strömungstechnisch ungünstiger gelegenen Stellen erst nach und nach aus dem Bauteil heraus geleitet werden. Daher ist die Geometrie des Bauteils ein wesentlicher Faktor, wenn die erforderlichen Reinigungszeiten betrachtet werden.

Chemie

Die Abbildung 2.16 zeigt bereits sehr anschaulich den Einfluss des Faktors Chemie auf. Es wird deutlich, dass die chemischen Zusätze die Reinigungsgeschwindigkeit maßgeblich beeinflussen und zusätzlich mitunter entscheidend dafür verantwortlich sind, ob eine Reinigung überhaupt möglich ist. Im Rahmen dieser Arbeit sollen die chemischen Einflüsse nur am Rande betrachtet werden, da zwischen der konstruktiven Ausgestaltung von Bauteilen und den eingesetzten Reinigern nur wenige Wechselwirkungen bestehen. Der Konstrukteur bedingt durch seine Materialwahl mitunter eine Einschränkung der verwendbaren Reinigungsmittel, da sich chemische Unverträglichkeiten zwischen den Mitteln und den Konstruktionswerkstoffen zeigen. Ansonsten gibt es kaum Berührungspunkte.

Die chemischen Prozesse, die bei einer Reinigung auftreten, können sehr vielfältig sein. Daher ist die Zusammensetzung der Reiniger äußerst komplex und wird als Know-How der Reinigungsmittelhersteller sehr gut geschützt. Je nach Verschmutzungsart sind unterschiedliche Reinigungsmittel sinnvoll. Der größte Teil der Reiniger besteht zu großen Anteilen aus Wasser mit entsprechenden Zusätzen. Es hat sich hierfür der Begriff „wässriger Reiniger“ durchgesetzt.

Im Rahmen der Markt- und Trendanalyse der industriellen Teilereinigung [KRIE07] sind die Marktanteile der verschiedenen Reinigertypen untersucht worden:

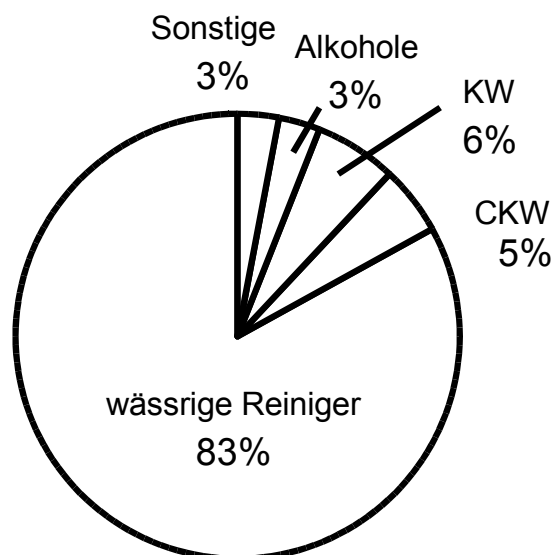


Abbildung 2.24: Marktanteile unterschiedlicher Reinigertypen [KRIE07]

Der Anteil der wässrigen Reiniger beträgt über 80 %, wobei aufgrund des gesteigerten Umweltbewusstseins eine fortwährende Ausweitung erkennbar ist.

An dieser Stelle soll auf eine Darstellung der Gesamtheit der ablaufenden Schmutzlösungsprozesse verzichtet werden, da sie sehr vom Einzelfall, d. h. der Kombination aus Verschmutzung und Reiniger abhängt.

Die wesentlichen Bestandteile von Reinigern sind die sogenannten Builder und Tenside:

Builder	Tenside
Alkalien	Anionische Tenside
Hydroxide	Kationische Tenside
Karbonate	Nichtionische Tenside
Borate	
Phosphate	
Silikate	
Amine	
Komplexbildner	
Korrosionsschutzkomponenten	

Die Tenside haben die Aufgabe, hydrophobe, d. h. Wasser abweisende Bestandteile des Schmutzes zu benetzen und zu emulgieren [GOL02b], S. 473. Ein häufiges Anwendungsbeispiel sind zu entfernende Öle, die in reinem Wasser nicht lösbar sind. Durch die Tenside werden sie, wie in der Abbildung 2.20 dargestellt, tröpfchenweise umschlossen und im Reinigungsmedium verteilt, d. h. von der Oberfläche entfernt. Dazu besitzen die Tenside einen hydrophoben Teil, der sich an der Verschmutzung anbindet und einen hydrophilen Teil (in der Abbildung als Punkte dargestellt), der vom

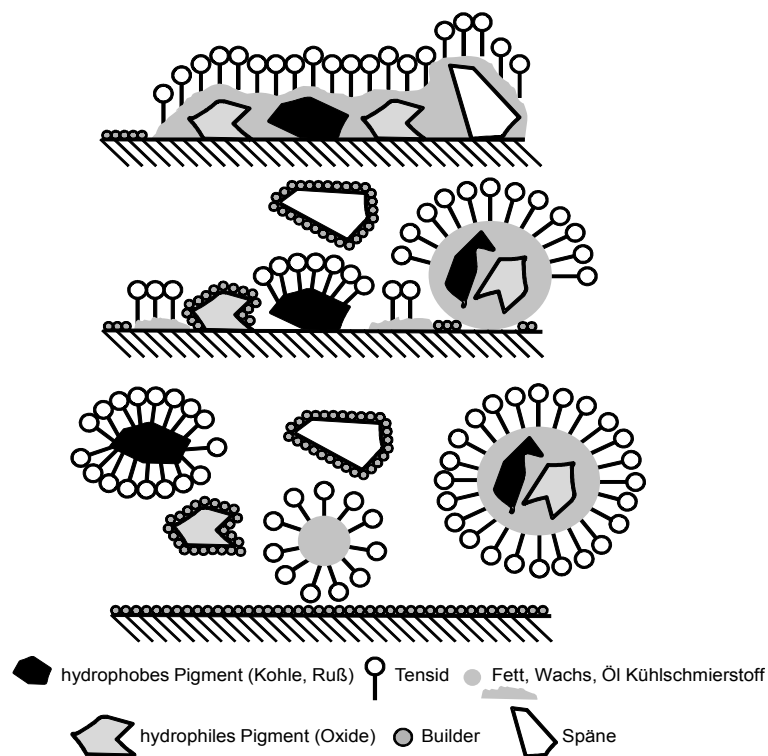


Abbildung 2.25: Wirkungsweise der Tenside und Builder wässriger Reinigungsmittel [GRU06]

Wasser erfasst und mitgerissen wird. Die Tröpfchen können dann aufgrund der Strömung mit dem Reinigungsmedium abtransportiert werden. Dabei muss die Schmutzkonzentration in Oberflächennähe ausreichend herabgesetzt werden, da sich das Öl beim Trocknen des Mediums wieder absetzt. Folglich wird die Erfordernis, eine Strömung aufzubauen, durch die Inhaltsstoffe nicht aufgehoben.

Die Builder sind anorganische Verbindungen, die den Tensiden bei der Emulgierung der zu entfernenden Fette helfen. Sie sind so stark alkalisch, dass sie den Verseifungsprozess der Fette und Öle fördern und damit ihre Emulgierbarkeit verbessern [GOL02b]. Ergänzend unterstützen die Builder den Abtransport der hydrophilen Bestandteile und der Späne. Einzelne Partikel werden zudem von abgelösten Öltröpfchen mitgerissen und abtransportiert.

Temperatur

Der Einfluss der Temperatur auf den Reinigungsprozess ist nicht abschließend geklärt. Grundsätzlich wird dem Reinigungsprozess durch die Erhöhung der Temperatur Energie zugeführt, was fast immer eine Verbesserung der Reinigungswirkung zur Folge hat. Laut Wullstein [WUL04] kann prinzipiell eine Faustformel verwendet werden, die besagt, dass eine Temperaturerhöhung um 10 °C eine Verdopplung der Reaktionsgeschwindigkeit bewirkt. [LAC94] hat die Anwendbarkeit auf die Reinigungstechnik dargestellt. Allerdings ist die Auswirkung im Einzelfall sehr unterschiedlich und von der Kombination Reiniger und Verschmutzung abhängig. Im Zweifel werden für die vorliegende Konstellation Versuche durchgeführt, um eine bessere Quantifizierung zu ermöglichen. Im Rahmen dieser Arbeit wird der Einfluss der Temperatur nicht untersucht.

Mechanik

Für die mechanische Unterstützung der Reinigung stehen verschiedene Möglichkeiten bereit. Zunächst existieren rein mechanische Verfahren, die komplett auf einen Medieneinsatz verzichten. Beispiele hierfür sind [DIN8592]:

- Abwischen
- Bürsten, Fegen
- Abkratzen, Abschaben
- Reinigungsschleifen
- Ausklopfen

Die Bedeutung dieser Verfahren ist, abgesehen von einigen Sonderfällen, sehr begrenzt, wie auch die Abbildung 2.20 bereits gezeigt hat. Ihr Marktanteil beschränkt sich derzeit auf etwa 10 %. Dieser recht geringe Anteil teilt sich bei genauerer Betrachtung in zahlreiche physikalische Wirkprinzipien auf. Daher ist es äußerst schwierig, allgemeingültige physikalische Formeln aufzustellen, da dies nur für den jeweiligen Einzelfall möglich ist.

Wie bereits dargestellt, verfügen die Verfahren, die auf der Wirkung eines Reinigungsmediums basieren und zusätzlich mechanisch unterstützt werden, über die mit Abstand größte Bedeutung in der Praxis. Der wesentliche Faktor der mechanischen Unterstützung ist eine Relativbewegung zwischen der Werkstückoberfläche und dem Reinigungsmedium. Diese Relativgeschwindigkeit resultiert entweder aus der Bewegung des Bauteils bei einem sich in Ruhe befindlichen Reinigungsmedium oder aus der Strömung des Reinigungsmediums bei einem fixierten Bauteil.

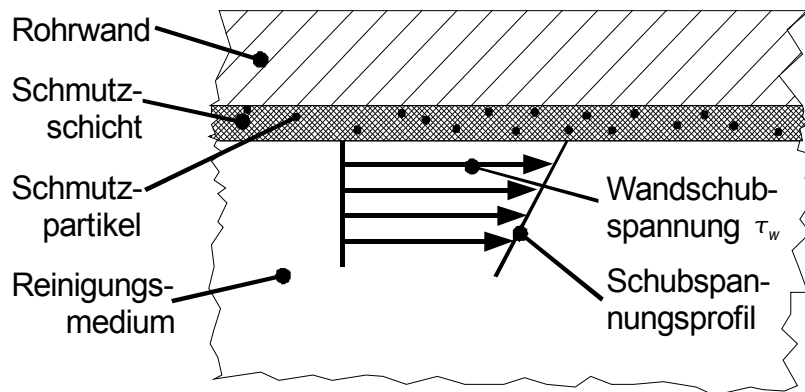


Abbildung 2.26: Wandschubspannung an der Grenzfläche [CYC09]

In der Literatur finden sich einige Untersuchungen, die beleuchten, welche strömungsmechanischen Einflussgrößen für den Reinigungsprozess von Bedeutung sind. Eine sehr gute Übersicht liefert Hofmann in seiner Dissertation [HOF07].

Bei partikulären Verschmutzungen sind Wandschubspannungen offensichtlich die entscheidende Größe. Weigl [WEI03] führt in seiner Dissertation auf, dass die Wandschubspannungen versuchen, die Partikel entgegen der Adhäsionskräfte abzulösen. Dabei bezeichnet die Wandschubspannung den Koeffizienten aus Schubkraft und der Berührfläche:

$$\tau_w = \frac{\text{Schubkraft}}{\text{Berührfläche}} = \frac{d F_{\text{tangential}}}{d A}$$

Fluidodynamisch ergibt sich die Schubkraft bei einem newtonschen Fluid durch die Multiplikation der Viskosität mit dem örtlichen Geschwindigkeitsgradienten:

$$\tau_w = \eta \left. \frac{\partial u}{\partial n} \right|_w \quad [\text{HER06}] \text{ mit Wandschubspannung: } \tau_w$$

dynamische Viskosität des Fluids: η

örtlicher Geschwindigkeitsgradient senkrecht zur Wand: $\left. \frac{\partial u}{\partial n} \right|_w$

An der Wandoberfläche wirkt die Schubspannung direkt auf die Schmutzschicht, wie die Abbildung 2.26 visualisiert.

Da die dynamische Viskosität des Fluids bei üblichen (wässrigen) Reinigungsmedien sehr klein ist, kann eine für den Reinigungsprozess signifikant förderliche Wandschubspannung nur durch einen entsprechend hohen Geschwindigkeitsgradienten erzeugt werden. Ein derart hoher Gradient ist prinzipiell nur in unmittelbarer Nähe zur Wand erzeugbar. Dieser spezielle Bereich, in dem die Geschwindigkeit des Fluids sehr stark ansteigt und die Strömungsreibung eine wesentliche Rolle spielt, wird als „Grenzschicht“ bezeichnet. Häufig wird die Grenze dort festgelegt, wo die Geschwindigkeit einen gewissen Prozentsatz der Geschwindigkeit, z. B. 99 % erreicht hat [SCH06b]. Je höher die Außengeschwindigkeit u_∞ wird, die sich in ausreichender Entfernung zur Wand ausbildet, desto geringer wird auch die Dicke der Grenzschicht. Bei einer theoretisch unendlich großen Außengeschwindigkeit, d. h. ($u_\infty \rightarrow \infty$) würde sie sich auch unendlich nah an Null annähern [HER06].

Die folgende Abbildung zeigt die Ausprägung verschiedener Grenzschichtdicken einer Platten-grenzschicht für verschiedene Zuströmungsgeschwindigkeiten u_∞ :

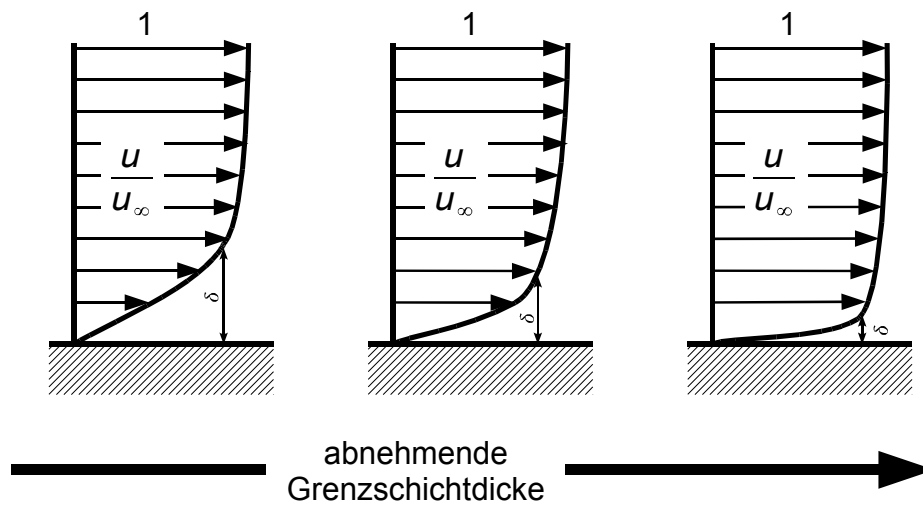


Abbildung 2.27: Qualitative Entwicklung der Grenzschichtdicke für verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten, frei nach [HER06]

Alle Darstellungen sind normiert; d. h. aufgetragen wurde jeweils u/u_∞ . In der Abbildung nimmt die Geschwindigkeit u_∞ von links nach rechts zu. Dadurch verringert sich die Grenzschichtdicke, und die Geschwindigkeit der Anströmung u_∞ rückt immer mehr in Wandnähe. Gleichzeitig erhöht sich der Geschwindigkeitsgradient senkrecht zur Wand. Folglich steigt bei gleicher Viskosität auch die Wandschubspannung [HER06].

In realen Bauteilen ist die Strömungsgeschwindigkeit außerhalb der Grenzschicht entlang des Weges des Reinigungsmediums Änderungen unterworfen. Gründe sind beispielsweise wechselnde Querschnittsflächen, unterschiedliche Strömungswiderstände bei Verzweigungen oder die gezielte Anströmung schwierig zu reinigender Stellen. Gelingt es, die Geschwindigkeitsverteilung innerhalb der Bauteile, insbesondere im wandnahen Bereich, darzustellen, kann auf die Wandschubspannungsverteilung geschlossen werden, was wiederum die Vorhersage des Reinigungsergebnisses ermöglicht.

Paulsson [PAU89] hat den Einfluss der örtlichen Flüssigkeitsbewegung auf das Reinigungsergebnis sehr detailliert untersucht und ist dabei für seine gewählte Testverschmutzung zu dem Ergebnis gekommen, dass sich die funktionelle Beziehung $R \sim \tau_w^{-1,39}$ ergibt. Dabei bezeichnet R die Restschmutzmenge, die nach Ende der Testreinigung an einem künstlich beschmutzten Rohr haften blieb. Folglich erscheint die Wandschubspannung als sehr guter Indikator für das Reinigungsergebnis dienen zu können. Im vorhandenen Fall konnte zudem eine Abhängigkeit zwischen der Tröpfchengröße der noch verbliebenden Verschmutzung an der Wand nach der Reinigung und der Wandschubspannung aufgezeigt werden. Sie lautet $d_R \sim \tau_w^{-2,3}$. Die jeweiligen Exponenten sind vor allem von der Kombination Reinigungsgut und Reinigungsmittel abhängig.

Analoge Ergebnisse erhält auch Bergmann in seinen Untersuchungen [BER90]. Er hat einen Sensor entwickelt, der über die Messung des Wärmeübergangs quantifizieren kann, wie dick der auf ihm haftende Belag ist. So wird es möglich, die Abreinigungskurve in einem Testrohr direkt aufzunehmen. Dabei kann Bergmann in seiner Apparatur die Strömungsgeschwindigkeit und Intensität der Turbulenz einstellen. Im Anschluss an die Versuche stellte er mittels einer Regressionsanalyse einen

exponentiellen Zusammenhang zwischen der Abreinigungsrate und der Wandschubspannung da. Der Zusammenhang lautet für das konkrete Anwendungsbeispiel:

$$\frac{-dl}{dt} \left[\frac{\mu\text{m}}{\text{s}} \right] = 0,388 \tau_w^{1,24} - 0,011 \text{ für } \tau_w > 0,057 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Der Term kennzeichnet hierbei die Abnahme der Schmutzdicke über die Zeit. Der Zusammenhang ist im wie bei Bergmann exponentiell. Bei beiden Untersuchungen konnte damit unabhängig voneinander und für unterschiedliche Schmutz- und Reinigungsmittelkombinationen die Signifikanz der Wandschubspannung herausgestellt werden.

Bergmann weist in seinen Untersuchungen weiterhin nach, dass andere strömungsmechanische Einflussgrößen, wie z. B. die Intensität der Turbulenz, keine oder eine nur untergeordnete Bedeutung besitzen. Er erklärt dies mit dem stochastischen Charakter der Turbulenz, da die Wirbel an der Oberfläche zu zeitlichen Schwankungen der örtlichen Geschwindigkeiten und Wandschubspannungen führen. Die Mittelwerte bleiben jedoch gleich. Daher zeigt auch eine zeitlich gemittelte Schmutzablösefunktion keine Unterschiede.

Manche Reinigungsverfahren mit wässrigen Medien funktionieren jedoch auch völlig ohne Wandschubspannung. Wird beispielsweise ein Bauteil in ein ruhendes Bad mit einem Medium gelegt, welches in der Lage ist, den Schmutz zu lösen, so verringert sich die Dicke der Schmutzschicht mit der Zeit. Die hierbei treibende Kraft ist die Diffusion. Sie tritt auf, wenn Konzentrationsunterschiede bestehen und die Wärmebewegung der Teilchen dazu führt, dass sich die Konzentrationsunterschiede allmählich auflösen [LAT07].

Voraussetzung für die Reinigung ist folglich der Konzentrationsgradient, von welchem auch die Geschwindigkeit der Reinigung abhängt [HOF07]. Die folgende Diffusionsgleichung beschreibt den zeitlichen und räumlichen Verlauf der Diffusion:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

Sie kann für Spezialfälle mit den entsprechenden Randbedingungen analytisch gelöst werden. Das sogenannte 1. Fick'sche Gesetz nimmt eine quantitative Aussage über die im statistischen Mittel gerichtete Bewegung von Teilchen vor [HOF07]:

$$J = -D \frac{dc(x, t)}{dx}$$

J kennzeichnet hierbei den Teilchenfluß, D ist der stoffabhängige Diffusionskoeffizient und der Term $\partial c(x, t)/\partial x$ beschreibt den Konzentrationsgradienten in Richtung der Laufvariablen x .

Der strömungsmechanische Reinigungsprozess kann folglich beschleunigt werden, wenn der Konzentrationsgradient aufrecht erhalten wird. Dies gelingt, wenn der gelöste Schmutz schnell abtransportiert und frisches bzw. gereinigtes und aufbereitetes Medium an die verschmutzten Stellen herangetragen wird.

Die folgende Abbildung zeigt in einer Simulation drei mal den Querschnitt desselben Rohres, bei dem eine Schmutzschicht auf der Wandung aufgelöst wird. Auf der linken Seite ist keine Strömung innerhalb des Reinigungsmediums vorhanden, beim mittleren eine sehr geringe und rechts eine sehr hohe Strömungsgeschwindigkeit. Dadurch wird die aufgelöste Verschmutzung schnell abtransportiert.

tiert und der Konzentrationsgradient so aufrecht erhalten. Bei den beiden linken Simulationen besteht die Problematik, dass sich die Verschmutzung aufgrund des unzureichenden Abtransportes ansammelt und der weitere Ablöseprozess durch die Behinderung der Diffusion damit verlangsamt wird. Gleichzeitig nimmt die Wandschubspannung aufgrund des Verhaltens einer typischen Einlaufströmung von links nach rechts ab.

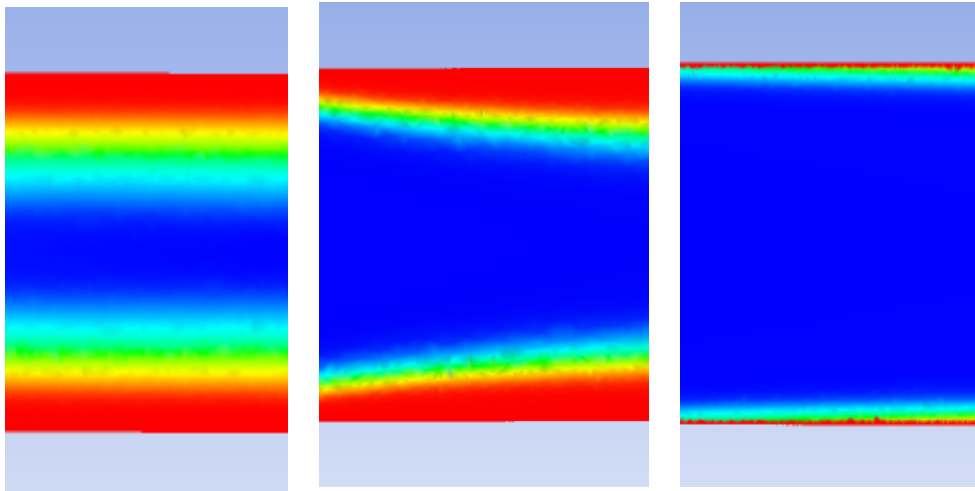


Abbildung 2.28: Abtransport von Verschmutzungen durch Strömung

Zusammenfassend betrachtet fällt auf, dass sowohl zur Erzeugung einer hohen Wandschubspannung als auch zur Aufrechterhaltung eines hohen Konzentrationsgradienten dieselben grundlegenden Bedingungen erfüllt werden müssen. Die Geschwindigkeit des Reinigungsmediums außerhalb des direkten Einflusses der Wand sollte möglichst hoch sein, um eine Grenzschicht mit minimaler Dicke zu erzeugen. Gleichzeitig sollten keine Bereiche vorhanden sein, in denen die Geschwindigkeit sehr stark herabgesetzt wird, was eine Verringerung der Wandschubspannung und einen sehr niedrigen Konzentrationsgradienten zur Folge hätte.

3 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist eine ganzheitliche Wissensvermittlung im Umfeld der Reinigungstechnik. Wie im Kapitel 2.2.1 dargestellt, sind die Anforderungen in den letzten Jahren stark angestiegen. Es wird immer deutlicher, dass die Reinigung keinen rein nachsorgenden Charakter mehr besitzen sollte. Stattdessen ist es unabdingbar, die Reinigungsgerechtigkeit von Bauteilen bereits während des Entwicklungsprozesses zu berücksichtigen. Nur so kann es gelingen, ein Optimum für das Reinigungsergebnis und die Kosten zu erreichen. Strategien einer ganzheitlichen Sichtweise besitzen daher ein großes Potenzial, das derzeit noch völlig ungenutzt bleibt. Vor diesem Hintergrund sollte die Reinigungsgerechtigkeit ein wesentlicher Bestandteil im Konstruktionsprozess werden, um die Anforderungen der Kunden noch besser erfüllen zu können. So werden unnötige spätere Kosten vermieden und die Prozesssicherheit bei der Reinigung optimiert. Eine derartige Betrachtung wird derzeit nur in Einzelfällen und rudimentär durchgeführt, wie bei sehr kritischen Hygienebereichen im Umfeld der Medizin- oder Lebensmittelindustrie. Dort bestehen erste Richtlinien, aber keine durchgängigen Systematiken, wie die Reinigungsgerechtigkeit bereits in einer frühen Phase des Produktentstehungsprozesses zu berücksichtigen ist. Diese Lücken soll diese Arbeit schließen, indem sie eine durchgängige Vorgehensweise ableitet, die sehr gut in den in der Praxis üblichen Konstruktionsprozess integriert werden kann. So soll es erstmals ermöglicht werden, die

Reinigungsgerechtigkeit vollständig und durchgängig betrachten zu können, was für die Zukunft einen großen Mehrwert bereitstellen wird.

Es reicht jedoch nicht aus, lediglich derartige Strategien zu entwickeln. Sie müssen innerhalb der Branche effizient verbreitet und diskutiert werden. Daher ist auch die Frage zu beantworten, wie die neuen Strategien mittels Internettechniken aufbereitet und vermittelt werden können.

Vor dem Hintergrund ist auch die Zielsetzung zweigeteilt. Zum einen soll ein kollaboratives Wissensmanagementwerkzeug entstehen, welches die Verbreitung von praxisrelevanten Wissen unterstützt und einen Austausch aller Akteure vorbereitet. Zum anderen soll eine nachhaltige Strategie für die ganzheitliche Betrachtung der reinigungsrelevanten Einflüsse ausgearbeitet werden, die eine Berücksichtigung der Anforderungen bereits in der Planungsphase von Produkten ermöglicht.

Realisierung eines kollaborativen Wissensmanagementwerkzeuges

Im Rahmen der sogenannten Web 2.0-Technologien ist im Internet eine große Dynamik entfacht worden. Die Nutzer sind nicht mehr nur Informationskonsumenten, sondern beteiligen sich auch aktiv an der Wissensgenerierung. Diese Entwicklung stellt ein großes Potential bereit, welches im beruflichen Umfeld bisher jedoch weitestgehend ungenutzt geblieben ist. Die Gründe hierfür liegen bei einigen Barrieren, denen entgegengewirkt werden kann, um die Dynamik auch für diesen Bereich zu aktivieren.

Die Ansprüche an die Qualität der Inhalte sind im beruflichen Umfeld weitaus höher. Während Beiträge in Wikis oder Foren des privaten Bereiches häufig unkontrolliert verbreitet werden, ist dies für ein betriebliches Umfeld meist nicht akzeptabel. Darüber hinaus handelt es sich im beruflichen Umfeld oft um thematische Spezialbereiche, für die nur sehr wenige Experten existieren. Die Praxis zeigt, dass die Sicherstellung der Qualität der Inhalte nicht mehr analog zum System von Wikipedia funktioniert. Bei Wikipedia arbeitet die Statistik automatisch für das System. Da die Anzahl der Personen, die sinnvolle Inhalte verbreiten möchten, größer ist, als die der Personen, die die Systeme negativ beeinflussen oder sogar sabotieren, werden schlechte Beiträge schnell gelöscht oder verbessert. Im beruflichen Umfeld sind oft aber nur sehr wenige Experten für ein Themengebiet vorhanden. Dadurch ist die Kontrollfunktion sehr eingeschränkt. Zudem spielen finanzielle Interessen eine Rolle und es kommt beispielsweise zur einseitigen Verbreitung von Eigenwerbung. Inhalte im Internet haben darüber hinaus oft einen sehr temporären Charakter. Beiträge in Wikis oder Foren werden mitunter täglich geändert. Wo im Rahmen der Qualitätssicherung die Dokumentation eine große Rolle spielt, ist ein derart flüchtiger Charakter äußerst problematisch. Die dauerhafte Archivierung und die Möglichkeit, jeden Stand wiederherzustellen, muss gewährleistet sein, um eine Akzeptanz der Systeme im betrieblichen Umfeld zu erreichen.

Diese zwei Beispiele machen deutlich, dass nicht einfach eine vorhandene Lösung installiert und angepasst werden kann. Daher wird eine detaillierte Anforderungsliste ausgearbeitet, um ein für diesen Anwendungsfall optimal vorbereitetes System zu generieren. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei eine intuitive Bedienung, die jedem Interessierten eine Mitarbeit ermöglicht, ohne über umfassende weitergehende Computerkenntnisse zu verfügen. Die Nutzung soll von jedem PC aus möglich sein, der über einen Internetanschluss verfügt. Um keine weiteren Barrieren aufzubauen, ist es vorteilhaft, wenn der vorhandene Internetbrowser für die Nutzung des Systems ausreicht und auf die Installation zusätzlicher Software verzichtet werden kann.

Da einerseits Wissen besteht, welches dem branchenweiten Austausch dient, und andererseits Wissen, welches als Abgrenzungsinstrumentarium zu anderen Unternehmen innerhalb der eigenen Organisation geschützt werden soll, muss das System für den Einsatz im Inter- wie auch Intranet

gleichermaßen geeignet sein. In der Praxis sind die Unternehmen nicht bereit, ihr schützenswertes Wissen auf einem Internetserver zu speichern, selbst wenn der Zugang gesichert ist. Die Bewahrung des Produktionsfaktors Wissen gilt als so wichtig, dass die Unternehmen die vollständige Kontrolle behalten möchten. Daher betreiben sie aufwändig geschützte Intranetserver, die auch für das Einrichten von Wissensportalen geeignet sind.

In Bezug auf die Programmieretechnik ist die Anforderung, das System im Intra- als auch Internet einsetzen zu können, zunächst unproblematisch, da sowohl die Intra- als auch Internetserver auf derselben Technik basieren. Bei den Intranetservern wird lediglich sichergestellt, dass ein Zugriff von Rechnern außerhalb des Firmennetzwerkes nicht möglich ist. Zur Aufrechterhaltung einer durchgängigen Dokumentation aller Inhalte ist aber ein Datenimport aus dem öffentlichen System gewünscht. Bei einem öffentlich betriebenen System besteht immer die Gefahr einer Abschaltung des Systems durch den Fremdanbieter oder eines versehentlichen Datenverlustes. Daher bestehen die Unternehmen oft darauf, die Daten redundant auf den eigenen Servern abzulegen, um eine absolute Daten- und Betriebssicherheit im eigenen Verantwortungsbereich sicher zu stellen, unabhängig davon, was mit dem öffentlichen System passiert. Beim Datenimport ist ein kontrolliertes Einpflegen der Inhalte unabdingbar, da eventuell zu denselben Themen sowohl interne als auch externe Artikel existieren. Zudem besteht bei manchen Unternehmen die Anforderung, jeden externen Inhalt vor der Freigabe für das Intranet zu kontrollieren.

Für die gerichtete Erstellung und Freigabe der Inhalte ist ein Workflowmanagement einzuführen. Über dieses soll flexibel eingestellt werden können, welchen Weg die Inhalte von ihrer Erzeugung bis zur Veröffentlichung zurück legen. Bei Wissensprojekten in kleineren Gruppen ist eventuell gewünscht, dass jede beteiligte Person direkt Inhalte veröffentlichen kann, ohne einen weiteren Kontrollprozess anzustoßen. Bei größeren Organisationen, bei denen sich die verschiedenen Akteure eventuell nicht einmal kennen oder beim öffentlichen Portal ist jedoch ein gerichteter Durchlauf der Dokumente unumgänglich. Dazu gehört eventuell als erster Schritt die Aufforderung, Inhalte zu verfassen. Im Anschluss kann zum Beispiel eine Veröffentlichung nach dem Vier-Augen-Prinzip erfolgen. D. h. nur wenn zwei Mitarbeiter auf gleicher Ebene den Artikel unabhängig voneinander bestätigen, wird er auch publiziert. Diese Optionen müssen flexibel eingestellt und mit dem Rechtemanagement verbunden werden können, um zum Beispiel zu definieren, wer welche Inhalte lesen, verfassen oder veröffentlichen darf.

Insgesamt soll es so gelingen, ein sich selbst steuerndes System mit minimalem Wartungs- und Kontrollaufwand zu generieren. Die Praxis zeigt, dass ein zu hoher Administrationsaufwand die Nachhaltigkeit gefährdet. Dies gilt für branchenweite Portale, die zum Beispiel von einem Verband betreut werden noch mehr als für Intranetsysteme. Automatische Mechanismen zur Qualitätssicherung helfen hierbei genauso wie Bewertungsmöglichkeiten durch die Nutzer, die problematische Inhalte kennzeichnen. Darüber hinaus ist eine inhaltliche Gliederung vorzugeben, die möglichst zeitlos ist und nur in Einzelfällen angepasst werden muss.

Somit soll es als ein inhaltliches Gesamtziel gelingen, ein möglichst wartungsarmes und selbsterklärendes System zu generieren, welches keinerlei technische Barrieren aufbaut, damit jede interessierte Person spontan an der Wissensabfrage und -generierung teilnehmen kann. So soll es gelingen, eine Dynamik zu entfachen, ähnlich wie sie sich derzeit bei Web 2.0-Anwendungen zeigt. Um dies zu erreichen, sollen die Web 2.0-Techniken mit Kontroll- und Qualitätssicherungsstrukturen verbunden werden, die den Einsatz im beruflichen Umfeld vorbereiten und den bestehenden Sorgen entgegnen, um so die Akzeptanz derartiger Systeme deutlich zu erhöhen.

Ganzheitliche Betrachtung der reinigungsrelevanten Einflussfaktoren

Die Unternehmen, insbesondere die Automobilzulieferer, sind gezwungen, auf die neuen Bedingungen zu reagieren, die sich durch die von den internen und externen Kunden formulierten Reinheitsanforderungen ergeben. Dies hat zunächst dazu geführt, dass sie zusätzliche Reinigungsschritte in ihre Prozesskette mit einbezogen haben. Häufig hat es sich hierbei zunächst lediglich um eine Endreinigung gehandelt, die vor der Auslieferung an den Kunden durchgeführt wurde. Teilweise ist dieser Prozess auch extern an Dienstleister vergeben worden, um schnell auf die neuen Anforderungen reagieren zu können, ohne sich selbst direkt neue Anlagen kaufen zu müssen. Ein Chargenbetrieb, der mitunter die Struktur des gesamten sonstigen Fertigungsablaufes nach dem Fließprinzip unterbricht, ist im Bereich der Reinigungstechnik aufgrund der meist sehr großen Nassreinigungsanlagen nach wie vor der Regelfall.

Immer mehr setzt sich jedoch die Erkenntnis durch, dass die gesamte Prozesskette und das Produkt selbst zu optimieren sind, um die hohen Anforderungen bei einem weiterhin bestehenden Kostendruck zu erfüllen. Die Kunden sind oft nicht bereit, die Mehrkosten zu tragen. Bei sehr hohen Reinheitsanforderungen ist die alleinige Betrachtung des Reinigungsprozesses zudem nicht ausreichend. Es gilt generell der Grundsatz, dass umso mehr Kosten gespart werden, je früher die Anforderungen berücksichtigt sind, wie auch die folgende Abbildung verdeutlicht:

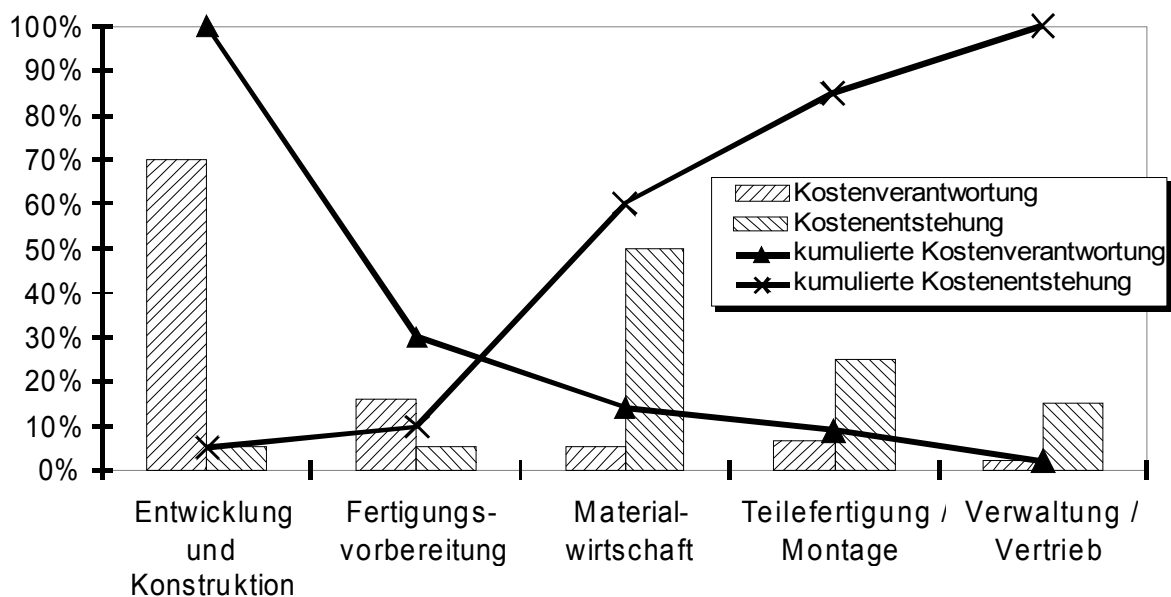


Abbildung 3.1: Kostenverantwortung und -entstehung nach [EHR95]

Daher ist es wünschenswert, von einer derzeit rein nachsorgenden Strategie zu einer präventiven überzugehen, die bereits in der Entwicklung und Konstruktion oder Fertigungsvorbereitung ansetzt.

Im Idealfall sollte es gelingen, die Bauteile bereits reinigungsgerecht zu konstruieren, um alle nachfolgenden Prozesse möglichst einfach, kostengünstig und reproduzierbar zu gestalten. Hierzu sind Strategien zu entwickeln, wie die Reinigungsgerechtigkeit während der Konstruktion berücksichtigt werden kann, ohne zuvor Prototypen bauen zu müssen, die testweise zu reinigen sind. Sowohl der Bau von Prototypen als auch eine testweise Realisierung des Reinigungsvorganges wären sehr aufwändig. Für viele Reinigungsvorgänge werden keine Standardmaschinen eingesetzt, sondern spezielle Sondermaschinen konzipiert. Dies stellt derzeit eines der Hemmnisse dar, welches eine frühzeitige Berücksichtigung der Reinigungsvorgänge behindert. Es bestehen bereits einige gute Gestaltungsregeln aus dem Bereich des allgemeinen Maschinenbaus, der Nahrungsmittel- sowie der

Medizinindustrie. Diese Gestaltungsregeln bilden generelle Aussagen ab, können aber oft bei sehr speziellen Fragestellungen keine ausreichende Antwort geben. Vor diesem Hintergrund sind weitere Instrumentarien wünschenswert und sinnvoll. Es wäre sehr wertvoll, wenn die Reinigungsgerechtigkeit mittels einer Simulation zumindest qualitativ festgestellt werden könnte. Dann wäre es möglich, Bauteile, von denen dreidimensionale Daten vorliegen, bereits virtuell zu testen, bevor ihre weitere Fertigung geplant wird. Darüber hinaus könnten spezielle Reinigungsmaschinen für die Anwendung konzipiert bzw. optimiert werden. Bei vorhandenen Reinigungsanlagen wäre eine Parameterstudie am Rechner möglich, um zum Beispiel die Wirkung unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeiten und -richtungen zu simulieren.

Daher soll im Rahmen dieser Arbeit eine mögliche Vorgehensweise bei einer Simulation gängiger Reinigungsprozesse dargestellt werden, die es erlaubt, vorhandene Geometriedaten zu importieren und hinsichtlich ihrer Reinigungsgerechtigkeit abzuschätzen. Die Simulation soll dabei insbesondere über den Anspruch verfügen, hinsichtlich der Reinigung problematische Stellen zu detektieren und zu visualisieren, so dass Abhilfemaßnahmen möglich sind. Diese können aus einer Umkonstruktion des Bauteils bestehen, falls dies möglich ist und keine weiteren Restriktionen bestehen. Ist diese Maßnahme nicht realisierbar, bleibt die Anpassung des Reinigungsverfahrens als letzte Variante bestehen.

Eine ganzheitliche Sichtweise setzt zudem eine systematische Ableitung der Reinheitsanforderungen an die Bauteile und der Einflüsse auf die Bauteile während der Realisierung und Nutzung voraus. Derzeit werden die Reinheitsanforderungen häufig noch nach Gefühl festgesetzt. Eine konsequente Ableitung findet kaum statt. Für die systematische Ableitung der Reinheitsanforderungen ist eine Unterscheidung in die Realisierungs- und Nutzungsphase der Produkte sinnvoll. Während der Realisierungsphase ergeben sich Anforderungen aufgrund der einzelnen nachfolgenden Fertigungsprozesse, wie zum Beispiel der Beschichtungsvorgänge. Gleichzeitig beeinflussen viele Prozesse den Reinheitszustand des Bauteils selbst. Häufig liegen zunächst den Anforderungen entsprechende Bauteile später wieder unzulässig verschmutzt vor, da es zum Beispiel während der Lagerung, des Transports oder der Montage zu erneuten Kontaminationen gekommen ist. Besonders die Prozesse, die zwischen der Reinigung und der Montage im gleichen Werk oder bei einem weit entfernt liegenden Kundenstandort stattfinden, sind hierbei von Bedeutung. Nur durch die Betrachtung und Optimierung des gesamten Prozessablaufes gelingt es, die geforderte Reinheit sicher zu stellen. Diese Einflüsse gilt es, konsequent zu analysieren, um ein Gesamtoptimum zu erreichen.

Während der Nutzungsphase ergeben sich die Anforderungen hingegen aus der Funktionserfüllung. So gefährdet zum Beispiel innerhalb eines kraftstoffführenden Systems ein in einer engen Düse vorgelegertes Bauteil die Funktionserfüllung, falls vor dem Einbau ein Partikel anhaftet, der sich im Betrieb löst und die Düse verstopft. Vor diesem Hintergrund kann die Funktionsstruktur einer Baugruppe dazu dienen, um mittels der Gesamtreinheitsanforderung mit Bezug auf die komplette Baugruppe auf die Reinheitsanforderung an das einzelne Bauteil zu schließen.

Daher soll im Rahmen dieser Arbeit eine Vorgehensweise erarbeitet werden, die sowohl die Anforderungen der Realisierungs- als auch Nutzungsphase berücksichtigt. Diese Vorgehensweise orientiert sich an vorhandenen Qualitätsmanagement- und Konstruktionssystematikwerkzeugen, um eine optimale Einbindung in die vorhandenen Strukturen der Unternehmen zu ermöglichen.

4 Lösungsweg

4.1 Vorgehensweise

Die folgenden Unterkapitel stellen den Lösungsweg in den Vordergrund. Hierbei wird zunächst die Umsetzung des vollständig neu entwickelten internetbasierten Wissensmanagementsystems erläutert, wobei das Kapitel zunächst mit der systematischen Aufnahme der Anforderungen beginnt. Danach erfolgt die Ableitung der Konsequenzen aus dem Stand der Technik, um anschließend alle Anforderungen zielgerichtet mittels der Methode Quality Function Deployment in Merkmale des Portals zu wandeln. Nach der Planung und Realisierung eines ersten Testsystems schließt sich hier die Umsetzung des endgültigen Systems an. Den Abschluss bildet die Herleitung der neu entwickelten Systematik zur Berücksichtigung aller reinigungsrelevanten Einflussfaktoren in der Realisierungs- und Nutzungsphase.

4.2 Aufbau der ursprünglichen Portallösung

Im nächsten Schritt wird die zu Beginn des Vorhabens bestehende Lösung, die unter anderem das statische Anzeigen von durch den Betreiber des Portals vorgegebene Inhalte erlaubt, beschrieben, da sich durch sie ein gewisser Erfahrungshorizont ergibt, auf dem bei der Neukonzipierung zurückgegriffen werden kann. Zudem ist die Frage zu stellen, in wie weit das vorhandene System eine Basis darstellt, auf die zurückgegriffen, bzw. die ergänzt werden kann. Hierzu sollen die unterschiedlichen Elemente des ursprünglichen Systems vor allem bezüglich der Technik untersucht und hinsichtlich der Erweiterungsmöglichkeiten analysiert werden.

Das vorhandene Fachinformationssystem www.bauteilreinigung.de besteht im Wesentlichen aus den drei Hauptbereichen:

- Auswahlssystem
- Datenbanksuche
- Wissensbasis

Diese drei Hauptbereiche werden in den folgenden Unterkapiteln erläutert.

4.2.1 Auswahlssystem

Das Auswahlssystem wurde zusammen mit der ursprünglichen Wissensbasis bereits in einer früheren Projektphase implementiert [KLO03] und später stark überarbeitet und erweitert [WUL04]. Mit dem Auswahlssystem ist es möglich, eine geeignete Reinigungslösung oder einen geeigneten Reiniger für eine vorher zu definierende Reinigungsaufgabe zu finden.

Zur Beschreibung der Reinigungsaufgabe können in einem Auswahlformular (Abbildung 4.1) Angaben zum Bauteil, zum Verschmutzungszustand, zu den Reinheitsanforderungen und zu den Anlagenanforderungen getätigt werden.

Basierend auf den Anforderungen ist die Darstellung geeigneter Reinigungsverfahren, Reinigungsanlagen, Reinigungsmitteltypen oder Reiniger möglich. Die Auswertung und Darstellung der Ergebnisse erfolgt, indem die zuvor formulierte Reinigungsaufgabe mit den Erfüllungsgraden der Kriterien, die in einer Datenbank definiert sind, verglichen und bewertet werden. Das Ergebnis zeigt eine Anlage oder ein Reinigungsmittel eines Anbieters zur möglichen Lösung der Reinigungsaufgabe.

be auf. Die Erfüllungsgrade in Bezug auf bestimmte Kriterien zu den Anlagen und Reinigern sind hier von den Anbietern, die über spezielle Eingabeformulare die Möglichkeit erhalten, ihre Stamm- und Produktdaten zu pflegen, selbst definiert worden. Sie können ihre Vorgaben fortwährend ändern, wenn sie am System angemeldet sind.

Eine geeignete Lösung in Bezug auf die Anforderungen der potentiellen Kunden liegt nur dann vor, wenn alle ausgewählten Kriterien von der Alternative erfüllt werden. Ansonsten kennzeichnet das System die Lösungen als bedingt oder nicht geeignet.

Angaben zum Bauteil











Längste Abmessung des Bauteils 		Info	Ja	Nein	k. A.
keine Angabe	<input checked="" type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
unter 1 mm	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
zwischen 1 mm und 10 mm	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
zwischen 10 mm und 100 mm	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
zwischen 100 mm und 500 mm	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
zwischen 500 mm und 1000 mm	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
zwischen 1000 mm und 5000 mm	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
über 5000 mm	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Coilware	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Abbildung 4.1: Ausschnitt aus dem Eingabeformular des Auswahlsystems

4.2.2 Datenbanksuche

Die Datenbanksuche wurde nachträglich in das Fachinformationssystem integriert. Mit Hilfe der Datenbanksuche ist es für einen Anwender möglich, direkt nach Anbietern, Anlagen, Reinigungsbeispielen oder Reinigungsmitteln zu suchen. Die zur Verfügung stehenden Suchwerkzeuge sind nach ihrer Komplexität in eine Standard- und Expertensuche untergliedert.

Jedem Anbieter von Reinigungsanlagen oder Reinigungsmitteln wird die Möglichkeit gegeben, sich in der Datenbank zu registrieren. Ein registrierter Anbieter ist dann über den Login-Bereich in der Lage, Anlagen mit Beispielen für gereinigte Teile und Reinigungsmittel detailliert in die Datenbank einzutragen und deren Fähigkeiten umfassend zu beschreiben. Es ist für den Anbieter auch möglich, seine Prozesskosten zu definieren, so dass ein Interessent über gewisse Kennzahlen die Wirtschaftlichkeit einer Anlage beurteilen kann, um eine fundiertere Entscheidung zu treffen.

Der Anwender kann somit über die Datenbanksuche gezielt nach Lösungen für seine Reinigungsaufgabe recherchieren und direkt mit Anbietern in Kontakt treten:


Anlage des Anbieters				
Name	Foto	Verfahren	gereinigte Teile	Freitext
Anlage zur wässrigen Kleinstteilreinigung Investitionskosten: 8000 - 8000 Euro	 <input type="button" value="mehr Infos"/> <input type="button" value="Mailanfrage"/>	Trommelreinigung Schleudern	Kleinstkugeln	Diese Anlage ist eine Einzelanfertigung und steht zum Verkauf. Das Haupteinsatzgebiet sind Kleinstteile mit Abmessungen kleiner 1 mm.

Abbildung 4.2: Suchergebnis mit Möglichkeit der direkten Kontaktaufnahme zum Anbieter

4.2.3 Wissensbasis - Inhalte

Bei der Wissensbasis handelt es sich in der ursprünglichen Form um ein Onlinelexikon, in welchem die Wissensgrundlagen der industriellen Bauteilreinigung beschrieben sind. Die Wissensbasis weist eine hierarchische und nur mit großem Aufwand anpassbare Struktur auf. Die Struktur ergibt sich dabei ausschließlich durch die interne Verlinkung der einzelnen Dateien untereinander. Daher kann auch die Struktur nur durch die manuelle Bearbeitung der einzelnen Dateien erfolgen. Die Wissensbasis ist in die drei folgenden Hauptthemenbereiche untergliedert:

- Grundlagen der Bauteilreinigung
- Reinigungsverfahren
- Reinigungsmittel

4.2.3.1 Grundlagen der Bauteilreinigung

Der Bereich „Grundlagen der Bauteilreinigung“ enthält eine Übersicht über die gültigen Normen und Richtlinien. Des Weiteren werden Aufbau und Arten von Verschmutzungen beschrieben sowie Begriffe behandelt und verschiedene Test- und Prüfverfahren zur Feststellung der Bauteilreinheit vorgestellt.

4.2.3.2 Reinigungsverfahren

In der Wissensbasis sind etwa 50 Reinigungsverfahren beschrieben, die in die Kategorien „Nassverfahren“, „Strahlverfahren“, „Mechanische Verfahren“, „Thermische Verfahren“ und „Sonderverfahren“ untergliedert werden. Die Erläuterung jedes Reinigungsverfahrens besteht aus einer allgemeinen Beschreibung, die durch die Unterpunkte „Physikalischer Hintergrund“, „Haupteinsatzgebiete“, „Umwelt- / Arbeitsschutz“, „Anlagen / Kosten“, „Referenzen und Hersteller“ ergänzt wird. Der Unterpunkt „Hersteller“ stellt eine Verknüpfung von der Wissensbasis zur Datenbanksuche her, indem er eine aktuelle Anbieterübersicht zum gewählten Reinigungsverfahren generiert. Dabei werden alle entsprechenden Datensätze angezeigt, die aktuell in der Datenbank vorhanden sind und die von den Herstellern selbstständig gepflegt werden.

4.2.3.3 Reinigungsmittel

In diesem Hauptthemenbereich werden zuerst die Reinigungsmittel in Reinigergruppen untergliedert. Im Wesentlichen setzen sich die Beiträge zu den Reinigergruppen aus Informationen über verschiedene, üblich angewandte Reinigungsmedien und einige Sondermittel zusammen. Als weitere Gliederungsinstanzen befinden sich unter der Kategorie „Reinigungsmittel“ die Unterpunkte „Recycling“, „Spülprozesse“, „Trocknung“ und „Ökobilanz“.

4.2.4 Technische Restriktionen der vorhandenen Portallösung

In diesem Kapitel wird die Notwendigkeit der Erstellung einer neuen Wissensbasis beschrieben. Hierzu werden zuerst die Restriktionen der bestehenden Wissensbasis in Bezug auf die neue Aufgabenstellung erläutert.

Die wesentlichen Grundelemente der ursprünglichen Wissensbasis sind bereits mehrere Jahre alt. Die technische Basis ist daraus resultierend nicht mehr aktuell und für Erweiterungen kaum geeignet. Bei der Wissensbasis handelt es sich in der Ursprungsform um ein auf statischen HTML-Code basierendes Onlinelexikon zum Thema industrielle Bauteilreinigung. Durch diesen HTML-Code

sind der eigentliche Wissensinhalt und die Textstrukturierungselemente nicht trennbar. Daraus folgt, dass die Wissensbasis ein äußerst statisches System ist, in welchem der Wissensinhalt über viele einzelne Dateien zerstreut ist und somit konkrete Suchanfragen nur unter hohem Rechenaufwand und unstrukturiert durchgeführt werden können.

Im Bereich des Auswahlsystems besitzt die Verknüpfung mit den eigentlichen Ein- und Ausgabeformularen eine statische Natur. Das heißt eine Änderung, wie z. B. das Einfügen neuer Kriterien, ist nur unter sehr großem Aufwand möglich. Die Formulare bestehen aus HTML-Code, der an den Stellen, wo weitere Funktionalität benötigt wird und Daten dynamisch der Datenbank entnommen werden, durch eine serverseitige Scriptsprache ergänzt wird. Dabei handelt es sich in diesem Falle um PHP. Des Weiteren integrieren die Dateien zusätzlich klientenseitigen Code, wie z. B. JavaScript, den die Browser auswerten, um die Eingaben der Nutzer auf Plausibilität zu überprüfen. Ein Beispiel hierfür ist die Kontrolle, ob eine eingegebene Emailadresse tatsächlich dem vorgeschriebenen Format entspricht, d. h. keine unzulässigen Sonderzeichen enthält und nach dem vordefinierten Schema (Benutzerkennzeichen@Domain.Länderkennzeichen) aufgebaut ist. Damit wird das Konstrukt aus unterschiedlichen Codearten sehr unübersichtlich. Soll ein neues Auswahlfeld integriert werden, so muss ein Programmierer zunächst in der Datenbank mehrere zusätzliche Felder ergänzen. Sie sind erforderlich, um die neuen Informationen zu sammeln, auszuwerten und den Nutzern dynamisch zur Verfügung zu stellen. Ist der Programmierer noch nicht in das System eingearbeitet, so muss er zunächst die Zusammenhänge der Tabellen in der relationalen Datenbank verstehen, um überhaupt zu erkennen, wo er die Ergänzungen vornehmen soll. Ist dieser Schritt gelungen, sind die einzelnen Dateien in der Ordnerstruktur aufzuspüren, die für die Änderungen relevant sind. Im nächsten Schritt hat der Programmierer den Aufbau dieser einzelnen Dateien zu analysieren, um die Passagen heraus zu filtern, die für die Änderungswünsche relevant sind. Je nachdem, ob die anzupassende Funktionalität auf dem Browser des Nutzers, auf dem Server oder durch eine Datenbankabfrage realisiert ist, muss er dann JavaScript-, PHP- sowie HTML- oder MySQL-Code anpassen bzw. ergänzen.

Dieser exemplarisch für das „Auswahlssystem“ beschriebene Zusammenhang gilt im übertragenen Sinne auch für die Bereiche „Datenbanksuche“ und „Wissensbasis“. Bei der Wissensbasis sind die Auswirkungen besonders weitreichend. In der vorhandenen Fassung ist eine Verknüpfung zur Datenbank nur in einem sehr kleinen Teilbereich vorhanden, damit die Unternehmen angezeigt werden können, die das im Artikel beschriebene Reinigungsmittel bzw. -verfahren anbieten. Alle anderen Daten werden im Dateisystem gespeichert. In einer derartigen Datei sind dann wiederum die verschiedenen Codearten miteinander vermischt. Die Dateien enthalten zunächst den eigentlichen zu speichernden Text. Er wird als HTML abgelegt, d. h. er ist durch so genannte Tags unterbrochen, die dem Text eine Struktur verleihen. Die Tags kennzeichnen verschiedene Überschriften, Hyperlinks oder fügen Bilder in den Text ein. Gleichzeitig sind Layoutanweisungen vorhanden. An den Stellen, an denen Daten dynamisch aus der Datenbank heraus gefiltert werden sollen, wird PHP-Code verwendet, der die Informationen ausliest und darstellt. Das Ändern des Textes ist folglich nur möglich, wenn diese Dateien im Detail durchgearbeitet und angepasst werden. Hierzu muss der Administrator die Dateien vom Server lokal auf seinen Rechner kopieren, sie mit einem Editor öffnen und nacharbeiten bzw. bei der Ergänzung ganz neuer Inhalte vorhandene Dateien kopieren und den Text ersetzen. Diese Arbeiten kann er entweder vollständig manuell durchführen oder er verwendet spezielle HTML-Editoren, die zum Teil auch die Generierung der PHP- und JavaScript-Codeanteile unterstützen. Dies stellt zwar eine gute Hilfestellung dar, dennoch ist diese Vorgehensweise in mehrfacher Hinsicht äußerst problematisch.

Zunächst unterscheidet sich der von den HTML-Editoren generierte Code, je nachdem, welches System verwendet wird. Nicht immer wird HTML-Code erzeugt, der den offiziellen Regeln entspricht. Die Browser zeigen sich oft sehr fehlertolerant und stellen die Inhalte trotzdem korrekt dar. Größere Schwierigkeiten entstehen jedoch, falls unterschiedliche Administratoren auch unterschied-

liche Editoren verwenden. Das Ergebnis ist oft ein Datenwirrwarr, der nicht mehr zu beherrschen ist. Zudem entsteht die Problematik, dass nur ein technisch versierter Administrator das System beherrschen kann. Eine Aufgabenteilung, wie sie für den Entstehungsprozess der Inhalte sinnvoll wäre, kann nicht durchgeführt werden, da die Dateien die zu editierenden Texte, die Anwendungslogiken und alle Layout- und Strukturierungsinformationen enthalten. In der Praxis sollen die externen Nutzer jedoch die Inhalte editieren können. Sie sollen jedoch keine Datenbankabfragen generieren oder das gesamte Erscheinungsbild der Webseite ändern. Mit der herkömmlichen Technik müsste ein Administrator entweder die gewünschten Änderungen selbstständig von Hand einpflegen, oder er stellt den Nutzern jeweils einzeln die Dateien zur Verfügung und definiert, mit welchen externen Editoren sie die Seiten bearbeiten dürfen. Dabei wären technische Probleme ebenso vorprogrammiert wie die Überforderung der Nutzer, die noch keine Erfahrung im Umgang mit HTML-Editoren besitzen. Eine dynamische inhaltliche Entwicklung des Portals könnte daher kaum erwartet werden. Ergänzend ergibt sich ein Rechtsproblem. Ein Autor eines derartigen Systems soll zunächst nur Inhalte bereitstellen dürfen. Er soll jedoch nicht Code verändern dürfen, welcher lesend oder sogar schreibend auf die Datenbank zugreift bzw. das generelle Aussehen des Portals verändert. Teilbereiche der zu übertragenden Dateien zu schützen ist jedoch mit vertretbarem technischen Aufwand nicht möglich.

Des Weiteren muss sich beispielsweise ein Grafiker, der das generelle Aussehen des Portals anpasst, mit den Dateien auseinandersetzen, die auch die Anwendungslogik und Inhalte enthalten. Möchte er Stilelemente einführen, die sich auf alle Inhaltsseiten auswirken, müssen diese auch einzeln in alle entsprechenden Dateien eingepflegt werden. Dies ist jedoch nicht die Kernkompetenz des Grafikers. Dasselbe gilt wiederum für den Programmierer, der sich mit der Entwicklung der Anwendungslogik auseinandersetzt. Er muss ebenfalls die Komplettdateien bearbeiten und aktuell halten.

Neben diesen organisatorischen Schwierigkeiten ergeben sich auch technische beim Betreiben eines Portals. So wäre es wünschenswert, die Inhalte auch in separierter Form anbieten zu können. Anwendungsbeispiele wären

- eine für den Ausdruck optimierte Ausgabe
- eine für die Ausgabe auf alternativen Geräten, wie z. B. internetfähigen Handys, optimierte Darstellung
- das Anbieten des reinen Textes für Vorlesegeräte von sehbehinderten Menschen
- die optimale Darstellung der Inhalte auf unterschiedlichen Monitorgrößen
- eine bessere Indizierung durch Suchmaschinen
- das Anbieten der gesamten Inhalte oder Teilbereiche für weitere Systeme oder andere Portale
- das dynamische Anbieten von zielgruppenrelevanter Werbung

Wenn jedoch, wie im vorliegenden Beispiel, alle Codearten in den Dateien vereinigt sind, kann der reine Inhalt im Nachhinein kaum noch effizient heraus gefiltert werden.

Die größten Probleme der Wissensbasis in der ursprünglichen Form zeigen sich daher zusammenfassend betrachtet bei der Ergänzung von neuen und bei der Änderung von bestehenden Wissensinhalten. Diese Ergänzungen und Änderungen sind nur von einem Programmierer ausgehend möglich, der eine genaue Kenntnis der Dateistruktur der Wissensbasis besitzt. Um neue Wissensinhalte sinnvoll in die Gesamtstruktur einzubinden und eine interne und externe Verlinkung herzustellen, müssen dann ergänzend Änderungen in vielen verschiedenen Dateien vorgenommen

werden, was ein erhebliches Maß an Zeit erfordert. Im System ist keine automatische Logik eingebaut, die Verknüpfungen zwischen den Inhalten herstellt. Die Texte sind in eine Datei einzubringen, die auch die Darstellungsinformationen und Anwendungslogik enthält und z. B. die Kopf- und Fußzeile inklusive der eingebrachten Logos definiert. Es ist nahezu unmöglich, ein Programm zu schreiben, welches beim Einbringen neuer Inhalte die Dateien durchsucht und die Inhalte an geeigneter Stelle einpflegt.

Damit wird jedoch die Grundidee des kollaborativen Schreibens völlig ausgehebelt. Falls die gewünschten Inhalte von potentiellen Autoren nach wie vor z. B. via Email übermittelt und dann von einem Programmierer aufwändig eingebracht werden müssen, kann sich ein derartiges System langfristig niemals selbstständig wirtschaftlich tragen. Außerdem ist die Akzeptanz bei den Nutzern nur sehr gering, wenn die Inhalte mit größerer zeitlicher Verzögerung erscheinen und sie jedes mal andere Menschen bitten müssen, ihre neuen Inhalte einzubringen. Diese Situation wird noch verschärft, wenn vorhandene Inhalte angepasst oder ergänzt werden sollen und dies nicht direkt online, sondern lediglich über den Umweg des Programmierers möglich ist. Die Dynamik, die sich bei typischen Web 2.0-Anwendungen ergibt, kann so nicht induziert werden. Üblicherweise ist der Programmierer auch nicht derjenige, der sich für die inhaltliche Ausgestaltung eines Internetportals verantwortlich zeigt. Eine sinnvolle Aufteilung der Aufgaben in die Entwicklung der Applikationslogik, Anzeigenlogik (Inhalt) und die Darstellung (Design) ist somit nicht möglich.

Die statische HTML-Struktur erschwert darüber hinaus die Verwirklichung automatisch erzeugter Navigationselemente und eines Corporate Designs mit auf jeder Seite einheitlichen Designelementen. Dieses zeigt sich unter anderem in der untersten Ebene der Wissensbasis. Hier sind keine Navigationselemente vorhanden, was zur Folge hat, dass eine Navigation zu anderen Themen über eine interne Verlinkung nicht möglich ist. Der Benutzer befindet sich in einer inhaltlichen Sackgasse, die er nur noch über den „Zurück-Button“ des Browsers verlassen kann. Sollten derartige Funktionen in der Seite ergänzt werden, müsste dies beim bestehenden Stand der Technik manuell in allen einzelnen Dateien, d. h. für jeden Wissensartikel separat, erfolgen. Das Einpflegen eines Automatismus ist mit vertretbarem Aufwand nicht möglich.

Die Vernetzung eines sehr kleinen Teils der Wissensbasis mit der Datenbanksuche konnte nur über eine komplizierte PHP-Funktion gewährleistet werden. Somit ist es mit der vorhandenen Technik auch nur unter großem Aufwand oder gar nicht möglich, die Integrität der Wissensbasis in anderen Bereichen des Fachinformationssystems www.bauteilreinigung.de oder zu weiteren externen Systemen zu steigern.

Wenn neue Inhalte dynamisch eingebracht werden sollen, ist diese Basis ungeeignet und muss zugunsten einer flexibleren Technik ersetzt werden. Grundvoraussetzung hierfür ist das Einbringen der Texte in eine Datenbank, in der lediglich die Inhalte und keine Layoutinformationen gespeichert sind. In diesem Falle kann das Programm gezielt auf die Inhaltsinformationen zugreifen und sie bereitstellen oder ändern.

Diese Inhalte könnten dann zudem in unterschiedlicher Art und Weise aufbereitet werden, um die Ausgabe auf verschiedenen Medien, wie z. B. auch auf internetfähigen Handys oder PDAs (Personal Digital Assistants), zu ermöglichen.

4.3 Anforderungen an das Portal und Formulierung des vorläufigen Pflichtenheftes

Die Anforderungen an das Portal werden im Rahmen dieser Arbeit erstmalig zusammen mit Vertretern der Reinigungstechnikbranche als Pilotuser abgeleitet. Es gestaltet sich jedoch aufgrund der mangelnden Erfahrung in diesem Bereich zunächst als schwierig, die Anforderungen völlig ohne Vorgabe aufzunehmen. Daher wird die Formulierung eines rudimentären Pflichtenheftes zunächst ohne Unterstützung durch die Pilotuser basierend auf dem Stand der Technik vorgenommen. So wird eine erste Portallösung realisiert, mit welcher die wesentlichen Funktionalitäten testbar sind. Außerdem lernen die Pilotuser so eine vorläufige Umsetzung kennen, welche sie ausgiebig testen können, um Erfahrungen zu sammeln und im nächsten Schritt bei der Ausarbeitung eines erweiterten Pflichtenheftes mitzuwirken.

Der neue Wissensspeicher soll eine dynamische Struktur besitzen. Aus den beschriebenen Nachteilen der Wissensbasis Bauteilreinigung wird im Rahmen dieser Arbeit das erste rudimentäre Pflichtenheft für den neuen Wissensspeicher formuliert. Dabei werden die Festforderungen mit einem „F“ und Wünsche mit einem „W“ gekennzeichnet. Weitere Grundlagen zu Pflichtenheften finden sich in [KÜN01], S. 2 f. und [KÜN07a], S. 12. Das Pflichtenheft wird später erweitert, wenn die ersten Erfahrungen mit dem Testsystem vorliegen.

Nr.	Anforderung	F/W
1	Struktur	
1.1	Hierarchische Ordnung der Wissensinhalte	F
1.2	Dynamische Struktur der Wissensinhalte (Möglichkeit zum Einfügen, Ändern und Löschen)	F
1.3	Internet- und Intranetfähigkeit des Wissensspeichers	F
1.4	Anwendbarkeit des Wissensspeichers auf andere Themenbereiche	W
1.5	Plattformunabhängig, d. h. unter verschiedenen Betriebssystemen lauffähig	F
1.6	Einfacher Import der Wissensinhalte aus der vorhandenen Wissensbasis	W
1.7	Optimierte Suchanfragen	W
1.8	Bessere Integritätsmöglichkeiten zu anderen Modulen des Systems	W
1.9	Abbildung unterschiedlicher Workflowsituationen während der Inhaltsgenerierung	F
2	Design	
2.1	Corporate Design / Anpassung des Designs in kurzer Zeit möglich.	W
2.2	Einfügemöglichkeit von Bildern und Grafiken	F
2.3	Möglichkeiten zur Textstrukturierung	F
2.4	Gute Übersichtlichkeit	W
3	Gebrauch	
3.1	Keine Programmierkenntnisse beim Gebrauch erforderlich	F
3.2	Einfache Bedienung	W

Nr.	Anforderung	F/W
3.3	Einfaches Setzen von internen Links (zu weiteren Wissensartikeln)	W
3.4	Änderung von Wissensinhalten durch den Administrator	F
3.5	Änderung von Wissensinhalten durch externe Nutzer über einen Login-Bereich	F
4	Kosten	
4.1	Kein Einsatz von kostenpflichtiger Lizenzsoftware	F
5	Datenbankaustausch zwischen Inter- und Intranetsystemen	
5.1	Austausch der Datenbankinhalte	F
5.2	Abgleich zwischen den Änderungen seit dem letzten Datenbankaustausch (Zusammenführung unterschiedlicher Versionen)	F
6	Erweiterbarkeit des Systems	
6.1	Möglichkeit zur Programmierung weiterer Module (z. B. zur semantischen Verknüpfung der Wissensinhalte)	F

Bei der Reflexion der Anforderungsliste ist zunächst ein Open Source Web-Content-Management-System (WCMS) als Lösung in Betracht zu ziehen.

Bei einem Web-Contentmanagementsystem gilt generell das Grundprinzip der Trennung von Design und Inhalt. Da jedoch die Funktionen eines automatischen Workflows über den gesamten Content Lifecycle benötigt werden, der Datenbankaustausch zwischen Intra- und Internetsystemen gefordert und die Erweiterungsmöglichkeit durch weitere Module erwünscht ist, wäre der Einsatz eines im Funktionsumfang begrenzten Open Source-WCMS nicht sinnvoll.

Des Weiteren ist auch die Verwendung eines Wiki-Systems denkbar. Die beiden zentralen Ideen des Wiki-Konzepts sind (vgl. Kap.):

- Jeder Besucher kann jede Seite verändern
- Das Verändern und Erzeugen von Seiten wird so weit wie möglich erleichtert

Durch die Verwendung eines Wiki-Systems, welche in großer Anzahl als Open Source-Produkte verfügbar sind, wäre es möglich, mehrere Forderungen der Anforderungsliste zu erfüllen. Die Funktionalität eines Login-Bereiches, um es nicht jedem Benutzer zu erlauben, Seiten zu verändern, könnte durch die Verwendung eines erweiterten Wikis wie z. B. TWiki [TWI09] genügt werden. Die Anbindung des TWiki-Systems an die bestehende Anbieterdatenbank würde sich jedoch als äußerst schwierig und aufwändig erweisen, da das von TWiki vorgegebene Datenbankmodell völlig verändert werden müsste.

Ein absoluter Ausschlussgrund für die Verwendung eines Wikis ist die Forderung nach einer hierarchischen Struktur. Ein Wiki verzichtet völlig auf eine vom System vorgegebene hierarchische Ordnung. Durch diesen Mangel an Struktur ist es nicht möglich, die Wissensbasis Bauteilreinigung in einem Wiki abzubilden.

Aus diesen Gründen wird es erforderlich, ein eigenes selbstständig entwickeltes prototypisches Portalsystem zu erstellen, welches speziell für den Einsatz als technischer Wissensspeicher,

insbesondere für die Branche der Bauteilreinigung, optimiert ist. Das System soll im ersten Schritt analog zu einem Wiki funktionieren, wobei der Unterschied besteht, dass eine hierarchische Ordnung vorgegeben ist, die eine dauerhafte Strukturierung der Inhalte ermöglicht.

4.4 Planung und Umsetzung eines Testsystems

Bei der Entwicklung des neuen Wissensspeichers, die einen Schwerpunkt der Dissertation darstellt, sollen die Pilotuser von Anfang an fest eingebunden werden. Um ihnen schnell die Möglichkeit von qualifizierten Rückmeldungen zu geben, wird zeitnah ein Testsystem geschaffen, welches bereits wesentliche Funktionalitäten bereit stellt, in seiner Bedienung jedoch zunächst im Funktionsumfang begrenzt ist. Zudem verfügt es nur über rudimentäre Sicherheitsvorkehrungen, insofern als es bei diesem zunächst sehr eingeschränkten Nutzerkreis nicht vor Missbrauch von außen geschützt werden muss. Eine Firewall und die Zugangsbeschränkung via Passwort sind die einzigen Sicherheitsvorkehrungen, die getroffen werden.

Nach dieser prototypischen Realisierung wird das System den Pilotusern zur Verfügung gestellt und auf einer Messe präsentiert. Das Testsystem soll so konzipiert sein, dass neue Wissensinhalte einfach hinzugefügt werden können und bei bestehenden Wissensinhalten die Möglichkeit der Ergänzung oder Änderung besteht. Um die Idee eines kollaborativen Schreibens zu verwirklichen, sollen registrierte Benutzer, d. h. im ersten Schritt die Pilotuser, die Rechte bekommen, Wissensinhalte selbst zu gestalten. Der Wissensspeicher soll des Weiteren so variabel realisiert werden, dass eine Verwendung auch für andere technische Wissensbereiche über die Bauteilreinigung hinaus möglich ist.

Das System orientiert sich zur Vereinfachung der Umstellung optisch und in seiner inhaltlichen Struktur an der vorhandenen Portallösung. So ist sichergestellt, dass sich die beteiligten Personen schnell im neuen Modul zurecht finden und die Inhalte übernommen werden können. Daher wird zunächst für das Testsystem dieselbe technische Grundlage verwendet.

4.4.1 Verwendete Softwaretools

In diesem Kapitel werden die Softwaretools zur Realisierung des prototypischen Wissensspeichers systematisch ausgewählt. Vorausgegangen ist eine umfassende Analyse unterschiedlicher Möglichkeiten. Die Wahl der Softwaretools soll hierbei die Erfüllung aller Festforderungen (F) der Anforderungsliste und möglichst vieler Wünsche (W) ermöglichen.

LAMP-System

Zur Realisierung des neuen Wissensspeichers werden die Ressourcen eines LAMP-Systems genutzt. Mit Hilfe des LAMP-Systems können dynamische Internetseiten erzeugt werden und es besteht eine direkte Schnittstelle, um auf Daten in einer Datenbank zurückzugreifen. Diese Technik ist unter anderem in [GOL02] beschrieben. Alle Komponenten des LAMP-Systems sind Open Source und damit ohne Lizenzgebühren frei verfügbar. Des Weiteren können über die gleiche Datenbankschnittstelle einfach Verknüpfungen zu den Anbieterdatenbanken vorgenommen werden.

Die vier Buchstaben **LAMP** sind als Abkürzung für **Linux**, **Apache**, **MySQL** und **PHP** zu verstehen. Die Bedeutung der vier Programme wird im Folgenden kurz beschrieben:

Linux

Das Betriebssystem Linux ist ein UNIX-Derivat und im Rahmen einer Open Source-Lizenz frei verfügbar. Linux eignet sich aufgrund seiner hohen Stabilität und Betriebssicherheit sehr gut als Betriebssystem für Webserver. Durch zahlreiche Distributionen mit umfangreicher Zusatzsoftware wurden Installation und Anwendung in den letzten Jahren deutlich vereinfacht.

Apache

Apache ist eine Software für Webserver, die auf Anfragen aus dem Internet hin Inhalte zur Verfügung stellt. Im Normalfall sind dies statische HTML-Seiten, die vom Apache Server an den Internetbrowser des Endbenutzers gesendet werden. Da sich mit reinem HTML-Code keine dynamischen Webseiten erzeugen lassen und nicht die Möglichkeit einer Datenbankbindung besteht, werden für den Apache-Server ergänzend MySQL und PHP benötigt. Erst diese Kombination ermöglicht die dynamische Darstellung und Anpassung von Internetseiten.

MySQL

MySQL ist ein relationales Datenbankmanagementsystem. Relational bedeutet hier, dass die Daten in Form von Tabellen organisiert sind. Einzelne Tabellen können über so genannte Relationen miteinander verknüpft werden. Neben der freien Verfügbarkeit zeichnet sich MySQL besonders durch die Multi-User-Architektur aus, welche es ermöglicht, dass Anfragen mehrerer Benutzer gleichzeitig bearbeitet werden können. Des Weiteren hat sich die Programmiersprache SQL (Structured Query Language) als Quasi-Standard entwickelt, der von unterschiedlichen Datenbanksystemen verstanden wird. Aus diesen Gründen ist eine Migration auf andere Serversysteme leicht möglich.

PHP

PHP (rekursive Abkürzung für **PHP: Hypertext Preprocessor**) ist eine Skriptsprache, die das Bindeglied zwischen Webclient und Datenbank darstellt. Mit dieser serverseitig interpretierten Skriptsprache können dynamische Informationen für einen Webbrowser erzeugt werden. Dynamisch bedeutet, dass Webseiten bei ihrem Aufruf nach bestimmten Kriterien neu generiert werden. Im Rahmen der Voruntersuchungen ist festgestellt worden, dass sich die Kombination von PHP und MySQL sehr gut zur Erstellung einer Onlinewissensdatenbank eignet.

4.4.2 Aufbau der Datenbankstruktur

Als Datenbankmanagementsystem für den neuen Wissensspeicher mit Hilfe des relationalen MySQL muss ein vollständig neues Datenbank-Design im Rahmen der Arbeit entwickelt werden. Das Datenbank-Design orientiert sich hierbei an den in [YRK00] beschriebenen Grundregeln. Weitere Informationen zur Administration von MySQL-Datenbanken sind in [SQL04] zu finden.

Die Datenbankstruktur (Abbildung 4.3) besteht zunächst im Wesentlichen aus den beiden Tabellen „ws_daten“ und „Bilder“. Diese Tabellen sind so genannte „Entitäten“, das heißt Objekte, zu denen Daten gesammelt werden.

Entität „ws_daten“

Jeder Wissensinhalt wird als Artikel in der Entität „ws_daten“ abgelegt, wobei das Attribut „artikel“ als eindeutiger Bezeichner gewählt wurde.

Um eine hierarchische Ordnung ohne redundante Datenspeicherung zu realisieren, wird jedem Artikel das Attribut „kategorie“ zugeordnet. Die Kategorie verweist auf einen anderen übergeordneten Artikel, was bedeutet, dass einer Kategorie mehrere Artikel zugeordnet sein können. Die Kategorie steht also in einer 1-zu-M-Beziehung zum Artikel. Falls das Attribut „kategorie“ mit dem Wert „main“ belegt ist, handelt es sich um eine Hauptkategorie. Für den prototypischen Wissensspeicher werden zunächst die Kategorien „Grundlagen der Bauteilreinigung“, „Reinigungsverfahren“ und „Reinigungsmittel“ als Hauptkategorien implementiert.

Unter den Attributen „text“ und „text_html“ wird der Inhalt eines Artikels abgelegt, wobei es sich bei „text“ um die vom Benutzer erstellten Eingaben handelt. Auf dem Attribut „text_html“ wird der zur Ausgabe benötigte übersetzte HTML-Code gespeichert, d. h. der Text ist hier durch Strukturierungs- und Darstellungsinformationen angereichert.

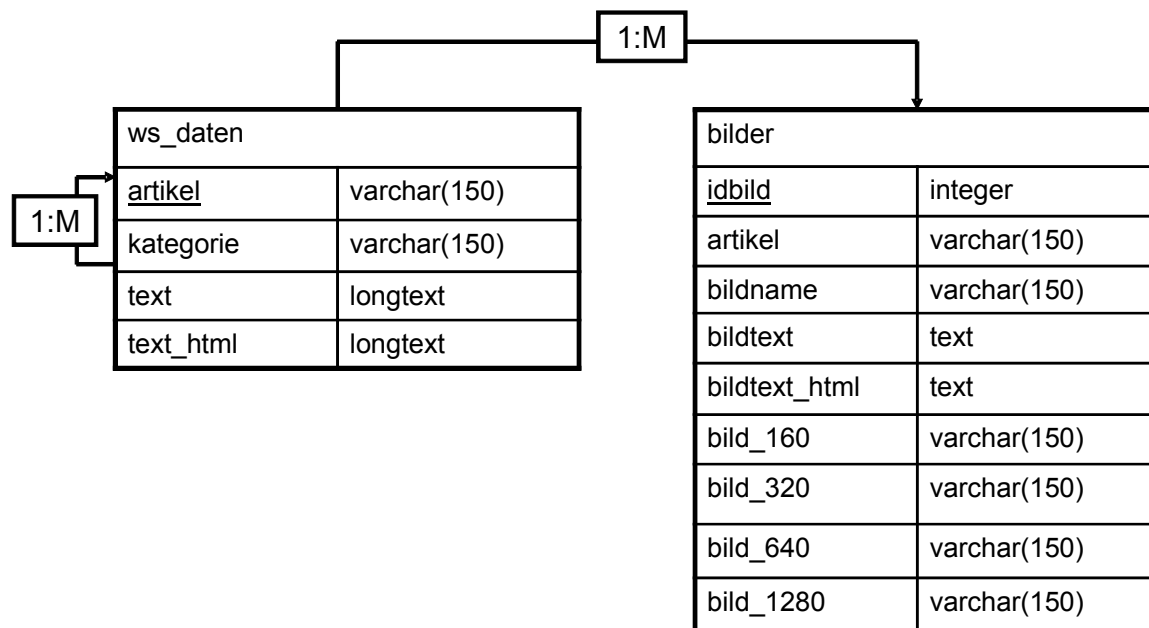


Abbildung 4.3: Datenbank-Design Wissenspeicher

Entität „Bilder“

In der Entität „Bilder“ werden die Bilder zu einem Artikel in einer 1-zu-M Beziehung abgelegt. Das Attribut „idBild“ ist in dieser Tabelle der eindeutige Bezeichner, welcher auch Identifizier genannt wird. Die Referenzierung zu einem Artikel wird über das Attribut „artikel“ realisiert. Es kann folglich ein Bild zu einem Artikel hinzugefügt werden, ohne dass eine Änderung des Datensatzes in der Entität „ws_daten“ nötig ist.

Für den Bildnamen sowie die Bildunterschrift werden die Felder „Bildname“, „Bildtext“ und „Bildtext_html“ angelegt. In „Bildtext_html“ ist analog zu „text_html“ wieder der zur Ausgabe generierte HTML-Code gespeichert.

In den vier Attributen „Bild_160“, „Bild_320“, „Bild_640“ und „Bild_1024“ werden die Quellpfade der Bilder auf dem Server hinterlegt. Die Bilddatei selbst wird in einen Ordner des Dateisystems gespeichert. Die Zahl am Ende beziffert jeweils die maximale Ausdehnung des Bildes in Pixel. Werden höhere Auflösungen auf den Server hoch geladen, wandelt eine Funktion die Datei um, so dass das Bild im Browser in einer sinnvollen Größe angezeigt wird, ohne eine nachträgliche Skalierung auf dem Zielrechner zu erfordern, die die Ladezeit verlängern und die Qualität verringern würde. Zudem wird auf diese Weise die unnötige Belegung von Speicherplatz verhindert.

4.4.3 CSS-basierende Layouts

Zur Realisierung einer einheitlichen Präsentationsstruktur der Internetseiten wurden CSS-basierende Layouts ausgewählt. Unter CSS (Cascading Style Sheets) ist eine Sprache zum Definieren von Stylesheets zu verstehen. Diese Stylesheets bilden eine unmittelbare Ergänzung zu HTML, da hierdurch die Formateigenschaften einzelner HTML-Elemente definiert werden. Eine umfassende Funktionsbeschreibung über CSS-basierende Layouts ist in [CSS05] zu finden.

Mit den CSS-Layouts ist es möglich, eine konsequente Trennung von Struktur und Inhalt einer Seite vorzubereiten. Layoutänderungen für den gesamten Wissensspeicher können im prototypischen Wissensspeicher später bereits durch geringe Modifikationen einer CSS-Definition, die in einer separaten Datei gespeichert ist, vorgenommen werden. Im Gegensatz zu Tabellen-Layouts wird die Seitenaufteilung nicht mehr ausschließlich per HTML-Auszeichnung festgelegt. Die Anordnung der Elemente auf einer Seite kann über CSS relativ flexibel definiert werden und ist nicht mehr auf die Definition von Zeilen und Spalten beschränkt. Es ergeben sich also Möglichkeiten einer Seitengestaltung, die mit HTML-Tabellen nicht umsetzbar sind.

Durch die Verwendung von CSS-basierenden Layouts können barrierefreie Seiten erstellt werden, die durch den reduzierten Umfang an HTML-Quelltext auch eine geringere Ladezeit aufweisen. Es wird auch die Grundlage geschaffen, die Inhalte besser und einfacher zu editieren und auf verschiedenen Endgeräten flexibel auszugeben, da die entsprechenden CSS-Dateien in Abhängigkeit des gewählten Browsers oder des Gerätetyps ausgewählt werden können. Dies bedeutet, die im HTML-Code hinterlegten Informationen werden in unterschiedlicher Weise für das Endgerät optimiert ausgegeben.

4.4.4 Funktionsbeschreibung

In diesem Kapitel wird die Funktionsweise des in der Dissertation realisierten prototypischen Wissensspeichers erklärt. Dabei sollen vor allem die Programmabläufe im Hintergrund näher erläutert werden.

Die Startseite

Die Startseite des neuen prototypischen Wissensspeichers ist in Abbildung 4.4 dargestellt. Neben einer kurzen Einleitung befindet sich auf dieser Seite eine Verlinkung zum Inhalt des Wissensspeichers. Es werden die drei Oberkategorien aus der Datenbank aufgelistet. Des Weiteren sind auf dieser Startseite die Grundelemente zu finden, die später die Struktur jeder weiteren Seite bilden. Dieses sind neben der Kopf- und Fußzeile der Navigationsblock, der Block zum Suchen von Artikeln und die Login-Box. Alle diese Elemente sind in jeweils einzelnen Dateien in der Verzeichnisstruktur abgelegt. Auf der Startseite werden sie durch eine PHP-Anweisung in das Layout integriert. Dieses Auslagern von einzelnen Funktionselementen und der Verzicht auf eine redundante Ablage der Informationen hat den Vorteil, dass Änderungen nur in einer Datei vorgenommen werden müssen und dennoch im kompletten Wissensspeicher wirksam sind.

Artikel suchen

Über den Block zum Suchen von Artikeln hat der Anwender die Möglichkeit, Datenbankabfragen vorzunehmen. Die Übergabe des Suchstrings ist zunächst durch eine JAVA-Script-Funktion realisiert worden, welche eine PHP-Funktion aufruft. In dieser Datei wird der Suchstring durch eine PHP-Funktion mit den Inhalten der MySQL-Datenbank verglichen. Ein exemplarisches Suchergeb-



Abbildung 4.4: Startseite des Wissensspeichers

nis ist in Abbildung 4.5 dargestellt. Das jeweilige Suchwort wird in der Zusammenfassung des Suchergebnisses hervorgehoben dargestellt.

Die Inhaltsseite

Die Inhaltsseite ist der Mittelpunkt des prototypischen Wissensspeichers, mit der es möglich ist, Artikel anzuzeigen. In Abbildung 4.6 ist sie beispielhaft für den Artikel CO₂-Schnee-Strahlen dargestellt.



Abbildung 4.5: Suchfunktion im prototypischen Wissensspeicher

Wissensspeicher zur industriellen Teilereinigung

Navigation

[Hauptseite](#)
[Wissensspeicher](#)
[Hilfe](#)
[Neuer Artikel](#)

Artikel suchen

CO₂-Schnee-Strahlen

Inhalt:

1 Allgemein

2 Physikalischer Hintergrund

2.1 Entfernen von unlöslichen Partikeln durch Impulstransfer

2.2 Entfernen von organischem Schmutz

3 Haupteinsatzgebiete


Allgemein

Als CO₂-Schneestrahlen werden Strahlverfahren mit Flüssig-CO₂ bezeichnet, die das Strahlmittel - festes CO₂ (Trockeneis) - erst während des [Reinigungsprozesses](#) aus Flüssig-CO₂ erzeugen. Das CO₂-Schneestrahlen arbeitet trocken und lösemittelfrei und lässt sich leicht automatisieren.

Die CO₂-Schneeerzeugung erfolgt aus flüssigem [Kohlendioxid](#), das auf einen Druck unterhalb von 5 bar entspannt wird. Das Kohlendioxid dehnt sich schnell aus und kühlt dabei stark ab. Bei dieser Entspannung erfolgt die [Phasenumwandlung](#) von Flüssig-CO₂ in einen Teil festes CO₂ (Trockeneis) und einen Teil gasförmiges CO₂. Das Trockeneis wird mit Hilfe des gasförmigen CO₂ bzw. bei anderen Verfahrensvarianten mit Hilfe eines zusätzlichen Trägergases auf die zu reinigende Oberfläche gestrahlt.

Verfahrenstechnisch unterscheidet man:

1. CO₂-Schneereinigung ohne zusätzliches Trägergas und
2. CO₂-Schneestrahlen mit zusätzlichem Trägergas.



Flachdüse: [eco-snow](#)

www.bauteilreinigung.de

Abbildung 4.6: Ansicht eines Artikels im prototypischen Wissensspeicher

Am oberen Ende der Inhaltsseite ist eine Navigationsleiste eingebracht worden, welche die hierarchische Einordnung des aktuellen Artikels beschreibt. Diese Navigationsleiste wird durch eine zentral abgelegte PHP-Funktion erzeugt.

Im Hauptbereich der Seite wird der Inhalt des Attributs „text_html“ aus der Datenbank zum aktuellen Artikel geladen. Alle Textstrukturierungsmerkmale, Bilder und das Inhaltsverzeichnis sind in diesem Attribut schon vollständig formatiert, so dass die Seite lediglich angezeigt werden muss und keine serverseitigen Rechenoperationen zur Generierung nötig sind. Das System ist so konzipiert, dass die Kompilierung nur einmal bei der Neueingabe oder der Änderung von Text stattfindet, was die Leistungsfähigkeit des Systems deutlich erhöht.

Login-Block

Über den Login-Block besteht für jeden registrierten Nutzer des Fachinformationssystems die Möglichkeit, neue Wissensartikel anzulegen oder bestehende zu bearbeiten. Sobald sich ein Anbieter mit seinem Benutzernamen und seinem Passwort über den Login-Block anmeldet, wird die aktuelle Seite neu geladen. Anschließend stehen dem Anbieter weitere Funktionen zur Verfügung. Nun kann im Navigationsblock der vorher noch gesperrte Link zum Anlegen eines neuen Artikels verwendet werden. Des Weiteren erscheint auf der Inhaltsseite ein Link zum Bearbeiten des aktuellen Artikels.

Erstellen eines neuen Artikels

Es wurde eine spezielle Seite zum komfortablen Erstellen neuer Artikel realisiert. Ein entsprechender Link öffnet den Dialog zum Anlegen eines neuen Artikels (Abbildung 4.7). Auf dieser Seite werden die Kategoriezugehörigkeit und der Name des Artikels definiert. Die aktuelle Auswahl ist unterlegt. Bei Betätigung des Knopfes „Speichern“ wird zuerst der Artikel mit der gewählten Kategorie in der Datenbank angelegt und anschließend eine Seite zum Editieren des Inhaltes aufgerufen. Die Seite ist im Rahmen des Vorhabens so programmiert worden, dass sie sowohl für das Neuanle-

Wissenspeicher zur industriellen Teilereinigung

Navigation

- [Hauptseite](#)
- [Wissenspeicher](#)
- [Hilfe](#)
- [Neuer Artikel](#)

Artikel suchen

Neuen Artikel anlegen

Kategorie:
[zurück](#)

Nassverfahren:

- [Abkochen](#)
- [Dampfentfetten](#)
- [Druckumfluten](#)
- [Spritzreinigung](#)
- [Tauchreinigung](#)
- [Trommelreinigung](#)
- [Ultraschallreinigung](#)

Artikelname:

www.bauteilreinigung.de

Abbildung 4.7: Anlegen eines neuen Artikels

gen als auch für das Bearbeiten der Inhalte genutzt werden kann. Die Funktionen der Seite werden im folgenden Abschnitt kurz beschrieben.

Artikel bearbeiten

Auf der Seite „Artikel bearbeiten“ werden die Inhalte und die Formatierung eines Artikels angelegt. In Abbildung 4.8 ist die Seite für das Beispiel CO₂-Schnee-Strahlen dargestellt.

Den Hauptteil dieser Ansicht bildet ein großes Textfeld, in welchem sich der Inhalt des Artikels befindet. Über diesem Textfeld sind diverse Schaltflächen zum Editieren des Textes angeordnet. Durch das Betätigen einer Schaltfläche wird an der aktuellen Cursorposition im Textfeld ein so genanntes „Tag“ eingefügt, welches die Textstelle eindeutig kennzeichnet und mit Markierungen versieht, die später zum Beispiel in eine Formatierungsregel übersetzt werden:

Funktion	Start-Tag	End-Tag	Trenn-Tag	Beispiel
Fett	\$\$\$	\$\$\$		\$\$\$Fett\$\$\$ → Fett
Kursiv	\$\$	\$\$		\$\$Kursiv\$\$ → <i>Kursiv</i>
Hauptüberschrift	==	==		==Hauptüberschrift== → Hauptüberschrift
Unterüberschrift	===	===		===Unterüberschrift=== → Unterüberschrift
Bildverweis				Bildname M → Foto mit der Größe M wird angezeigt
Externer Link	{{	}}		{{www.bauteilreinigung.de Bauteilreinigung}} → Bauteilreinigung
Interner Link	[[]]		[[Nassverfahren Nassreinigungsverfahren]] → Nassreinigungsverfahren

Am unteren Bildrand sind in Abbildung 4.8 die Buttons „Speichern“, „Vorschau“, „Abbrechen“ und „Artikel löschen“ zu finden. Bei der Auswahl von „Speichern“ wird der Inhalt des Textfeldes entsprechend den Formatierungsvorgaben umgewandelt und in der Datenbank abgelegt. Danach erfolgt die Generierung der Inhaltsseite mit den aktuellen Daten des Artikels. Die Auswahl „Vorschau“ zeigt den konvertierten Inhalt des Textfeldes an, ohne diesen zu speichern. Diese Auswahl ermöglicht dem Benutzer eine Kontrolle der eingegebenen Inhalte. Im folgenden Abschnitt soll auf die Logik, die sich hinter den Umwandlungsfunktionen für die Textstrukturierung verbirgt, eingegangen werden.

Umwandlungsfunktionen zur Textstrukturierung

Im Rahmen des Dissertation wurde ein spezieller Umwandlungsalgorithmus (Parser) entwickelt. Beim Aufruf der Funktion „string_umwandeln(\$eingabe,\$artikel)“ wird die Eingabe schrittweise nach den in der Tabelle aufgeführten Textstrukturierungselementen ausgewertet. Als Rückgabewert liefert die Funktion einen mit HTML-Tags versehenen String, der in der Datenbank abgelegt werden kann.

Die Umwandlung der Textstrukturierungselemente wird mit der in [THE05] und [KAN04] beschriebenen PHP-Funktion „explode()“ durchgeführt. Mit dieser Funktion ist es möglich, einen Textstring beim Vorkommen einer ausgewählten Zeichenkette an dieser Stelle in zwei Teilstrings zu unterteilen. Dieses wird beispielhaft für das Textstrukturierungselement „interner Link“ in Abbildung 4.9 erläutert:

Mit Hilfe der „explode()“ Funktion ist es nun möglich, die einzelnen Teilstrings so lange zu unterteilen, bis die benötigten Informationen separiert sind. In Abbildung 4.9 müsste zum Beispiel die Funktion „explode()“ mit den Parametern “[|]“ und “[|“ aufgerufen werden, um die gewünschten Informationen „Reiniger“ und „Reinigungsmittel“ herauszufiltern. Als Nächstes kann die Textstelle „[[Reiniger|Reinigungsmittel]]“ durch einen Link im HTML-Code ersetzt werden.

Des Weiteren erzeugt die Funktion automatisch ein Inhaltsverzeichnis, falls die Textstrukturierungselemente „Hauptüberschrift“ und „Unterüberschrift“ verwendet wurden. Das Inhaltsverzeichnis

The screenshot shows a web application interface for editing an article. The page title is "Wissenspeicher zur industriellen Teilereinigung". The main content area is titled "Bearbeiten von CO₂-Schneestrahlen" and shows a text editor with a preview of the article content. The article text describes the production of CO₂ snow. The interface includes a navigation menu on the left, a search bar, and various formatting buttons at the top and bottom of the editor. A "Neues Foto hochladen" button and a preview of an image are on the right.

Abbildung 4.8: Bearbeitung eines Artikels im Testsystems

```
explode("[[", $Beispieltext);
```

... für die Umwelt ist Kohlendioxid ein unbedenkliches [[Reiniger|Reinigungsmittel]], da es nicht ...

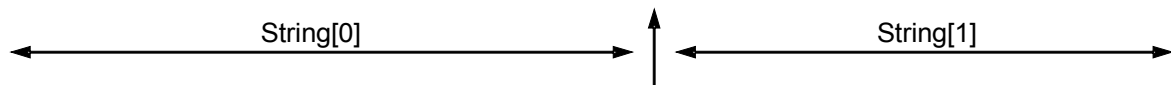


Abbildung 4.9: Beispiel für die Anwendung der PHP-Funktion „explode()“

wird als Block an den Anfang des umgewandelten Textes gesetzt, bevor der Code in der Datenbank abgelegt wird.

Bilder einfügen

Auf dem rechten Seitenrand der entwickelten Eingaberoutine befinden sich in Abbildung 4.8 die Vorschauanzeigen der Bilder, die zu diesem Artikel verfügbar sind. Neben dem Bildnamen sind die möglichen Bildgrößen (S, M, L, XL) und die Bildunterschrift sowie ein Link zum Löschen des Bildes vorhanden.

Für das Hinzufügen eines neuen Bildes zu einem Artikel besteht ebenfalls ein entsprechender Dialog (Abbildung 4.10). Die Bilder werden der Übersicht halber artikelspezifisch abgelegt, so dass die Verwaltung für die Nutzer einfacher ist, falls z. B. überarbeitete Grafiken eines Artikels ausgetauscht werden sollen. Es ergibt sich jedoch der Nachteil, dass bei mehrfacher Verwendung von Grafiken in unterschiedlichen Artikeln diese mehrfach auf den Server hoch geladen und abgespeichert werden müssen.

Im entwickelten Dialog ist ein Name für die neue Abbildung zu vergeben. Bei der Bildunterschrift besteht zusätzlich die Möglichkeit die Textstrukturierungselemente „externer Link“, „interner Link“, „kursiv“ und „fett“ auf die gleiche Weise wie beim Artikeltext einzufügen. Über die Schalt-

Abbildung 4.10: Hochladen eines neuen Bildes

fläche „Durchsuchen...“ wird der Pfad des neuen Fotos angegeben. Auf dem Server kann die maximale erlaubte Größe eines Uploads über eine Konfigurationsdatei voreingestellt werden.

Beim Speichern wird eine neu implementierte PHP-Funktionsbibliothek aufgerufen, die die neue Abbildung zuerst analysiert und dann in für die Anzeige sinnvolle Bildgrößen umwandelt. Anschließend werden die neu generierten Bilder in der Verzeichnisstruktur gespeichert. Der Dateiname setzt sich aus dem Artikelnamen, der Bildgröße und dem Attribut „idBild“ zusammen, so dass die Dateien durch den Administrator auch ohne Blick in die Datenbank zugeordnet werden können. Für jede generierte Bildgröße wird in der Datenbank an der entsprechenden Stelle der Dateipfad vermerkt. Am Ende der Bildverarbeitungsprozeduren wird das Nebenfenster geschlossen und das Hauptfenster neu geladen, um die zugefügte Abbildung in der Vorschauliste anzuzeigen.

4.4.5 Ergebnisse der prototypischen Umsetzung

Mit der prototypischen Umsetzung ist es im Rahmen dieser Arbeit erstmals gelungen, die Inhalte der alten Wissensbasis zur industriellen Teilereinigung in eine dynamische Struktur zu überführen. Der neue prototypische Wissensspeicher zeichnet sich durch eine Trennung von Inhalt und Layout aus, wodurch die Möglichkeit zur Erweiterung und zur Änderung von Wissensinhalten geschaffen ist. Da der gesamte Wissensinhalt nun in einer Datenbankstruktur abgelegt wird, lassen sich schnelle und effiziente Suchanfragen durchführen. Durch die hierarchische Gliederung und die Möglichkeit der internen Verlinkung von Wissensinhalten erreicht der prototypische Wissensspeicher zudem bezüglich des Informationsgehaltes ein hohes Maß an Vernetzungsfähigkeit, um die Ebene der reinen Informationsverbreitung zu verlassen und strukturiertes Wissen abbilden zu können.

Die Editierfunktionen zur Strukturierung der Wissensinhalte sind durch die Neuentwicklung so realisiert, dass sie einfach und intuitiv von einem Durchschnittscomputeranwender verwendet werden können. Auch die Funktion zum Einbinden von Bildern und Grafiken in den Text ist in dieser ersten Version bereits auf eine recht übersichtliche Art implementiert.

Damit ist eine innovative Wissensplattform erstellt worden, die ein kollaboratives Schreiben ermöglicht. Jeder registrierte Anbieter hat über den Login-Bereich die Möglichkeit, selbst Autor zu sein. Somit stellt die prototypische Umsetzung bereits ein umfangreiches Werkzeug dar, mit welchem sehr schnell, sogar durch mehrere Benutzer gleichzeitig, Wissen über einen Themenbereich zusammengetragen und verbreitet werden kann.

4.5 Anpassung und Ergänzung des Pflichtenhefts

Der beschriebene Wissensspeicher soll zunächst als Vorversuch dazu dienen, Erfahrungen zu sammeln und die erweiterten Anforderungen mit den Projektpartnern und zusätzlichen Interessenten zu diskutieren. Daher steht zunächst die schnelle Umsetzung im Vordergrund. Dieser Grundentwurf wird im nächsten Schritt den Pilotusern vorgeführt und auf einer branchenspezifischen Messe präsentiert. Die gesammelten Eindrücke fließen in den nächsten Projektphasen in das System ein und werden systematisch ausgewertet.

Der prototypische Wissensspeicher ist allerdings noch nicht geeignet, um ihn ohne weitere Beschränkung online zu stellen, insofern als z. B. kein Rechtemanagementsystem besteht. Das heißt, dass derzeit alle eingeloggten Nutzer dieselben Befugnisse haben. Ändern oder löschen sie einen Artikel, ist die Ursprungsversion unwiderruflich verloren. Des Weiteren werden Aspekte der Sicherheit, die Orientierung des Systems am Workflow der Inhaltsgenerierung und die Benutzerfreundlichkeit noch weitestgehend außer Acht gelassen.

Um die Rückmeldungen strukturiert zu erfassen und auszuwerten, wird eine Onlineumfrage durchgeführt.

Bezüglich der Rückmeldungen können folgende wesentliche qualitative Aspekte herausgestellt werden:

- Zielgruppe des Portals sind die eigenen Mitarbeiter und potentielle Neukunden
- es wird ein Editor gefordert, der die spätere Formatierung direkt anzeigt
- das Einfügen von Inhalten aus Textverarbeitungen ist derzeit noch zu aufwändig
- der Bildupload sollte nach Möglichkeit vereinfacht werden
- die Artikel sind gut lesbar
- die Gliederungsmöglichkeiten der Artikel sollten noch weiter verbessert werden
- technische Fehler kommen sehr selten vor
- es sollten Informationen zur Restschmutzbestimmung ergänzt werden
- es sollten Informationen zur reinigungsgerechten Gestaltung ergänzt werden
- es sollten Informationen zur prozessintegrierten Reinigung ergänzt werden
- Informationen zur Rückverschmutzung sollten ausgebaut werden

Zusammenfassend betrachtet wird gefordert, dass eine noch einfachere und intuitivere Möglichkeit geschaffen werden sollte, Inhalte einzustellen und zu editieren. Die vorgestellte Variante, bestimmte Platzhalter im Text zu verwenden, die gewisse Funktionen beinhalten, wird als nur bedingt geeignet angesehen, da viele Nutzer nur über PC-Grundkenntnisse verfügen. Vor diesem Hintergrund soll in der nächsten Phase ein Editor implementiert werden, der sich in seiner Optik an gängigen Textverarbeitungsprogrammen, wie z. B. Microsoft Word® orientiert, so dass der Einarbeitungsaufwand für Personen, die das System unregelmäßig verwenden, minimal wird. Gerade die Eingabe von Wissensinhalten hat sich im selbst programmierten Testsystem für manche Nutzer als großes Hindernis dargestellt. Der neue Editor soll die Änderungen direkt und ohne Zeitverzögerung anzeigen.

Ein weiterer Punkt ist die Gestaltung eines Backends. Die Inhalte werden in der nächsten Phase von Moderatoren des Systems vor ihrer Veröffentlichung kontrolliert und erst dann freigeschaltet. Gleichzeitig ist es erforderlich, die Benutzer zu verwalten und ihnen zum Beispiel unterschiedliche Rechte zuzuweisen. Um diese Aufgaben zu unterstützen, ist für die Moderatoren und Administratoren des Systems ein Backend zu schaffen, mit Hilfe dessen sie die anstehenden Aufgaben zeitsparend erfüllen können. Das Backend soll sich am mit allen Pilotusern abgestimmten Workflow der Inhaltsgenerierung orientieren, den die Abbildung 4.11 exemplarisch zeigt.

Ein weiteres Ziel des Systems ist die Verbindung der Wissensinhalte von Internet- und Intranetsystemen. Unternehmen unterscheiden sehr genau, welches Wissen für die Öffentlichkeit gedacht ist und welches als Produktionsfaktor lediglich in der eigenen Organisation zum Einsatz kommen soll. Eine Einrichtung von passwortgeschützten Bereichen in Internetsystemen wird nahezu nie akzeptiert, da die Angst viel zu groß ist, dass Unbefugte an die sensiblen Daten gelangen könnten. Andererseits gibt es branchenspezifisches, aber organisationsübergreifendes Wissen, welches öffentlich zur Verfügung gestellt und diskutiert werden sollte. Dazu gehören gemeinsam erarbeitete Richtlinien, Informationen über die grundlegenden Verfahren und Ähnliches.

Es ist wünschenswert, für beide Anwendungsbereiche dasselbe oder zumindest ein ähnliches System zu verwenden. Im einfachsten Falle wäre es möglich, lediglich dasselbe System einmal auf einem Intranet- und einmal auf einem Internetserver zu installieren. Diese Vorgehensweise ist technisch die einfachste, zeigt sich aber als nicht zielführend, da zwei getrennte Systeme den

Suchaufwand verdoppeln, wenn der Mitarbeiter nicht weiß, ob er die Wissensinhalte in dem einen oder anderen System finden kann. Zudem ginge der Vorteil verloren, die externen und internen Inhalte systematisch und automatisiert miteinander verknüpfen zu können, falls beispielsweise ein wertvoller öffentlicher Wissensinhalt intern aufgegriffen und kommentiert oder ergänzt werden soll. Ist diese Verknüpfung gewünscht, gibt es theoretisch zwei Möglichkeiten:

Die erste Variante ist die Verbindung der Informationen in Echtzeit, indem das System in der Suche zum Beispiel auch auf die Datenbanken von öffentlichen Systemen zugreift, wobei der Administrator die Verknüpfungseinstellungen konfigurieren kann. Des Weiteren müssten beim Schreiben interner Artikel Verlinkungen zu anderen Systemen angeboten werden, damit das Referenzieren externer Inhalte möglich wird. Hierfür wäre die Eindeutigkeit sicherzustellen. Jeder Wissensinhalt der öffentlichen Systeme sollte mit einer exklusiven Identifikationsnummer versehen sein, und das interne System müsste über die Funktionalität verfügen, regelmäßig zu überprüfen, ob der externe Inhalt noch besteht und Referenzen nicht ins Leere weisen.

In Absprache mit den Pilotusern hat sich diese Vorgehensweise insgesamt aber als nicht sinnvoll herausgestellt, da häufig Rechnerarbeitsplätze existieren, die nicht auf das Internet zugreifen können. Die Gründe hierfür sind Sicherheitsaspekte, da dem unkontrollierten Internetkonsum von Arbeitnehmern vorgebeugt werden soll. Außerdem verfügen viele Unternehmen in ihrem Intranet über für den Betriebsablauf zwingend notwendige Applikationen, wie zum Beispiel ERP-Systeme (Enterprise Resource Planning). Die Angst, durch eingeschleppte Viren den sicheren Betriebsablauf zu gefährden, führt zur Abschaltung des Internets an einigen oder allen Arbeitsplätzen. Auch die Alternative, nur gezielte Anwendungen bzw. Datenbankanbindungen via Firewallkonfiguration frei zu geben, wird aus Sicherheitsgründen häufig nicht akzeptiert. Teilweise sind die hausinternen produktionsnahen Netze komplett vom Intranet getrennt. Zudem besteht die Sorge, dass externe Informationen, auf die sich berufen wurde, plötzlich nicht mehr zur Verfügung stehen.

Die Unternehmen verfügen über sehr umfangreiche Regeln zur Dokumentation im Rahmen ihres Qualitätsmanagements. Dies macht aber auch die Archivierung unumgänglich. Wenn externe Informationen in ein internes Wissensmanagementsystem eingeflechtet werden sollen, stößt dies nur auf Akzeptanz, wenn die dauerhafte Bereitstellung und Archivierung aller Informationen vom Unternehmen selbst gewährleistet werden kann, ohne auf externe Informationsanbieter vertrauen zu müssen. Vor diesem Hintergrund wird das Herunterladen und separate Abspeichern der externen Inhalte als zwingende Voraussetzung angesehen, auch wenn dadurch eine redundante Datenhaltung vorliegt, die auf den ersten Blick nicht sinnvoll ist. Ein Abweichen von dieser Praxis wäre eventuell möglich, falls sich die Betreiber von Branchenportalen dazu verpflichten würden, die Daten über viele Jahre hinweg mit hoher Verfügbarkeit anzubieten. Da es sich bei den Betreibern tendenziell um Verbände handelt, die derartige Systeme ehrenamtlich oder zumindest ohne nennenswerte Einkünfte betreiben, kann diese Bürde als nicht zielgerichtet angesehen werden und stünde einer raschen und unkomplizierten Verbreitung der Informationen entgegen. Diese Bürde würde auch jedes freiwillige und ehrenamtliche Engagement behindern, welches im Rahmen der Verbandsarbeit oft üblich ist.

Daher zieht das Grundkonzept des Datenaustausches die auf den ersten Blick zunächst ineffizient erscheinende Vorgehensweise der redundanten Datenablage mit ein. Im Detail sind die Anforderungen in der erweiterten Anforderungsliste ersichtlich, die mit den Pilotusern abgestimmt worden ist.

Sie ist auf den folgenden Seiten dargestellt:

Erweiterte Anforderungsliste

Festforderungen sind mit einem „F“, Wünsche mit einem „W“ gekennzeichnet

Anforderungsliste der Wissensbasis		Nr.	1.3
		Datum	24.08.2006
Nr.	Anforderungen	F / W	Änderung
1.	Editieren der Inhalte		
1.1	Zum Eingeben der Inhalte ist ein komfortabler Editor zur Verfügung zu stellen.	W	
1.2	Der Text muss ähnlich wie in gängigen Textverarbeitungen formatiert werden können.	W	
1.3	Bilder müssen eingefügt werden können.	F	
1.4	Es muss eine Verlinkung zu anderen internen und externen Inhalten möglich sein.	F	am 24.08.06 geändert
1.5	Der Autor kann die Kategorie auswählen, in die der neue Artikel einzuordnen ist.	F	
1.6	Der Autor kann die Sprache auswählen, in der der Artikel verfasst ist. Dabei stehen zunächst Deutsch und Englisch zur Verfügung.	F	
2.	Veröffentlichung der Inhalte		
2.1	Jemand mit dem Autor übergeordneten Rechten (Moderator, Administrator) darf die Artikel über eine entsprechende Eingabemaske veröffentlichen. Dabei ist der Moderator auf bestimmte für ihn freigeschaltete Kategorien begrenzt, der Administrator jedoch nicht.	F	
2.2	Der Administrator darf verschiedene Kategorien innerhalb der Gliederung ändern, verschieben oder neu einfügen.	F	
2.3	Es existiert eine Warteliste, die die Artikel anzeigt, die noch zu überprüfen und zu veröffentlichen sind.	F	
2.4	Jeder Moderator, der einen neuen Artikel veröffentlichen soll, wird via Email benachrichtigt.	F	
2.5	Es wird eine Erinnerungsemail zugesendet, falls die Veröffentlichung länger als eine Woche aussteht.	F	am 24.08.06 geändert
2.6	Der Autor bekommt nach der Übermittlung und der Veröffentlichung jeweils eine Email, die ihn über den Status der Publikation informiert.	F	am 24.08.06 geändert
2.7	Bei der Veröffentlichung wird optional angegeben, welche Gruppen den Artikel lesen dürfen. Bem.: Die Vergabe der Leserechte erfolgt durch die Moderatoren, nicht durch die Autoren. Die Rechte werden gruppenspezifisch vergeben. Aus Gründen der Übersichtlichkeit gibt es keine Ausnahmen für einzelne Nutzer außerhalb der Gruppenrechte. Die Nutzer können lediglich einer neuen Gruppe zugeordnet werden, die über weitere Rechte verfügt.	F	am 24.08.06 geändert

Anforderungsliste der Wissensbasis		Nr.	1.3
		Datum	24.08.2006
Nr.	Anforderungen	F / W	Änderung
2.8	Anbindung an das Active Directory des Intranets von Unternehmen, um die Gruppenzugehörigkeit zentral und automatisiert von bestehenden Berechtigungssystemen zu übernehmen, soll vorbereitet werden	F	
2.9	Die Zusammenfassung darf von jeder Person eingesehen werden.	F	
2.10	Die Rechte zur Veröffentlichung der Artikel werden in Abhängigkeit der Kategorien definiert, d. h. für unterschiedliche Kategorien existieren ganz bestimmte „Moderatoren“, die die entsprechenden Artikel veröffentlichen dürfen.	F	
2.11	Es soll eine Möglichkeit geben, die Gliederung des Systems anzupassen. (Einfügen neuer Kategorien, Umstrukturierung, Umbenennung)	F	
3.	Datenaustausch zwischen dem Intranetsystem und dem öffentlichen System		
3.1	Die aktuelle Datenbank kann von autorisierten Nutzern manuell aus dem öffentlichen System abgerufen werden.	F	
3.2	Die abgerufene Datei enthält keinen ausführbaren Code, um das Einschleusen von Viren, Trojanern oder ähnliches auszuschließen.	F	
3.3	Die Datei kann im Administrationsbereich des Intranetsystems eingespielt werden.	F	
3.4	Nach jeder Aktualisierung werden neue oder seit dem letzten Aktualisieren überarbeitete Artikel aus dem öffentlichen System optional zunächst im Intranetsystem als „unveröffentlicht“ gekennzeichnet und müssen vom jeweiligen Moderator freigegeben werden, um die Kontrolle über alle importierten Informationen zu behalten.	F	
3.5	Das Archiv der nicht im Intranet veröffentlichten Beiträge wird bei der nächsten Aktualisierung mit den eventuell geänderten Inhalten überschrieben. Der ursprüngliche Zeitstempel sollte jedoch vorhanden bleiben, damit nach einer vorzuziehenden Zeit die Benachrichtigung über eine erwünschte Aktualisierung erfolgen kann.	F	am 24.08.06 geändert
3.6	Falls ein externer Artikel seit der letzten Aktualisierung verändert worden ist, sollte der Moderator die Möglichkeit bekommen, den neuen Artikel zu verwenden oder den alten beizubehalten. Der öffentliche Artikel ist im Intranetsystem nicht editierbar. Anstatt dessen wird die Kommentarfunktion verwendet, um spezifische unternehmensinterne Informationen zu ergänzen.	F	am 24.08.06 geändert

Anforderungsliste der Wissensbasis		Nr.	1.3
		Datum	24.08.2006
Nr.	Anforderungen	F / W	Änderung
3.7	<p>Die bereits früher veröffentlichten Artikel sollen weiterhin veröffentlicht bleiben ohne einen erneuten Kontrollprozess anzustoßen.</p> <p>Bem.: Die Gliederungen des öffentlichen Systems und des Intranetsystems bleiben getrennt, da die unabhängige Änderung der Gliederung des Internet- und des Intranetsystems zu Inkonsistenzen führen würde. Eine Möglichkeit, Inhalte automatisch ins öffentliche System zu übertragen, ist nicht vorgesehen.</p> <p>Ein Artikel sollte mehreren Kategorien zugewiesen werden können. Der Autor hat beim Verfassen eines Artikels aber zunächst nur die Möglichkeit, eine Kategorie auszuwählen. Weitere Kategorien können vom Moderator zugewiesen werden.</p> <p>Die Artikel, denen vom Autor noch keine Kategorie zugewiesen worden ist, bekommt der übergeordnete Administrator zur Einordnung weitergeleitet.</p>	F	am 24.08.06 geändert
4	Rechte von Autoren und Moderatoren		
4.1	Das Recht, Artikel zu verfassen, wird von den jeweiligen Moderatoren der entsprechenden Kategorie an die Nutzer vergeben. Dies gilt für das öffentliche als auch das Intranetsystem.	F	am 24.08.06 geändert
4.2	Die Moderatoren und Administratoren sollten die Möglichkeit erhalten, sich alle Benutzer anzeigen zu lassen.	F	am 24.08.06 geändert
4.3	<p>Die Administratoren dürfen Moderatoren für bestimmte Kategorien benennen.</p> <p>Bem.: Eine Unterteilung der Redakteure für verschiedene Kategorien erfolgt nicht. D. h. jeder Redakteur hat dieselben Rechte für alle Kategorien. Die Redakteure werden vom Administrator definiert. → Der Redakteur ist gleichzeitig Administrator für die erforderlichen Module, um die komplizierte Rechtevergabe zu umgehen und den anderen Beteiligten den Umgang mit dem System zu erleichtern.</p> <p>Die Administratoren erhalten das Recht, neue Benutzer-Gruppen hinzuzufügen.</p>	F	am 24.08.06 geändert
5.	Anzeige der Artikel		
5.1	Die Suchfunktion bezieht sich gleichzeitig auf interne und externe Artikel.	F	
5.2	Beim Ausdrucken soll in der Fußzeile deutlich darauf hingewiesen werden, dass die internen Inhalte vertraulich sind.	F	am 24.08.06 geändert

Anforderungsliste der Wissensbasis		Nr.	1.3
		Datum	24.08.2006
Nr.	Anforderungen	F / W	Änderung
5.3	Im Intranetsystem ist zunächst nur die Zusammenfassung zu sehen. Durch einen Klick auf die Überschrift gelangt der Nutzer zum Artikel, falls er die entsprechenden Rechte besitzt.	F	
6.	Zuweisung der Gruppen		
6.1	Die Zuweisung der einzelnen Nutzer zu den Gruppen, die mit bestimmten Rechten verbunden sind, erfolgt manuell durch die Administratoren, nachdem sich die Nutzer registriert haben.	F	

Die Anforderungsliste behandelt dabei zunächst das Editieren der Inhalte, was für die Nutzer eine besonders große Bedeutung besitzt, da sie beim Eingeben von Inhalten den größten Teil der Zeit mit dem Editor bzw. mit Importfunktionen für externe Daten verbringen. Je komfortabler die Eingabe gestaltet werden kann, desto größer wird nachher auch die Akzeptanz des Systems in der Praxis sein. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass auch Computerlaien das System ohne größere Einarbeitungszeit bedienen können sollten.

Darauf folgen die detaillierten Anforderungen an die Veröffentlichung der Inhalte. Hierbei werden insbesondere gängige Veröffentlichungsszenarien berücksichtigt. Die behandelten Regelungen beziehen sich auf das prototypisch umzusetzende öffentliche System und die erste Intranetanwendung bei einem Pilotuser aus der Automobilzulieferindustrie. Daher ist über die behandelten Szenarien hinaus eine flexible Gestaltung des Systems und die Erweiterbarkeit zu berücksichtigen, da es später in vielen weiteren Anwendungsbereichen zum Einsatz kommen soll.

Als drittes folgen die Anforderungen zum Datenaustausch zwischen dem Intranet- und dem öffentlichen System. Sie werden insbesondere vom Pilotuser aus der Automobilzulieferindustrie definiert und möglichst allgemeingültig erweitert. Schwerpunkte hierbei bilden der Ablauf des Datenaustausches selbst, Sicherheitsaspekte und der Ablauf bei der Veröffentlichung externer Inhalte im internen System.

Unter der Ordnungsnummer vier werden alle Aspekte zur Rechtevergabe bei Autoren und Moderatoren behandelt. Besonders die Bestimmung weiterer Mitwirkende und die Befugnisse der Personen innerhalb des Veröffentlichungsprozesses stehen hierbei im Vordergrund.

Den Abschluss der Liste bilden die Anforderungen an die Anzeige der Artikel und an die Zuweisung der Gruppen, die mit bestimmten Rechten für die Mitglieder verbunden sind.

4.6 Entwicklung des Wissensportals

Die folgenden Kapitel stellen die Generierung des endgültigen Wissensportals in den Vordergrund, welches im Rahmen der Dissertation entwickelt worden ist. Durch die mit dem Testsystem gemachten Erfahrungen und die Ableitung einer detaillierten Anforderungsliste ist es nun möglich, ein optimal an die Bedürfnisse angepasstes System zu generieren.

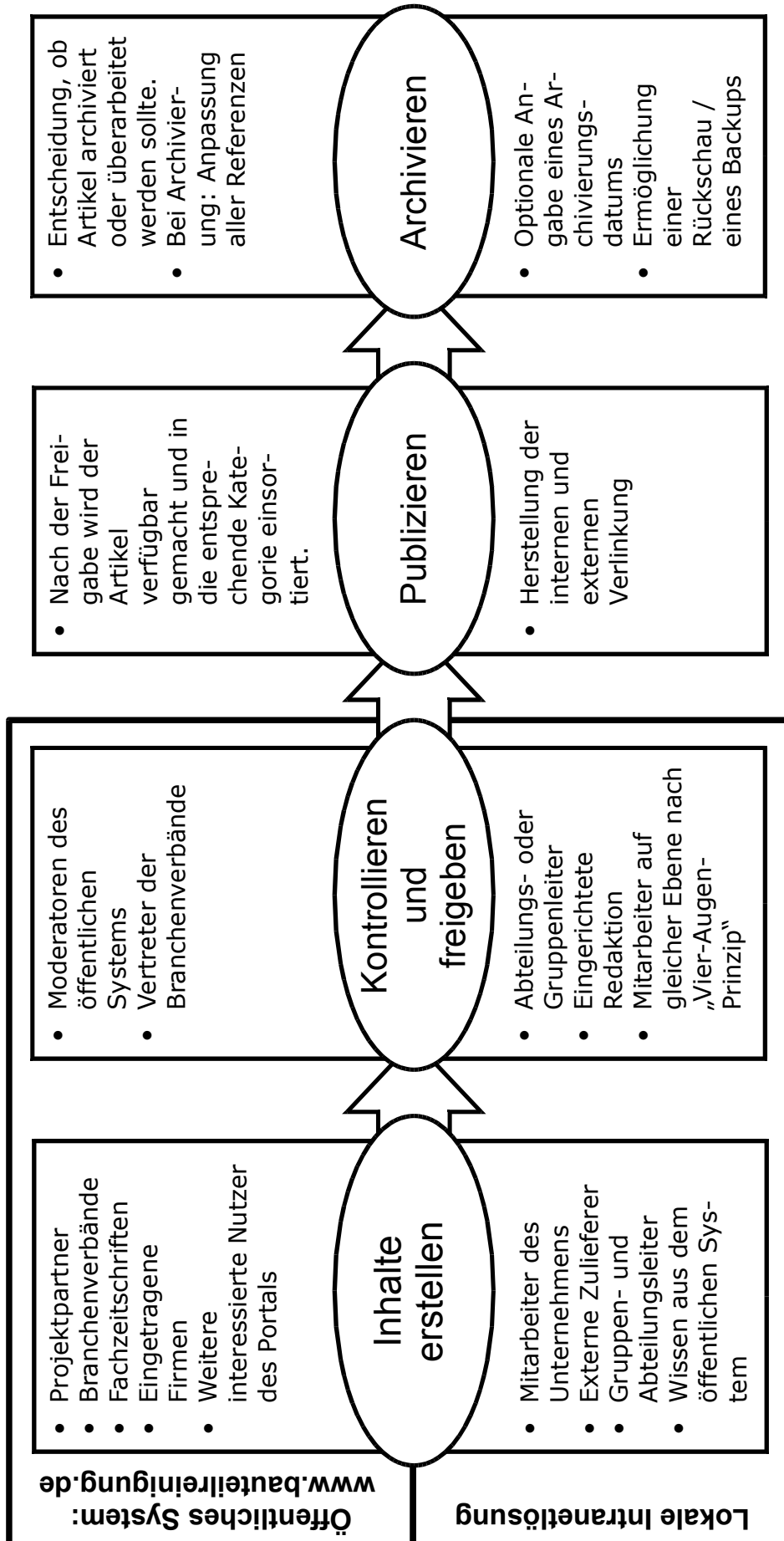


Abbildung 4.11: Workflow der Inhaltsgenerierung

Um sich auf die Programmierung der wesentlichen innovativen Funktionalitäten beschränken zu können, wird auf das im Kap. 4.6.3.4 beschriebene Framework Zikula als Basis zurückgegriffen. Dieses stellt bereits zahlreiche Grundfunktionalitäten bereit. Hierzu gehört zum Beispiel ein Benutzer- und Rechtemanagement oder die beschriebene Template Engine (vgl. Kap. 4.6.3.2). Durch die Programmierschnittstelle des Frameworks ist es möglich, ein eigenes Modul zu entwickeln, das alle in der Anforderungsliste behandelten Funktionalitäten abdeckt. Dieses Modul fügt sich ideal in die Softwarearchitektur des Systems ein und lässt sich dadurch mit anderen bereits vorhandenen Modulen verknüpfen. Die Installation des Moduls wird im Backend des Frameworks vorgenommen. Häufig wird dies jedoch nicht erforderlich sein, insofern als das komplette System später als bereits konfigurierter virtueller Server zur Verfügung gestellt werden kann, wenn sich Unternehmen für den Einsatz in ihrem Intranet interessieren. Somit ist es möglich, das System auf den Intranetservern innerhalb weniger Minuten zu installieren, um insbesondere das schnelle Einrichten von Testsystemen zu ermöglichen.

4.6.1 Überführung der Anforderungen in Merkmale des Portals

Nach der Aufnahme alle Anforderungen an das Portal erfolgt als nächster Schritt die Umsetzung dieser Anforderungen in Merkmale des Portals. Da es bei der Umsetzung zu Konflikten kommen könnte, sollen die verschiedenen Umsetzungsmöglichkeiten in Bezug auf die Zielerfüllung und ihre Wechselwirkungen betrachtet werden. Dazu wird das House of Quality verwendet.

Im folgenden Abschnitt wird das House of Quality kurz erläutert, um die für diese Arbeit wesentlichen Grundlagen darzustellen. Das House of Quality ist eines der zentralen Werkzeuge des Quality Function Deployments (QFD), welches in den letzten Jahren zu einer der bekanntesten präventiven Qualitätsmanagementmethoden geworden ist, wie die folgende Abbildung zeigt:

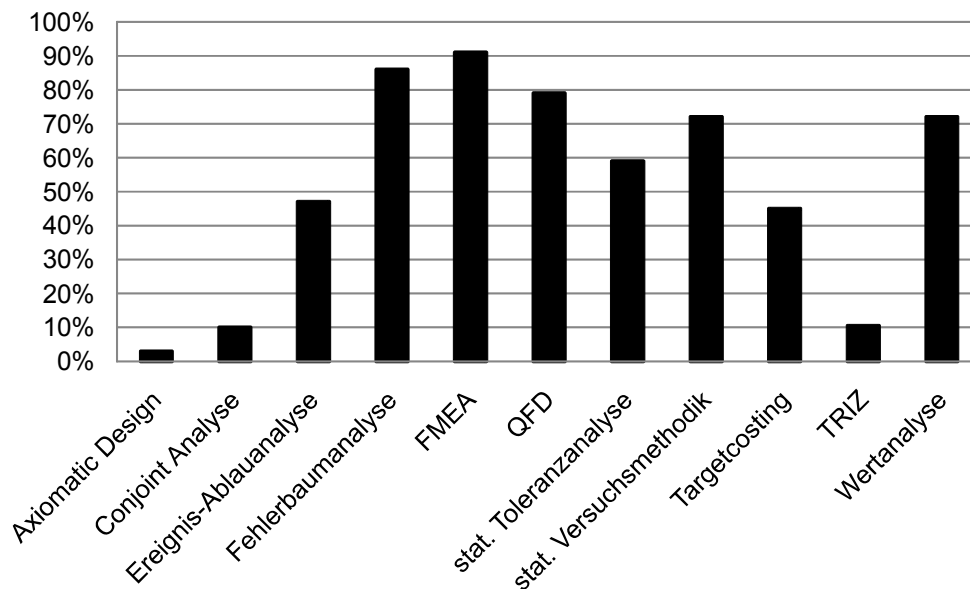


Abbildung 4.12: Bekanntheitsgrad präventiver QM-Methoden [PFE99], S. 642

Die aufgeführten Methoden werden in [PFE99] als „präventive QM-Methoden“ bezeichnet, wobei andere Literaturstellen nicht alle aufgeführten Techniken diesen Titel zuschreiben würden. Trotzdem wird in der Abbildung die große Bedeutung des House of Quality deutlich.

Quality Function Deployment ist laut [SAA98], S. 1 ein Werkzeug zur Ableitung von Qualitätsfunktionen entsprechend den vom Kunden geforderten Qualitätseigenschaften [AKA92], S. 15 f. Dabei steht der Begriff „Quality“ für ein Instrument zur Planung und Entwicklung von Qualitätsfunktionen, die an den Kunden angepasst sind. „Function“ bedeutet die Durchführung einer Qualitätsentwicklung und Qualitätsverbesserung unter Zusammenarbeit aller Bereiche, während „Deployment“ die Aufgliederung der geforderten Qualität in Zielvorgaben für die einzelnen Bereiche bezeichnet [KLE99], S. 204. Das Hauptziel von QFD ist somit die Umsetzung der Kundenforderungen in erfolgreiche Produkte und Dienstleistungen, die nicht alles technisch mögliche erfüllen, sondern explizit die vom Kunden gewünschten Spezifikationen. Dazu müssen entsprechende Produktmerkmale festgelegt werden, die die Qualität eines Produktes oder einer Dienstleistung bestimmen [STR00], S. 26.

Das zentrale Werkzeug der Methode Quality Function Deployment ist das House of Quality. Es handelt sich hierbei um eine spezielle Matrix, in der Kundenforderungen detailliert analysiert und in die Sprache der Entwickler bzw. in diesem Fall Programmierer übersetzt werden [HER97], S. 43. Die Abbildung 4.13 visualisiert schematisch den typischen Aufbau des House of Quality.

Die Bearbeitung beginnt auf der linken Seite mit dem Eintragen der Kundenforderungen, die zum Beispiel der Anforderungsliste entstammen. In dieser Matrix erfolgt des Weiteren auch eine Gewichtung der Anforderungen [CALL97], S. 87 f.

Der zweite Schritt besteht im Einbringen des Wettbewerbsvergleiches aus Kundensicht auf der rechten Seite des House of Quality mit der Motivation, Antworten auf die Frage, weshalb eine Verbesserung angestoßen wird oder wo eine Abgrenzung zu Konkurrenzprodukten möglich ist, zu bekommen. In einer graphischen Darstellung ist unmittelbar die Positionierung des eigenen Produktes in Relation zu denen der Konkurrenz zu erkennen, so dass direkt sichtbar wird, bezüglich welcher Kundenforderung eventuell noch Nachholbedarf besteht. Daher ist die horizontale Achse insgesamt gesehen die des Marktes. Sie wird vom Einfluss der Kunden dominiert.

Als drittes suchen Experten nach möglichen Lösungen, die die subjektiven Kundenforderungen erfüllen sollen. Sie werden im oberen Rechteck des House of Quality eingetragen. Die gefundenen Parameter müssen objektiv messbar, quantitativ beurteilbar und vom Unternehmen steuerbar sein, da ihre Berücksichtigung ansonsten nicht sinnvoll ist [CALL97], S. 88. Wichtig hierbei ist die Vollständigkeit und Überschneidungsfreiheit, um zu gewährleisten, dass alle Kundenforderungen erfüllt werden, ohne die Wechselwirkungen zu stark ansteigen zu lassen. Dabei sollte laut [SAA98], S. 456 noch keine technische Problemlösung vorweggenommen, sondern lediglich ihr Auffinden erleichtert werden. Die Angabe der Maßeinheit, die den Wert des Parameters eindeutig beschreibt, unterstreicht die Messbarkeit der Parameter. Sie wird im unteren Bereich des House of Quality eingetragen. Oberhalb der Parameter erfolgt die Angabe der Optimierungsrichtung mit Hilfe von Pfeilen. Sie zeigt an, ob das Bestreben in einem Verringern oder Erhöhen des Wertes der entsprechende Einflussgröße liegen sollte. In Einzelfällen kann auch das Anvisieren eines Zielwertes sinnvoll sein, so dass das Optimum nicht durch ein Extremum, sondern durch einen Zielkorridor charakterisiert wird.

Der vierte Schritt ist die Bearbeitung des Daches. Es handelt sich hierbei um eine Korrelationsmatrix, in der bestehende Interdependenzen zwischen den von den Experten gefundenen Qualitätsmerkmalen mit einer entsprechenden Symbolik visualisiert werden [CALL97], S. 89. Das Dach antwortet nach [KLE99], S. 205 auf die Frage, welche Merkmale sich behindern. Eine negative Abhängigkeit bedeutet, dass die Verbesserung eines Qualitätsmerkmals zu einer Verschlechterung eines anderen führt. Die Expertengruppe muss in diesem Fall überlegen, ob es möglich ist, ein Qualitätsmerkmal zugunsten eines anderen auszutauschen, bei dem die Schwierig-

keit nicht besteht. Ist dies nicht realisierbar, so ist lediglich ein Kompromiss denkbar. Zahlreiche negative Abhängigkeiten weisen darauf hin, dass die Grenzen der eingesetzten Technologien erreicht sind und das Entwicklungsteam überlegen sollte, ob ein völlig neuer Ansatz denkbar ist.

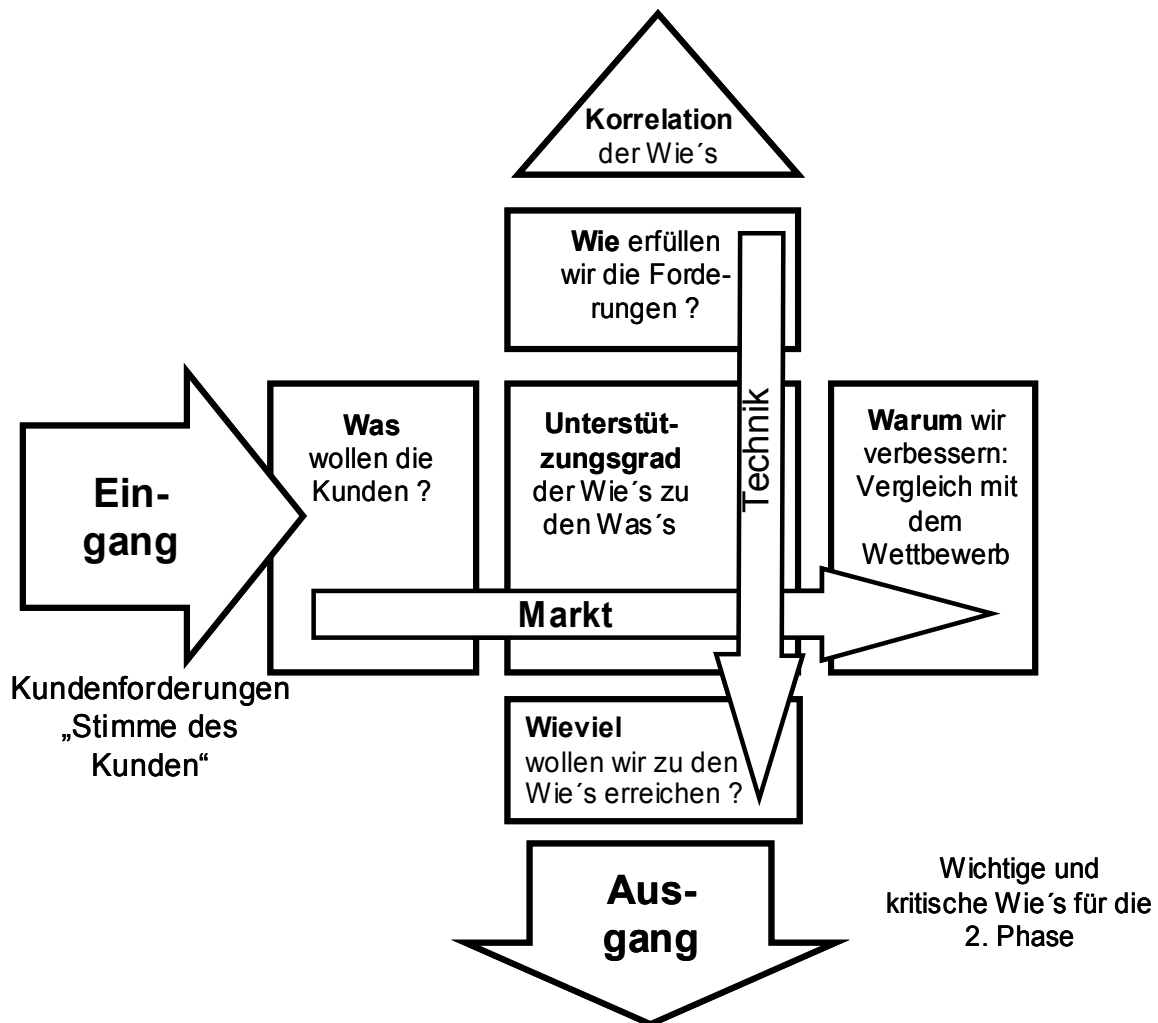


Abbildung 4.13: Typischer Aufbau des House of Quality [SAA98], S. 5

Anschließend folgt mit der Beziehungsmatrix das Kernstück des House of Quality. Hierbei werden die Qualitätsmerkmale den Kundenforderungen unter Berücksichtigung der Stärke der Ausprägung der Beziehung zugeordnet [KLE99], S. 205. Ziel dieses Teilschrittes ist laut [HAU98], S. 71, eine Matrix zu erhalten, die Aufschluss darüber gibt, wie stark jedes der Qualitätsmerkmale jedes der kundenwichtigen Merkmale beeinflusst. Die Bewertung sollte möglichst einvernehmlich im Team unter Zuhilfenahme der Erfahrung der einzelnen Teammitglieder erfolgen. Zahlreiche starke Abhängigkeiten belegen die Eignung des Entwurfes, die Kundenwünsche adäquat zu erfüllen. Sollte ein Qualitätsmerkmal von keiner Anforderung abhängig sein, so ist es entweder überflüssig oder es ist bei der Aufnahme der Forderungen ein Fehler entstanden, so dass sie unvollständig sind [KLE01], S. 312 f. Das Produkt der Gewichtung der Kundenforderung und der Stärke der Korrelation mit dem entsprechenden Qualitätsmerkmal ergibt die Bedeutung des Qualitätsmerkmals. Sie wird unterhalb der Korrelationsmatrix eingetragen.

Ebenfalls Aufgabe der Experten ist es, im unteren Bereich des House of Quality objektive Ziele zu erarbeiten, die die Möglichkeiten des Unternehmens realistisch widerspiegeln. Unterstützend dafür

wirkt ein technischer Konkurrenzvergleich, der aufzeigt, wie die Konkurrenten mit ähnlichen Produkten bezüglich der jeweiligen Qualitätseigenschaften positioniert sind. Im Vergleich der anvisierten Produktspezifikationen mit denen der Konkurrenz wird auch die Stellung des eigenen potentiellen Produktes sichtbar. Die untere Matrix des House of Quality wird optional durch eine Abschätzung der technischen Schwierigkeit, das Qualitätsmerkmal zu optimieren, und die kaufmännischen Bedeutung komplettiert.

Die vertikale Achse ist insgesamt betrachtet die Achse der Technik, da alle Eintragungen von den Experten vorgenommen werden. Der Einfluss des Kunden ist nur indirekt berücksichtigt, insofern als die Anwender des House of Quality mit der Formulierung der möglichen Produktspezifikationen auf die Kundenwünsche reagieren.

4.6.2 Ableitung eines House of Quality für die Portalsoftware

Im Rahmen der Arbeit ist eine House of Quality der zu entwickelnden Portalsoftware erarbeitet worden. Bezogen auf den konkreten Anwendungsfall ist der erste Schritt die Strukturierung und Gewichtung der Eingangsdaten. Bei Betrachtung der Anforderungsliste fällt auf, dass sich die dort genannten Teilaspekte teilweise überschneiden und mit übergeordneten Anforderungen zusammengefasst werden können. Es findet folglich ein Abstraktionsprozess statt, für den nach [PAH06] die folgenden Schritte sinnvoll sind:

1. Schritt: Gedanklich Wünsche weglassen
2. Schritt: Nur noch Forderungen berücksichtigen, die die Funktionen und wesentlichen Bedingungen unmittelbar betreffen.
3. Schritt: Quantitative Angaben in qualitative umsetzen und dabei auf wesentliche reduzieren.
4. Schritt: Erkanntes sinnvoll erweitern
5. Schritt: Problem lösungsneutral formulieren.

Mit diesen Grundsätzen wird die Anforderungsliste zusammengefasst und neu gegliedert. Das Ziel ist eine deutlich kompaktere Liste, bei der außerdem redundante Anforderungen herausgefiltert sind. Das Ergebnis zeigt die folgende Tabelle:

Kategorie	Anforderung	Neue Gliederung	Alte Gliederung
Editieren	Komfortable Eingabe der Inhalte	A 1	1.1; 1.2; 1.3
	Verlinkung der Inhalte	A 2	1.4
	Auswahl von Sprache und Kategorie durch den Autor	A 3	1.5; 1.6
Veröffentlichen	Warteliste für zu bearbeitende Artikel	B 1	2.3
	Abbildung unterschiedlicher Workflows	B 2	2.1; 3.4; 3.5; 3.6; 3.7
	Flexible Benachrichtigungsemails in unterschiedlichen Workflowsituationen	B 3	2.4; 2.5; 2.6; 3.5
	Dokumente sollen taxonomisch geordnet sein	B 4	2.11; 3.7

Kategorie	Anforderung	Neue Gliederung	Alte Gliederung
Daten-austausch	Aktuelle Datenbank kann manuell aus öffentlichen System abgerufen werden	C 1	3.1; 3.2; 5.1
	Aktuelle Datenbank wird im Administrationsbereich des empfangenen Systems aufgespielt	C 2	3.2; 3.3; 5.1
Rechte-vergabe	Unterschiedliche Personen sollen flexibel unterschiedliche Schreib- und Leserechte bekommen	D 1	2.1; 2.2; 2.7; 2.9; 2.10; 4.1; 4.2; 4.3; 6.1
	Anbindung an das ActiveDirectory von Unternehmen möglich	D 2	2.8
	Die Nutzer sollen in Gruppen mit bestimmten Rechten zusammengefasst werden	D 3	2.10; 4.1; 4.2; 4.3; 6.1
Anzeige der Artikel	Flexible Ausgabe der Dokumente	E 1	2.9; 5.2; 5.3
	Verknüpfung zwischen Rechte der Nutzer und Dokumentenausgabe	E 2	2.9; 5.2; 5.3
	Suchfunktion	E 3	5.1
	Kommentieren von bestehenden Artikeln	E 4	3.6

Nach der Abstraktion der Anforderungen wird im nächsten Schritt die Gewichtung der Faktoren vorgenommen. Für diesen Anwendungsfall wird der paarweise Vergleich als Methodik eingesetzt. Der paarweise Vergleich wird in vielen unterschiedlichen Bereichen eingesetzt, wenn es um die Ermittlung einer Gewichtung geht, die einer Verhältnisskala genügt. Wie der Begriff bereits nahe legt, wird beim paarweisen Vergleich die Bedeutung jeweils zweier Anforderungen miteinander verglichen. Damit entsteht für den Anwendungsfall die Matrix, die auf der folgenden Seite (Abbildung 4.14) visualisiert ist.

Im vorliegenden Fall wurden die drei Bewertungsstufen 1/3 (Anforderung ist unwichtiger), 1 (Anforderung ist genauso wichtig), und 3 (Anforderung ist wichtiger) gewählt. Oberhalb der mit Einsen gefüllten Diagonalen werden die Werte gemäß des Verhältnisses „Zeilen“ zu den „Spalten“ eingetragen, unterhalb die reziproken Werte für entgegengesetzte Beziehungen [HER97], S. 77.

Danach werden die Summen zur besseren Übersicht durch Dividieren durch die größte vorkommende Summe normiert. Somit ergeben sich die Gewichtungsfaktoren G für das House of Quality.

Die Anforderungen inklusive der Gewichtungsfaktoren werden als erstes in die linke Seite des zu entwickelnden House of Quality (Abbildung 4.15) eingetragen. Danach werden Portalmerkmale gesucht, die ein möglichst großes Potenzial besitzen, die Anforderungen zu erfüllen. Sie sind in die drei Bereiche Auswahl Softwaretools, Datenspeicherung und Eigenentwicklungen aufgeteilt.

	A 1	A 2	A 3	B 1	B 2	B 3	B 4	C 1	C 2	D 1	D 2	D 3	E 1	E 2	E 3	E 4
A 1	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	1	1	1	1	3	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	3	1	1
A 2	1	1	$\frac{1}{3}$	1	3	1	1	1	1	3	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	3	1	1
A 3	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	1	3	1	1	1	1	3	$\frac{1}{3}$	1	3	3	1	1
B 1	$\frac{1}{3}$	1	1	1	3	1	1	3	3	3	1	1	3	3	1	1
B 2	1	3	3	3	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
B 3	1	1	1	1	$\frac{1}{3}$	1	1	1	1	3	$\frac{1}{3}$	1	1	3	1	1
B 4	1	1	1	1	$\frac{1}{3}$	1	1	1	1	3	$\frac{1}{3}$	1	3	3	1	1
C 1	1	1	1	3	$\frac{1}{3}$	1	1	1	1	3	$\frac{1}{3}$	1	3	3	1	1
C 2	1	1	1	3	$\frac{1}{3}$	1	1	1	1	3	$\frac{1}{3}$	1	3	3	1	1
D 1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	1	$\frac{1}{3}$	1
D 2	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	1	3	3	1	1
D 3	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	1	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{3}$	1	1	$\frac{1}{3}$	1	1	3	3	1	1
E 1	1	1	3	3	$\frac{1}{3}$	1	3	3	3	1	3	3	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
E 2	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
E 3	1	1	1	1	$\frac{1}{3}$	1	1	1	1	$\frac{1}{3}$	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	3
E 4	1	1	1	1	$\frac{1}{3}$	1	1	1	1	1	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	3	1
Σ	$17\frac{1}{3}$	20	22	$27\frac{1}{3}$	16	$18\frac{2}{3}$	20	$22\frac{2}{3}$	$22\frac{2}{3}$	30	$14\frac{2}{3}$	$17\frac{1}{3}$	28	$34\frac{2}{3}$	$15\frac{1}{3}$	16
G	0,5	0,58	0,63	0,79	0,46	0,54	0,58	0,65	0,65	0,87	0,42	0,5	0,81	1	0,44	0,46

Abbildung 4.14: Gewichtungsmatrix

Unter dem Oberbegriff „Auswahl Softwaretools“ sind alle Merkmale zusammengefasst worden, die sich durch die Verwendung vorhandener Softwaretools realisieren lassen. Dabei besteht aus der umfassenderen Anforderungsliste die Forderung, dass weitestgehend Open Source-Software zum Einsatz kommt, um spätere Lizenzgebühren auszuschließen, was eine nachhaltige Nutzung des Portals behindern könnte. Der Übergang zu den „Eigenentwicklungen“ ist teilweise fließend, da der Open Source-Code für den jeweiligen Anwendungsfall umfassend angepasst werden muss.

An dieser Stelle werden die Portalmerkmale noch relativ oberflächlich betrachtet. Welche der zahlreich erhältlichen Open Source-Tools im Detail Verwendung finden, muss an späterer Stelle geklärt werden, wenn über die generelle Zusammensetzung des Portals entschieden worden ist.

Unter dem Oberbegriff „Datenspeicherung“ werden alle Merkmale behandelt, die sich mit der Ablage der zu speichernden Informationen beschäftigen. Da die Open Source-Frameworks und Content-Managementsysteme generell Datenbanken verwenden und Inhalte nicht in der Dateistruktur speichern, soll auch das Informationsportal auf einer Datenbank basieren. Daher wird dieser Aspekt im Rahmen des House of Quality nicht explizit behandelt. Von Interesse ist hingegen, in welcher Form beispielsweise die Textstrukturierungselemente, wie Überschriften, Hervorhebungen, Hyperlinks etc. behandelt werden und über welche Technik der Datenaustausch zwischen verschiedenen Systemen realisiert wird.

Der Oberbegriff „Eigenentwicklungen“ fasst den Kernbereich der Arbeit zusammen. Hierbei liegt der Hauptaugenmerk darauf, alle Anforderungen zu erfüllen, die mit vorhandenen am Markt erhältlichen Systemen nicht realisierbar sind.

In der Abbildung 4.15 ist das komplette entwickelte House of Quality dargestellt.

Die Bedeutung der einzelnen Merkmale ergibt sich durch die Summe der jeweiligen Produkte der Anforderungsgewichtungen (linke Seite) mit den Unterstützungsgraden (mittlere Matrix). Zur besseren Übersichtlichkeit sind die Werte normiert worden, d. h. auf den Wertebereich von null bis eins bezogen. Das dargestellte House of Quality ist qualitativer Natur. Auf die Nennung von quantifizierbaren Zielgrößen wird bewusst verzichtet, da es in diesem Stadium vor allem um die generelle Ausrichtung des Portals geht.

Werden die Portalmerkmale nach ihrer Rangfolge gewichtet dargestellt, wird eine sinnvolle Prioritätensetzung besonders deutlich, wie in der Abbildung 4.16 ersichtlich ist.

Zunächst ist erkennbar, dass insbesondere die Verwendung eines Frameworks, welches über ein flexibles Rechtemanagementsystem verfügt und eine Sprachumschaltung erlaubt, sinnvoll ist. Daher sollte ein entsprechendes Open Source-Framework die Basis des neuen Portals darstellen. Darüber hinaus hat die Verwendung einer Template-Engine, die die flexible Ausgabe der Inhalte ermöglicht, eine besonders hohe Priorität. Template-Engines sind ebenfalls als Open Source frei verfügbar und sollten daher im Rahmen des Vorhabens übernommen und nicht neu programmiert werden.

Auf Seite der Eigenentwicklungen erscheint es insbesondere wichtig, ein Modul zu erstellen, das alle wesentlichen Funktionen zusammenfasst, um dem Nutzer ein Single-Sign-On und die von einer zentralen Stelle ausgehende Bedienung der Elemente zu ermöglichen. Weitere bedeutende Merkmale sind die Programmierung einer Kategorieorganisation und einer Workflowengine.

Die entsprechenden Merkmale sollen im Folgenden mit der entsprechenden Priorität weiter verfolgt werden. Es fällt auf, dass einige Merkmale mit einer vergleichsweise niedrigen relativen Bedeutung existieren, deren Schwierigkeit der technischen Umsetzung jedoch relativ gering ist. Diese Merk-

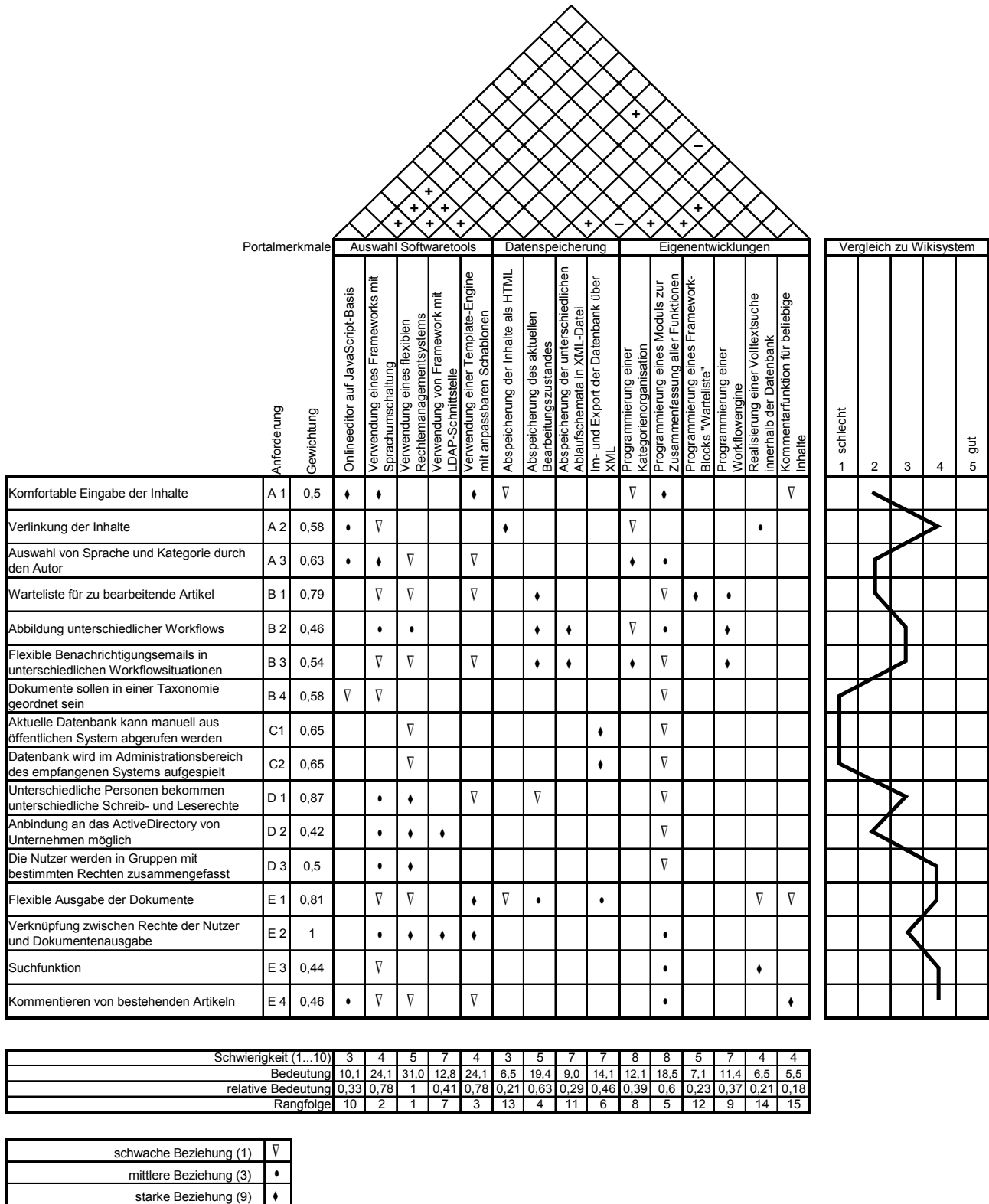


Abbildung 4.15: House of Quality der Portallösung

male sollen daher trotzdem umgesetzt werden, da sie einen maximalen Nutzen ermöglichen, ohne den erforderlichen Programmieraufwand zu stark ansteigen zu lassen.

Auf der rechten Seite des House of Quality ist der Vergleich zu einem herkömmlichen Wikisystem dargestellt. Dies verdeutlicht auch die Abgrenzung der neuen Portallösung zu den etablierten Systemen. Schwächen der Wikisysteme zeigen sich vor Allem bei der komfortablen Eingabe der Inhalte,

Rang	Portalmerkmal	Schwierigkeit	relative Bedeutung
1	Verwendung eines flexiblen Rechtemanagementsystems	5	1,00
2	Verwendung eines Frameworks mit Sprachumschaltung	4	0,78
3	Verwendung einer Template-Engine mit anpassbaren Schablonen	4	0,78
4	Abspeicherung des aktuellen Bearbeitungsstatus	5	0,63
5	Programmierung eines Moduls zur Zusammenfassung aller Funktionen	8	0,60
6	Im- und Export der Datenbank über XML	7	0,46
7	Verwendung eines Frameworks mit LDAP-Schnittstelle	7	0,41
8	Programmierung einer Kategorienorganisation	8	0,39
9	Programmierung einer Workflowengine	7	0,37
10	Onlineeditor auf JavaScript-Basis	3	0,33
11	Abspeicherung der unterschiedlichen Ablaufschemata in XML-Datei	7	0,29
12	Programmierung eines Framework-Blocks "Warteliste"	5	0,23
13	Abspeicherung der Inhalte als HTML	3	0,21
14	Realisierung einer Volltextsuche innerhalb der Datenbank	4	0,21
15	Kommentarfunktion für beliebige Inhalte	4	0,18

Abbildung 4.16: Relative Bedeutung der Portalmerkmale

da zunächst eine Syntax zu erlernen wäre, die Gelegenheitsanwendern nicht geläufig ist und die daher eine künstliche Barriere darstellt. Darüber hinaus fehlen Möglichkeiten der Personalisierbarkeit wie beispielsweise die Anzeige einer Warteliste für zu bearbeitende Artikel. Die Abbildung von unterschiedlichen Workflows ist nur sehr begrenzt und bei ganz wenigen real existierenden Umsetzungen realisierbar. Generell existiert aber keine Möglichkeit, den Freigabeprozess unabhängig von festen Vorgaben frei zu definieren.

Auf einen Datenaustausch zwischen verschiedenen Systemen sind Wikisysteme in keinsten Weise vorbereitet. Die einzige realisierbare Variante ist derzeit das manuelle Austauschen der Datenbanktabellen, die die Inhalte beinhalten bzw. der kompletten Datenbank, falls auch die weiteren Einstellungen und Nutzerdaten übertragen werden sollen. So ist es theoretisch möglich, ein System auf einen anderen Server zu portieren. Dies ist jedoch nicht mit einem gerichteten Datenaustausch vergleichbar, bei dem zwei Systeme unabhängig voneinander nebeneinander betrieben werden und das Wissen des einen Systems regelmäßig in das andere System übertragen werden soll, ohne die bereits gespeicherten Inhalte zu beeinflussen. Der Datenaustausch wird zudem nicht durch eine grafische Benutzeroberfläche unterstützt, sondern müsste komplett manuell über einen Datenbankadministrator vorgenommen werden, was für ein dynamisches und sich selbst tragendes System ebenfalls nicht sinnvoll wäre.

Weitere nicht hinreichend zu erfüllende Anforderungen wären die Anbindung an das ActiveDirectory von Unternehmen und die Verknüpfung zwischen den Rechten der Nutzer und der Dokumentenausgabe. Wikisysteme sind meist als Stand-Alone-Werkzeuge konzipiert. Teilweise können einzelne Wikisysteme als Module von Content-Managementsystemen betrieben werden, was eine Anbindung an eine übergreifende Rechteverwaltung über das Muttersystem zumindest vorbereitet. Da die Wikisysteme selbst aber nur wenige Nutzerrollen unterscheiden, ist auch in diesem Falle keine sinnvolle Übernahme der Rechte möglich. In der Regel unterscheiden die Systeme lediglich Personen, die Inhalte lesen und Personen, die Inhalte erstellen dürfen. In Einzelfällen existiert eine weitere Gruppe der „Moderatoren“. Detailliertere Einstellungen, zum Beispiel in Form von unterschiedlichen Rechten für unterschiedliche Themenbereiche sind nicht möglich. Daher

wird auch die Anforderung „Verknüpfung zwischen Rechte der Nutzer und Dokumentenausgabe“ als nur mittelmäßig gut umgesetzt bewertet. Hierdurch ergeben sich indirekt auch weitere Schwierigkeiten bei der Abbildung unterschiedlicher Workflows, da die Zuordnung der Nutzer, von denen eine Handlung erwartet wird, direkt von deren Rolle im Rechtssystem abhängt. Ist beispielsweise eine an eine Hierarchie gebundene Veröffentlichung von Dokumenten gewünscht, so müssten diese Hierarchiestufen auch zunächst im Rechtssystem abgebildet werden, um im Workflow auf sie zurückzugreifen. Dies ist mit bestehende Wikisystemen nicht möglich.

Eine weitere Schwäche in Bezug auf die Anforderungen ergibt sich, da Wikisysteme generell nicht taxonomisch aufgebaut sind, sondern allein von den Verknüpfungen der Dokumente untereinander leben. Diese Vorgehensweise hat sich jedoch im beruflichen Umfeld als nicht sinnvoll herausgebildet. Ein derartiges System läuft Gefahr, sehr schnell unübersichtlich zu werden, da redundante Informationen kaum auffallen, wenn sie mitunter nicht ausreichend miteinander verknüpft sind. Darüber hinaus ist die Bereitschaft der Nutzer, die Verknüpfungen vorzunehmen und dauerhaft aktuell zu halten, sehr gering. Die taxonomische Struktur müsste jedoch technisch so tief im System verankert werden, dass eine Umprogrammierung eines Wikisystems zu aufwändig wäre und bereits die grundlegende Softwarearchitektur dagegen spricht.

4.6.3 Programmierung des Moduls „Wissensspeicher“

Im Folgenden wird die Programmierung des Moduls „Wissensspeicher“ beschrieben. Es handelt sich hierbei um eine vollständige Eigenentwicklung im Rahmen des Vorhabens, die auf dem Framework „Zikula“ aufbaut.

4.6.3.1 Trennung zwischen Inhalt und Layout

Bei traditionellen Internetseiten waren Inhalt und Layout in der Regel miteinander vermischt. Dies wird bei der Betrachtung einer normalen HTML-Seite sehr gut deutlich. Der HTML-Code beschreibt die Seite komplett. D. h. in ihr steht der eigentliche Text, aber auch die Beschreibung, wie dieser Text formatiert werden soll oder wo Grafiken eingebunden sind. Ergänzt werden Metainformationen, wie beispielsweise Codes für die bessere Indizierung in Suchmaschinen. Durch die Erweiterung der Seiten mit Intelligenz für den Server und den Klientenrechner werden sie immer komplizierter, insofern als ergänzend JavaScript als klientenseitige Scriptsprache oder beispielsweise PHP als serverseitige Scriptsprache hinzukommen.

Es entstehen somit häufig Konstrukte, die selbst von erfahrenen Programmierern kaum noch zu überschauen sind. Der „Internetlaie“, der eigentlich nur einige Inhalte ändern oder erstellen will, fühlt sich in einer derartigen Datenflut mitunter völlig verloren. Es existieren zwar einige Programme, die versuchen, den Code nach dem WYSIWYG-Prinzip (**W**hat **Y**ou **S**ee **i**s **w**hat **y**ou **g**et) editierbar zu machen, aber auch das bereitet durch den größer werdenden Komplexitätsgrad zunehmend Probleme.

Diese Zusammenhänge wirken sich aber auch auf die Computer selbst aus. Suchmaschinen sind oft nicht mehr in der Lage, die Inhaltsinformationen aus den Seiten herauszufiltern und von den übrigen Daten zu isolieren. Damit werden entsprechende Inhalte auch kaum indiziert und von interessierten Nutzern gefunden. Zudem kann die Struktur nicht an unterschiedliche Ausgabegeräte angepasst werden. Die optimale Darstellung auf einem kleinen Display eines internetfähigen Handys oder Organizers unterscheidet sich maßgeblich von der auf einem großen Monitor eines PC's. Dasselbe gilt für das Ausdrucken einer Seite, da ein großer Unterschied zwischen dem Blatt- und Bildschirmformat besteht.

Der Ausweg ist eine konsequente Trennung von Inhaltsinformationen, Layoutinformationen und Anwendungslogik.

Somit wird es im Rahmen der Forschungsarbeit zunächst ermöglicht, alle drei Teilbereiche unabhängig voneinander zu entwickeln. Der Autor ist in der Lage, Inhalte bereit zu stellen, die danach beispielsweise in einer Datenbank abgespeichert werden. Dabei muss er keine Sorge haben, das Erscheinungsbild des Portals oder die Anwendungslogik zu beeinflussen. Gleichzeitig kann beispielsweise ein Grafiker das Erscheinungsbild des Portals anpassen und ändern. Ein Programmierer wäre ebenfalls gleichzeitig in der Lage, weitere Funktionalitäten zu realisieren. An diesem Beispiel wird bereits deutlich, dass eine Arbeitsteilung weitaus besser möglich ist als bei der herkömmlichen Technik. Zudem ist es viel einfacher möglich, den Wissensspeicher im laufenden Betrieb zu überarbeiten. Soll nach einer gewissen Laufzeit eine optische Neugestaltung des Portals vorgenommen werden, so kann dies im Hintergrund auf einem Testsystem vorbereitet und getestet werden. Es ist nicht mehr erforderlich, die Inhalte aus dem alten System zu überführen. Am vorgesehenen Stichtag reicht es aus, via Mausklick auf das neue Layout umzustellen. Die Inhalte werden dann im neuen Design dargestellt, völlig unabhängig davon, wann und von wem sie eingegeben worden sind.

Ein weiterer Vorteil ist das Anbieten von Darstellungen für alternative Ausgabemedien. Die selben Inhalte des zu realisierenden Wissensspeichers können in unterschiedlichen Formaten, z. B. für Monitore verschiedener Größen, für ein pdf-Dokument oder für einen Ausdruck optimal dargestellt werden. Ändert sich der Inhalt, so wird er automatisch für alle Ausgabevarianten aktualisiert, ohne dass weitere manuelle Arbeit erforderlich wäre.

Ergänzend wird es nach der Umsetzung im Rahmen des Vorhabens möglich sein, die Inhaltsinformationen separat anzubieten, um sie für Lesegeräte, zur Suchmaschinenindizierung oder zum Import in andere Content-Managementsysteme zur Verfügung zu stellen.

4.6.3.2 Template-Engines

Zur konsequenten Trennung von Layout und Inhalt eignen sich so genannte Template Engines [TEM09]. In den Templates (Vorlagen) wird der Aufbau der Seiten beschrieben. Der Aufbau wird vom Programmierer oder einem Designer vorgegeben und enthält Platzhalter für die Inhalte, welche üblicherweise nicht mehr in Dateien, sondern in einer Datenbank gespeichert sind [WAL07]. Die Bearbeitung des Aufbaus und der Inhalte kann nun völlig unabhängig voneinander erfolgen. Des Weiteren ist es möglich, dieselben Inhalte mehrfach in unterschiedlichen Vorlagen einzusetzen.

Eine der derzeit bekanntesten Template Engines ist Smarty [HAY06], welche auf der Programmiersprache PHP basiert. Smarty wird in zahlreichen Webapplikationen alleinstehend eingesetzt und ist Bestandteil von einigen Content-Managementsystemen [SMA09]. Die folgende Abbildung visualisiert die prinzipielle Arbeitsweise einer derartigen Template Engine:

Auf der rechten Seite ist oben das so genannte Template (deutsch: Schablone) dargestellt. Es enthält die Formatierungsinformationen und Platzhalter in Form von Variablen, die dynamisch mit Inhalt gefüllt werden, der in diesem Falle aus der Datenbank (links dargestellt) stammt. Die eigentlichen HTML-Seiten, die dann vom Server an die Klienten übertragen werden, enthalten keine Anwendungslogik mehr, sondern nur noch die Darstellungsinformationen für den entsprechenden Anwendungsfall. Dadurch ist die eigentliche Anwendungslogik auch sehr gut geschützt, da sie den Server niemals verlässt und nicht über das Internet übertragen wird.

Insgesamt bietet Smarty die folgenden Vorteile [WAL07]:

- Smarty ist sehr leistungsfähig
- Ein Template muss nur einmalig verarbeitet werden, wenn es sich nicht ändert
- Smarty bietet Kontrollstrukturen wie if/elseif/else/endif im Template

- Smarty unterstützt Caching für eine schnellere Ausgabe
- Smarty ist durch eine Plugin-Architektur erweiterbar

Der Anspruch an den Server im Vergleich zu den traditionellen Internetanwendungen steigt. Musste der Server früher lediglich die Daten übertragen, die statisch im Dateisystem gespeichert waren, hat er nunmehr zusätzlich die Aufgabe, die Seiten beim Aufrufen dynamisch zusammen zu setzen. Bei einfachen Anwendungen ist die Datenbank meistens auf dem gleichen Server untergebracht, bei komplexeren sind die Systeme oft voneinander getrennt. Um die erforderliche Rechenleistung herabzusetzen und um einen sicheren Zugriff auch bei Spitzenlasten sicher zu stellen, verfügen nahezu alle Content-Management-Systeme über Caching-Funktionalitäten. So wird der einmal durch die Template-Engine zusammengesetzte und zu übertragende HTML-Code zwischengespeichert und erneut übertragen, falls nochmals die gleiche Anfrage erfolgt. Gerade bei oft abgerufenen Seiten, wie z. B. der Startseite eines Portals, birgt dies große Vorteile. Für den Zeitraum, für den dieser Zwischenspeicher verwendet wird, ohne die Inhalte immer wieder dynamisch zu erzeugen, bleiben Änderungen jedoch bei der Ausgabe der Seiten unberücksichtigt, so dass ein Kompromiss aus Leistungsfähigkeit und Aktualität gefunden werden muss. Bei personalisierten Informationen ist ein Caching zudem nicht möglich, da für jeden Nutzer individuelle Seiten ausgegeben werden.

Smarty verfügt ergänzend über zahlreiche Grundfunktionen für gängige Aufgaben, wie das Zählen der Seitenzugriffe, das Verschlüsseln von Emailadressen oder das Erzeugen von Tabellen.

Ergänzend zur Trennung von Layout und Inhalt stellen Content-Managementsysteme die folgenden Vorteile bereit [WAL07], S. 28:

- Das Pflegen der Inhalte erfordert keine HTML-Kenntnisse.
- Das richtige Layout wird automatisch erzeugt, das CMS liefert keine Seiten mit einem falschen Design.
- Die Inhaltsdaten liegen wieder verwertbar in Datenbanken.

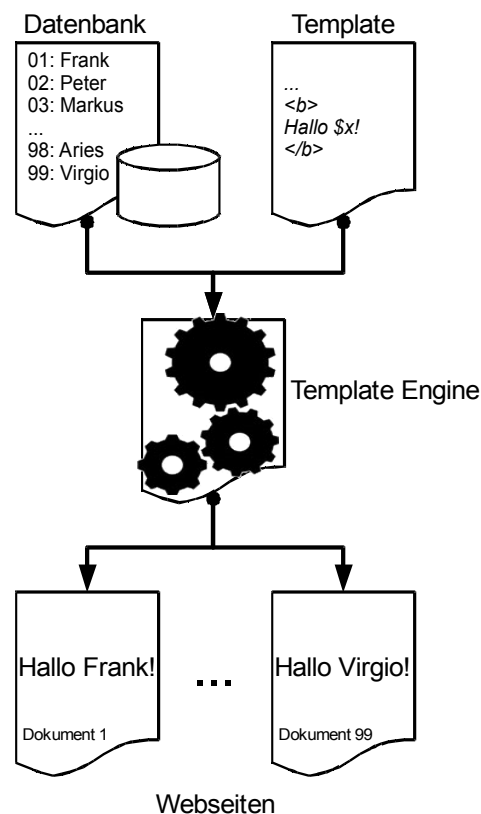


Abbildung 4.17: Wirkungsweise einer Template Engine nach [WEB09]

- Ein Content-Managementsystem verwaltet die Struktur der gesamten Seiten.
- Das Benutzer- und Rollenkonzept ermöglicht eine effiziente Aufgabenverteilung.
- Für das Erscheinen von Inhalten können Erscheinungszeiten vorgegeben werden.
- Eine Versionsverwaltung, welche verschiedene Versionen eines Inhaltes verwaltet und verfügbar hält, wird von den größeren Content-Managementsystemen angeboten.
- Ein Content-Managementsystem kann Inhalte in verschiedenen Sprachversionen verwalten.

4.6.3.3 Auswahl eines geeigneten Content-Managementsystems

Durch die genannten Vorteile sind Content-Managementsysteme sehr gut für den Aufbau eines Informationsportals geeignet. Schwierig ist im Allgemeinen die Auswahl des für die Aufgabenstellung am besten geeigneten Systems. Einen sehr guten und regelmäßig aktualisierten Überblick der Systeme liefert die Internetseite <http://www.cmsmatrix.org> [CMS09]. Nach Mager [WEB08] kann die folgende Liste mit Auswahlkriterien als Orientierung dienen:

- Typ des Content-Managementsystems (serverseitig oder klientenseitig)
- Verweilzeiten und Akzeptanz am Markt
- Ausgestaltung der Programmierinterfaces
- Ausgestaltung der Rechteverwaltung
- Freigabeverfahren bei der Publikation von Inhalten
- Unterstützung unterschiedlicher Datenbanken, um einen universellen Einsatz zu ermöglichen
- Integration von Suchmaschinen
- Verfügbarkeit von Dokumentationen, Beratungen und Schulungen
- Preis-Leistungsverhältnis

Die Bildung eines umfassenden Überblicks vor der Entscheidungsfindung ist äußerst schwierig. Insbesondere Open Source-Content-Managementsysteme sind meist sehr schlecht dokumentiert. Daher ist es mitunter der einfachste und effizienteste Weg, die Systeme probeweise zu installieren und zu testen. Dokumentationen sind oft nur in Form von Wikis und Forenbeiträgen vorhanden. Die Qualität ist dabei nicht immer sicher gestellt. Dies gilt in verstärkter Form für Erweiterungsmodule und die Offenlegung der Programmierschnittstellen, falls eigene Weiterentwicklungen vorgenommen werden sollen.

Gerade die Erweiterbarkeit der Systeme wird aber immer wichtiger. In der Praxis zeigt sich, dass die Anforderungen an Content-Managementsysteme in den konkreten Projekten zeitlich veränderlich sind. Im Laufe der Nutzungsdauer ergeben sich weitere Wünsche, die entweder mit zu ergänzenden vorhandenen oder selbst zu erstellenden Modulen umgesetzt werden können. Vor diesem Hintergrund nimmt die Erweiterbarkeit und Offenlegung der Programmierschnittstelle einen besonders wichtigen Stellenwert ein.

Im Rahmen des Vorhabens ist unter Betrachtung der abgeleiteten Ziele das Framework „Zikula“ als besonders gut geeignet ausgewählt worden. Hierzu wurden die Eigenschaften unterschiedlichster Content-Managementsysteme mit dem Ausgang des zuvor abgeleiteten House of Quality verglichen.

4.6.3.4 Das Framework Zikula

Im Folgenden soll die Funktionalität des für die Arbeit als Basis dienende Framework „Zikula“ [ZIK09] vorgestellt werden. Zikula ist aus dem Content-Managementsystem „Postnuke“ [GOS05] hervorgegangen. Die Entwickler der Open Source Gemeinschaft bezeichnen es als frei verfügbares Framework mit Benutzerverwaltung und Templating System. Es dient damit als Basis, um eigene Systeme aufzubauen. Es sind bereits einige Module vorhanden, um ein rudimentäres Content-Managementsystem zu generieren. Dazu gehören Module zur Veröffentlichung von Informationen, Gästebücher oder Foren.

Wenn Module integriert werden, greifen sie auf die übergeordnete Rechte- und Benutzerverwaltung zurück. D. h. es kann mittels eines einheitlichen Rechte- bzw. Nutzermoduls administriert werden, welche Personen welche Rechte bekommen. Für den Nutzer selbst bedeutet dies, dass er sich nach dem einmaligen Einloggen (Single-Sign-On) frei im System bewegen und in Abhängigkeit seiner Rolle unterschiedliche Dinge ausführen kann.

Dabei dient die Rechteverwaltung auch dazu, die Bedienbarkeit des Systems zu optimieren. Zum Beispiel ist es möglich, Module und die Verknüpfungen zu den Modulen, zu denen der Nutzer keinen Zugriff hat, auszublenden. Damit bekommt der Nutzer auch nur die Funktionen angezeigt, die er auch wirklich verwenden darf.

Über die vorhandene Programmierschnittstelle (API) können weitere eigene Module generiert werden, um die gewünschten Funktionalitäten in Abhängigkeit der Anforderungen zu erstellen.

Die folgende Abbildung zeigt die Architektur von Zikula auf:

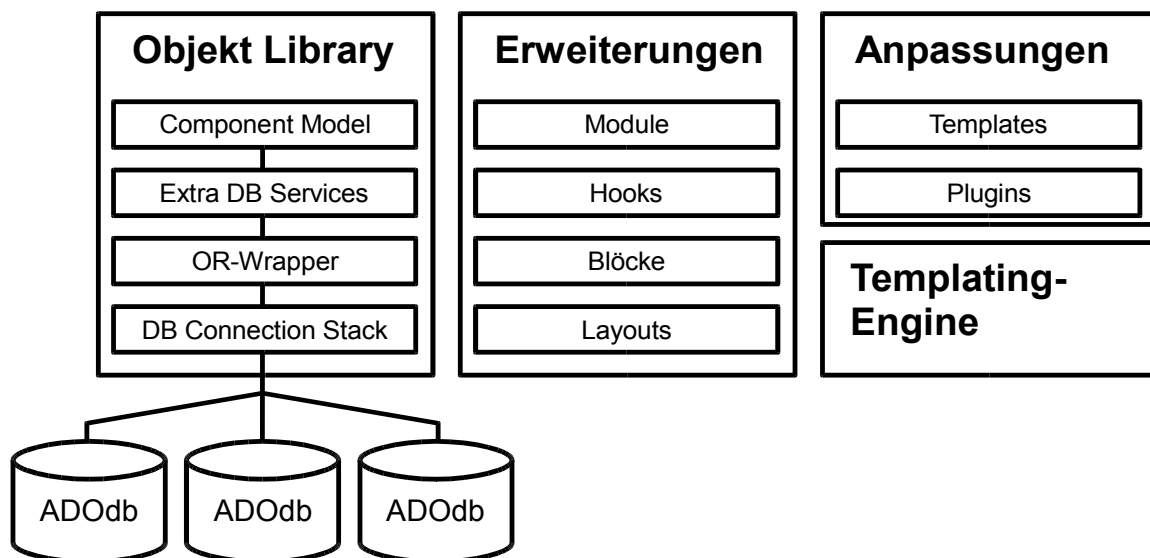


Abbildung 4.18: Architektur von Zikula [ZIK09]

Auf der linken Seite ist zunächst die Objektbibliothek zu erkennen. Sie unterstützt die Programmierer mit der Bereitstellung von Kernkomponenten, die immer wieder bei der Erstellung von Internetapplikationen benötigt werden. Dazu gehören Klassen zur Datenbankanbindung. Die Programmierer müssen sich nur noch in Spezialfällen mit einer Datenbanksprache, wie z. B. SQL, auseinandersetzen. Bei den gängigen Aufgaben können Sie auf die Ressourcen von Zikula zurückgreifen.

Ergänzend hierzu wird die Abstraktionsbibliothek ADODB verwendet. ADODB erlaubt eine Programmierung auf einer datenbankübergreifenden Ebene. Der Code kann so mit verschiedenen Datenbanksystemen zum Einsatz kommen. Dadurch erhöht sich die Flexibilität des Systems we-

sentlich. Es wird vor Allem einfacher, das System auf Servern mit unterschiedlichen Datenbankmanagementsystemen einzusetzen [ROS03], S.42, 43.

Über die Klasse DB Connection Stack wird die parallele Anbindung mehrerer Datenbanken ermöglicht, um z. B. externe Inhalte zur Verfügung zu stellen.

Das System lässt sich über Module, Hooks, Blöcke und Layouts erweitern. Module sind einzelne kleine Programme, die wiederum auf andere Module zurückgreifen und auf den Zikula-Kernfunktionen aufbauen. Durch die Offenlegung der Programmierschnittstellen ist die Erarbeitung eigener Module unter Berücksichtigung der Kernfunktionen möglich. Hooks sind Modul-Funktionen, die auf Ereignisse in anderen Modulen reagieren. Somit wird die Zusammenarbeit zwischen den Modulen realisierbar, ohne dass sie explizit aufeinander abgestimmt werden müssen [GOS05], S. 48. Die Hooks fungieren dabei als in Grenzen frei verwendbare und von den Programmierern zu definierenden Schnittstellen.

Blöcke sind die kleinsten, frei positionierbaren Einheiten, die Zikula darstellen kann [GOS05], S. 31. Innerhalb der Layouts stehen für die Blöcke die drei Positionen links, Mitte und rechts zur Verfügung. Es existieren so genannte „autarke Blöcke“ mit überschaubaren eigenen Funktionsumfang und „Modulblöcke“, die nur in Verbindung mit dem dazugehörigen Modul arbeiten. Das entsprechende Modul nutzt sie, um z. B. Inhalte an einer speziellen Stelle anzuzeigen oder Eingaben durch den Nutzer zu ermöglichen. In der Blocksteuerung wird die Anordnung der einzelnen Elemente administriert.

Für das Layout selbst sind die „Themes“ verantwortlich. Die folgende Abbildung zeigt eine mögliche Aufteilung des Layouts durch derartigen Themes:

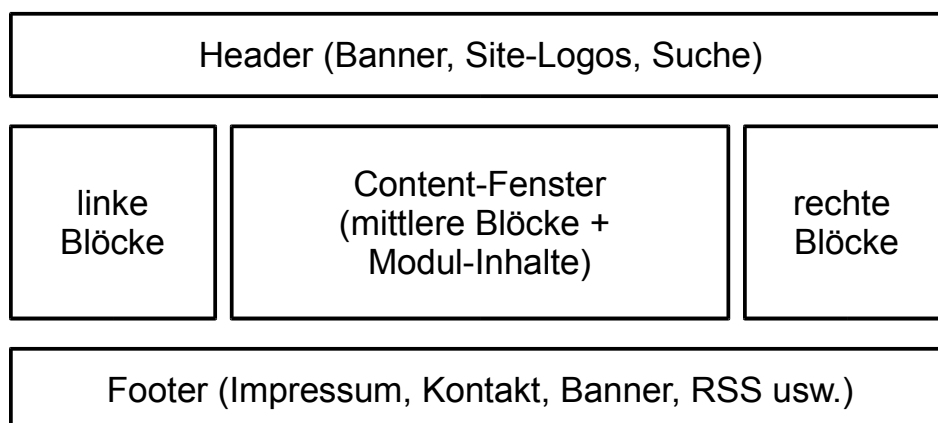


Abbildung 4.19: Aufbau eines Themes in Zikula

Im Theme sind Platzhalter für die einzelnen Blöcke definiert. Diese Definition erfolgt mittels eines übergeordneten Master-Templates. Darüber hinaus wird in untergeordneten Templates das Aussehen der einzelnen Blöcke in Abhängigkeit ihrer Lage (links, Mitte, rechts) beschrieben. Die Ordnerstruktur ist weitestgehend vorgegeben. Daher können Änderungen an Themes nach einer einmaligen Einarbeitung leicht vorgenommen bzw. neue Themes aufbauend auf der standardisierten Struktur angelegt werden.

Die Themes lassen sich im Administrationsbereich nach der Installation umschalten. Alle Inhalte bleiben hierbei bestehen. Es ändert sich lediglich die Optik des Systems. Dadurch kann das Aussehen völlig unabhängig von den Inhalten entwickelt werden.

Der große Vorteil eines Frameworks wie Zikula ergibt sich insbesondere durch die einheitliche Administration. Die Einstellungen können im Backend über eine grafische Benutzeroberfläche vorgenommen werden, wie Abbildung 4.20 zeigt. Alle Module können einzeln aktiviert, deaktiviert und administriert werden. Dadurch ist die Pflege des Systems sehr einfach.

Module

[Ansicht | Liste mit Dateisystem abgleichen | Konfiguration modifizieren]

Ansicht 

[A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z]

Name	Anzeigename	Beschreibung	Verzeichnis	Version	Status	Aktionen
Admin	Admin	Provides the site's Admin Panel, and the ability to configure and manage it.	Admin	1.4	● Aktiv	  
Admin_Messages	Admin_Messages	Provides a system for displaying automated messages from the administrator in the site's pages, and an interface for managing and scheduling them.	Admin_Messages	2.0	● Aktiv	  

Abbildung 4.20: Modulverwaltung im Framework Zikula

Die Anordnung der Inhaltsinformationen wird durch die Blocksteuerung realisiert. Sie ermöglicht an einer zentralen Stelle, die Einstellungen an den Blöcken vorzunehmen. Die folgende Abbildung zeigt die Administration eines vorgefertigten Menüblocks. In diesem können weitere Einträge in verschiedenen Sprachen vorgenommen werden. Die eingefügten Links beziehen sich auf interne Module des Systems oder externe Seiten. Darüber hinaus kann in der Blocksteuerung definiert werden, an welcher Stelle innerhalb des Layouts die Inhaltsinformationen angezeigt werden. Dadurch übernimmt die Blocksteuerung eine zentrale Bedeutung innerhalb des gesamten Systems.

Die Einstellung der Rechte erfolgt über das Modul „Permissions“ (Abbildung 4.21), welches auch über die allgemeine Administration zugänglich ist. Die Rechteverwaltung stellt eine Liste dar, in der entweder die einzelnen Nutzer oder ganze Gruppen aufgeführt und mit Rechten versehen werden. Dazu stehen die neun Definitionen

- Keine Rechte
- Übersicht
- Lesen
- Kommentieren
- Moderieren
- Editieren
- Hinzufügen
- Löschen und
- Administrieren

zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um vorbestimmte Begriffe, die von den Programmierern der Blöcke und Module eingesetzt werden können. Sie definieren in ihren Unterprogrammen, welcher der Begriffe mit welchen ganz konkreten Rechten verbunden ist. Die Vergabe innerhalb der Blöcke und Module sollte möglichst so stattfinden, dass die Begriffe intuitiv zu verstehen sind. Über die Auswahl der „Komponente“ und „Instanz“ wird eine Einschränkung auf Teilbereiche der einzelnen Module oder Blöcke vorgenommen. Ein einfaches Beispiel ist ein Menü, bei dem verschiedene Gruppen unterschiedliche Einträge angezeigt bekommen. Für jeden einzelnen Menüeintrag kann eingestellt werden, wer ihn sehen darf. So ist es möglich, personenspezifische Ansichten zu realisieren.

Zugriffsrechte anzeigen



Die Zugriffsrechte können via "Drag and Drop" sortiert werden. Die Reihenfolge ist sofort gültig. Die in der Konfiguration definierte generische Admin-Berechtigung (in der Liste hervorgehoben) ist **fixiert**, kann also nicht editiert, verschoben oder gelöscht werden. Falls notwendig die Freigabe in der Konfiguration erteilen.

Zugriffsrecht hinzufügen Alle Gruppen Filter

Gruppe	Komponente	Instanz	Zugriffsrecht	Optionen
(1) Administrators	.*	.*	Administrieren	
Gäste (10)	ExtendedMenublock::	9:0:	Keine Rechte	
Gäste (11)	ExtendedMenublock::	6:	Keine Rechte	
Users (12)	ExtendedMenublock::	15:1:	Keine Rechte	
(6) autor	Wissensspeicher.*	.*	Kommentieren	

Abbildung 4.21: Einstellung von Berechtigungen in Zikula

4.6.3.5 Anbindung an das ActiveDirectory

Gerade in Intranetumgebungen wird es zunehmend gewünscht, externe Berechtigungssysteme anzubinden. In einem auf Windows basierenden System, bei dem innerhalb eines Firmennetzwerkes ein Domainserver zur Verwaltung der Ressourcen und Berechtigungen eingesetzt wird, meldet sich jeder Nutzer einmalig an, um danach auf die für ihn freigegebenen Ordner oder Drucker zuzugreifen. Eine Verbindung mit einer Termin- und Emailverwaltung, z. B. über den Microsoft Exchange Server[®], oder mit einer Dokumentenverwaltung, z. B. über den Microsoft SharePoint-Server[®], ist ebenfalls seit längerer Zeit Stand der Technik [JOO08]. Schwierigkeiten bereitet oft die Anbindung von auf Internettechniken basierenden Portalen. Um diesen Bruch innerhalb der Systeme zu beseitigen und ein durchgängiges Single-Sign-On zu ermöglichen, ist das Framework Zikula für den Zugriff auf ein externes ActiveDirectory vorbereitet. Hierbei wird das LDAP-Protokoll verwendet, um die Nutzerdaten und Passwörter auszutauschen [KLU07].

4.6.3.6 Datenbankstruktur

Im nächsten Schritt wird die Struktur der Datenbank aufgestellt, die im Rahmen der Arbeit aufgegriffen und erweitert wird. Im Allgemeinen wäre es nicht sinnvoll, die Datenbank des Frameworks von der des Moduls „Wissensspeicher“ trennen. Dies würde einen Datenaustausch erschweren. Außerdem wird auch das Modul „Wissensspeicher“ auf Datenbanktabellen des Frameworks zurückgreifen. So übernimmt das Framework in der zu erstellenden Gesamtlösung beispielsweise alle Aufgaben der Nutzerregistrierung und -verwaltung. Es speichert alle Daten zu den Nutzern folglich auch in seiner Datenbank ab. Das Modul „Wissensspeicher“ benötigt diese Informationen später, um zu entscheiden, ob der Benutzer berechtigt ist, Inhalte zu lesen oder zu veröffentlichen. Das Modul entnimmt auch die Kontaktdaten den grundlegenden Tabellen von Zikula, wenn es eine Benachrichtigungsemail verschickt. Die Liste an Verknüpfungen zu anderen Modulen kann nahezu beliebig weitergeführt werden, so dass hier bereits die Vorteile einer gemeinsamen Datenhaltung sichtbar wird.

Die Abbildung 4.22 zeigt exemplarisch die Verknüpfung einiger wesentlichen Tabellen des Moduls „Wissensspeicher“ untereinander und zur restlichen Datenbank des Frameworks Zikula auf. Hierbei

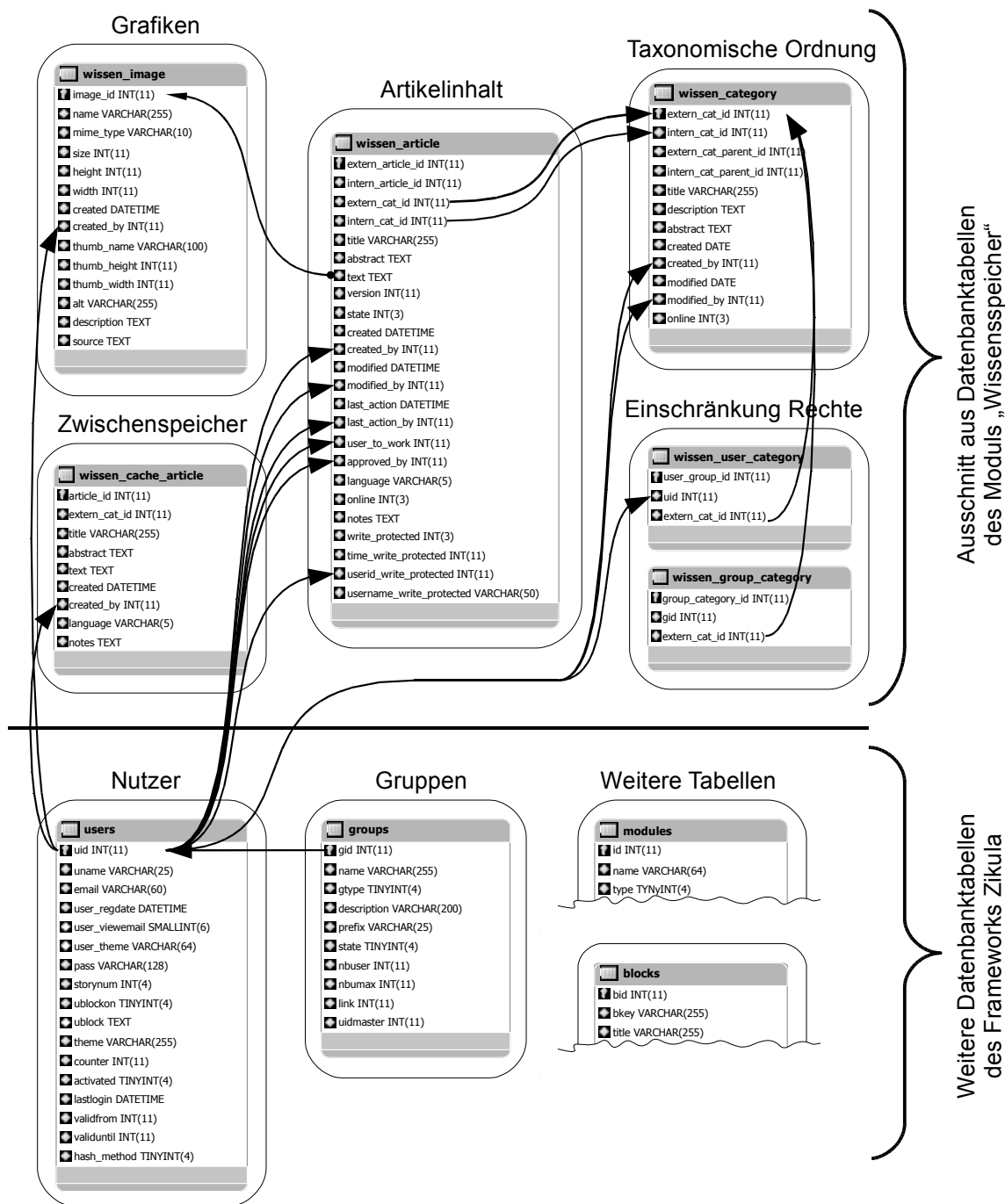


Abbildung 4.22: Datenbanktabelle des Moduls "Wissenspeicher"

ist nur ein kleiner exemplarischer Ausschnitt dargestellt. Alleine die Grundinstallation des Frameworks Zikula verwendet aktuell 55 Datenbanktabellen.

Die fünf dargestellten Tabellen bilden den Kernbereich des Wissensspeichers. Sie wurden im Rahmen des Vorhabens vollständig neu entwickelt. Jede Tabelle verfügt über eine eindeutig zuordbare primäre ID. Sie ist jeweils als erster Gliederungspunkt mit einer vorangestellten gelben Glühbirne dargestellt. Die ID ist der eindeutig Bezeichner jedes Datensatzes. Jede ID darf daher nur einmal verwendet werden. Im vorliegenden Beispiel kommen ganze Zahlen zum Einsatz, die von Datensatz zu Datensatz um eins erhöht werden.

Die Tabelle „wissen_article“ speichert später die eigentlichen Inhalte ab. Daher bildet sie das Zentrum der Datenbanktabellen des Wissensspeichers. Als Besonderheit besitzt sie neben der primären

ID „extern_article_id“ die weitere ID „intern_article_id“. Damit wird dem Betrieb von voneinander unabhängigen Systemen, eine wesentliche Neuerung des zu entwickelnden Systems, Rechnung getragen. Die Bezeichnung „extern“ und „intern“ zielt hierbei auf den Betrieb eines öffentlichen Portals und eines Intranetsystem ab. Da die Systeme unabhängig voneinander ohne Datenaustausch in Echtzeit zum Einsatz kommen sollen, müssen auch die eindeutigen Bezeichner voneinander getrennt werden, um eine Unterscheidung bei der Zusammenführung der Daten zu ermöglichen.

Der gleiche Grundsatz wird auch bei der Realisierung der taxonomischen Ordnung verwendet. Es existiert jeweils eine „extern_cat_id“ und „intern_cat_id“ sowie „extern_cat_parent_id“ und „intern_cat_parent_id“, d. h. es sind alle für die Gliederung erforderlichen Werte unabhängig voneinander sowohl im externen als auch im internen System vorhanden. Dadurch ist es auch möglich, zwei voneinander unabhängige Gliederungen zu verwenden, in welcher dieselben Artikel eingeordnet sind. Dabei sind die „extern_cat_id“ und die „intern_cat_id“ jeweils der eindeutige Bezeichner der Kategorie selbst. Die „extern_cat_parent_id“ und „intern_cat_parent_id“ kennzeichnen die nächste übergeordnete Kategorie, um eine Baumstruktur zu erzeugen.

Die Datenbankfelder „title“, „abstract“ und „text“ der Tabelle „wissen_article“ haben die Aufgabe, die einzubringenden Inhalte selbst zu speichern. Die weiteren dargestellten Felder werden verwendet, um die Autoren und zusätzlichen späteren Bearbeiter abzuliegen, sowie den Status abzubilden.

Im bereits behandelten Datenbankfeld „text“ ist der Inhalt der Wissensartikel im HTML-Code abgelegt. Dabei sind Verweise auf Grafiken möglich. Die Grafiken werden im HTML-Code wieder mit einer ID (image_id) gekennzeichnet, wodurch eine eindeutige Verknüpfung zur Tabelle wissen_image hergestellt ist. Diese Tabelle enthält sämtliche Daten aller verwendeter Bilder. Dazu gehören neben dem Namen das Dateiformat, die Abmessungen, die Person, die das Bild auf den Server geladen hat, Informationen zum Vorschaubild, eine Beschreibung sowie die Quellenangabe. Die Bilder selbst sind in der Dateistruktur in einem vorgegebenen Ordner gespeichert. Dabei entspricht der Dateiname der ID. Bei den Vorschaubildern wird der ID das Suffix „_thumb“ nachgestellt, so das mit den Informationen in der Datenbank alle Bilder eindeutig aufgerufen werden können.

Die Tabelle „wissen_cache_article“ realisiert einen Zwischenspeicher von Wissensartikeln. Die Nutzer sollen die Möglichkeit bekommen, ihre Artikel abzuspeichern, bis sie sie zur Freigabe weiter geben. In diesem Stadium stehen die Inhalte lediglich dem erzeugenden Nutzer selbst zur Verfügung. Daher ist auch die Datenbanktabelle von der Tabelle der öffentlichen Artikelinhalte getrennt.

Die Tabellen „wissen_user_category“ und „wissen_group_category“ sind eine eigene Weiterentwicklung des vorhandenen Rechtessystems. Sie schränken die Rechte der Nutzer für Teilbereiche des Systems weiter ein. Zikula selbst vergibt die Rechte für das Modul „Wissensspeicher“ derzeit global. Wird einem Nutzer eine bestimmte Rolle zugewiesen, so besitzt er diese für alle Kategorien des Moduls. Dies stellt derzeit auch die Grundeinstellung des Systems dar. Sollen die Berechtigungen jedoch auf gewisse inhaltliche Teilbereiche eingeschränkt werden, so finden die beiden ergänzten Tabellen „wissen_user_category“ und „wissen_group_category“ Verwendung. Sie beziehen einzelne Nutzer bzw. Nutzergruppen auf gewisse Kategorien, um deren Berechtigungen inhaltlich einzuschränken.

In der Abbildung 4.22 werden auch zahlreiche Verknüpfungen des selbstständig entwickelten Systems zu den weiteren Datenbanktabellen des Frameworks Zikula deutlich. Da das Framework den Unterbau des Systems darstellt, greift das Modul „Wissensspeicher“ auch auf möglichst viele Informationen in den bereits vorhandenen Datenbanktabellen zurück. Im Ausschnitt der Abbildung 4.22 ist die Verbindung zu den Tabellen „users“ und „groups“ visualisiert. Die beiden Tabellen speichern

die Nutzer des Portals mit allen persönlichen Daten und die Zusammenfassung der Nutzer zu Gruppen mit bestimmten Rechten. Das Modul „Wissensspeicher“ verknüpft die Informationen mit den selbst erstellten. So wird beispielsweise die ID für die Nutzer (uid) in jeder Tabelle des Wissensspeichers mindestens einmal direkt oder indirekt verwendet. In der Tabelle „wissen_image“ stellt die ID die Verknüpfung zum Nutzer her, der das Bild auf den Server geladen hat. So können dem Nutzer seine eigenen Bilder für seine Artikel zur Verfügung gestellt werden. In der Tabelle „wissen_cache_article“ werden die zwischengespeicherten Artikel den erstellenden Nutzern zugewiesen. Aufgrund der Abbildung des Workflows enthält die Tabelle „wissen_article“ sechs Verknüpfungen. Sie dokumentiert auf diese Weise

- wer den Artikel angelegt hat,
- wer ihn als letztes modifiziert hat
- wer ihn zuletzt weitergegeben hat
- wer ihn als nächstes im Freigabeprozess vorgelegt bekommt
- wer ihn freigegeben hat und
- wer einen Schreibschutz vergeben hat.

In der Tabelle „wissen_category“ existiert eine Verknüpfung zur Person, die die Kategorie angelegt und die die Kategorie modifiziert hat. Die Tabelle „wissen_user_category“ greift auf die Nutzer ID zurück, um die Kategorien mit den Nutzern zu verbinden. Bei der Tabelle „wissen_group_category“ geschieht dasselbe über den Umweg der Gruppenzugehörigkeit (Tabelle „groups“).

Das dargestellte Beispiel macht bereits die umfangreiche Verzahnung des Frameworks als Basis mit dem selbst entwickelten Modul „Wissensspeicher“ auf der Ebene der Datenbank deutlich. Es bestehen viele weitere Verknüpfungen, auf deren Darstellung im Rahmen dieser Arbeit verzichtet wird.

Alle Informationen des Systems werden ausschließlich in der Datenbank gespeichert. Die einzige Ausnahme ist die Ablage der Original- und Vorschaubilder in der Dateistruktur des Systems. Die einzelnen Dateien sind wiederum über die eindeutige Bild-ID mit den einzelnen Dateien verknüpft. Dieser Weg wurde bei der Umsetzung bewusst gewählt, um die speicherintensiven Bilddateien aus der Datenbank herauszunehmen und zusätzlich mit alternativen Programmen direkten Zugriff auf die Bilddateien zu bekommen. Technisch wäre es auch möglich gewesen, die kompletten Bilddateien in der Datenbank zu speichern.

4.6.3.7 Programmierung des Systems

Um die zuvor systematisch abgeleiteten Anforderungen an die Portalsoftware umzusetzen, wird das Modul Wissensspeicher programmiert. Dieses Modul nutzt die allgemeine Programmierschnittstelle (API) des Frameworks Zikula, damit die bereitgestellten Grundfunktionalitäten optimal verwendet werden können, so dass sich die Programmierarbeit auf die Erfüllung der wesentlichen Anforderungen entsprechend dem Ausgang des House of Quality beschränkt.

Im Folgenden sind zunächst die wesentlichen Funktionalitäten und das Erscheinungsbild des umgesetzten Moduls dargestellt. Es wird exemplarisch aufgezeigt, wie der Ablauf der Inhaltsgenerierung bei einem Workflow nach dem Vier-Augen-Prinzip aussehen kann.

Anschließend wird erläutert, wie die geforderten Portalmerkmale im Einzelnen umgesetzt werden.

Exemplarische Inhaltsgenerierung nach dem Vier-Augen-Prinzip

Die Abbildung des Workflows bei der Inhaltsgenerierung ist mit den Pilotusern umfassend diskutiert worden. Sowohl für das öffentliche Portal als auch die Intranetversion wird eine maximale Flexibilität gewünscht, um einen allgemeinen Einsatz der Portalsoftware zu ermöglichen. Daher wird im Vorhaben eine Workflowengine erstellt. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass zunächst alle Pilotuser in der Grundeinstellung das Vier-Augen-Prinzip wünschen.

Beim gemeinsam entwickelten Vier-Augen-Prinzip haben zwei Personen dem Inhalt zustimmen, bevor er veröffentlicht wird. In der Grundeinstellung muss dabei die zweite Person mindestens den Status „Moderator“ besitzen, d. h. es ist gleichzeitig eine gewisse Hierarchie vorhanden. Beide beteiligte Personen haben das Recht, den Inhalt zu verändern. Grundsätzlich besteht bei vorgenommenen Änderungen jedoch kein Recht mehr, den Inhalt zu veröffentlichen. Somit wird verhindert, dass ein Moderator einen Artikel abändert und dann direkt veröffentlicht. In diesem Falle würde unter dem Namen des Autors ein Text publiziert, den dieser mitunter als verfälscht und in seiner Aussage abgeändert ansieht. Daher müssen beide Personen grundsätzlich dem gleichen Text zustimmen, und der Moderator darf nur veröffentlichen, wenn er den Text des Autors unverändert belässt. Die Abbildung 4.23 zeigt exemplarisch alle möglichen Wege des gemeinsam entwickelten Vier-Augen-Prinzips auf:

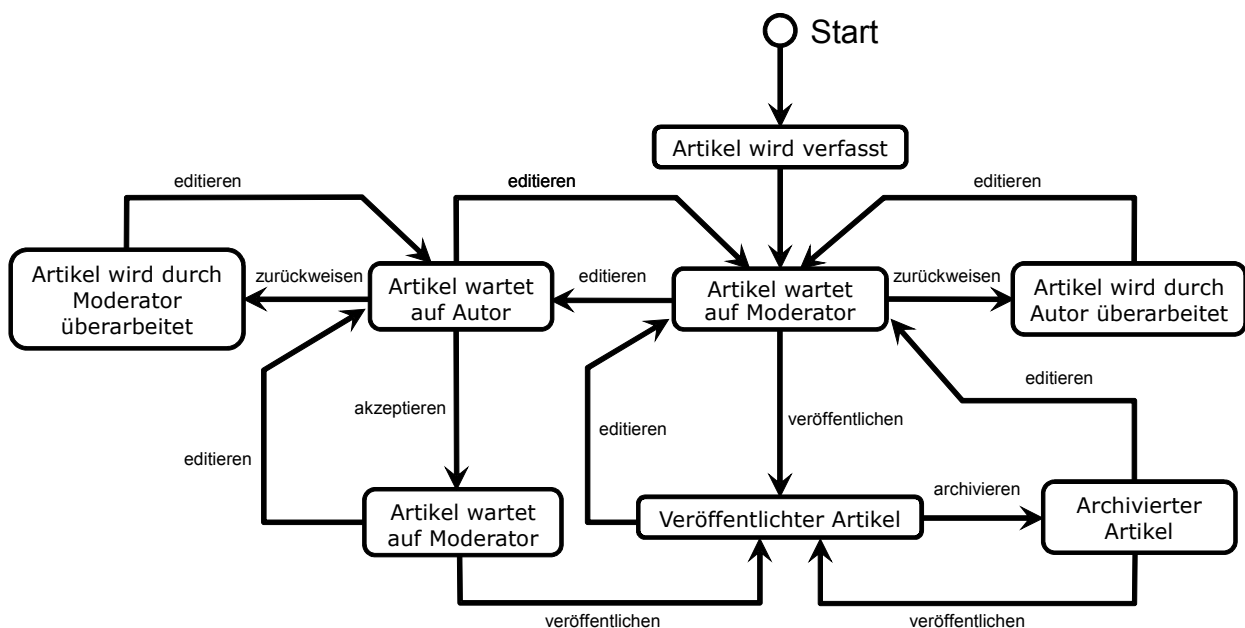


Abbildung 4.23: Workflow nach dem Vier-Augen-Prinzip

In der konkreten Ausgestaltung des Portals stellt sich die Vorgehensweise wie folgt dar: Zunächst sieht jeder Nutzer, der sich noch nicht am System angemeldet hat, einen Eingangsbildschirm mit den allgemeinen Funktionen des Portals. Er darf die ungeschützten Inhalte einsehen und Recherchen in der Datenbank des Systems durchführen.

Der Eingangsbildschirm wurde vollständig neu entwickelt. Nach der Anmeldung am System stehen weitere Funktionalitäten zur Verfügung. Der Eingangsbildschirm erweitert sich und es erscheinen zusätzliche speziell implementierte Funktionsblöcke, wie die Abbildung 4.25 zeigt.

Home | News | Kontakt | Impressum

Hauptmenü
Home
Nutzerhinweise
Inhalte einstellen
Autorenkodex
Publikationen
Links

Artikel
Artikel lesen

Anmeldung
für Autoren
für Hersteller

Auswahlsystem
Suchen Sie geeignete Reinigungsverfahren, Anlagen oder Reinigungsmittel für Ihre konkrete Aufgabenstellung.

Datenbanksuche
Durchsuchen sie die Datenbank nach Anbietern, Reinigungsanlagen und -mitteln oder Beispielen gereinigter Teile.

Wissensspeicher
Umfassendes Online-Lexikon zur industriellen Bauteilreinigung.

Projektinfos
Das vorliegende System wird im Rahmen eines Forschungsprojektes am Fachgebiet Maschinenelemente der Technischen Universität Dortmund entwickelt.

Suche
Suchen

Rechtliche Hinweise:
Weder die Universität Dortmund, noch das BMWi oder die am Projekt beteiligten Unternehmen haften in irgendeiner Weise für die Richtigkeit oder Vollständigkeit der in diesem System gegebenen Informationen.

Bauteilreinigung is powered by PostNuke

Abbildung 4.24: Eingangsbildschirm des Portals

Auf der linken Seite werden dem Nutzer seine Rechte angezeigt. In diesem dargestellten Beispiel hat sich eine Person angemeldet, die die Rolle „Autor“ besitzt. Dies wird zum einen durch das entsprechende Piktogramm deutlich. Ergänzend dazu werden die Rechte „Artikel schreiben“ und „Artikel ändern“ angezeigt. Zusätzlich erscheint ein Block „Eigener Account“ zum Verwalten der persönlichen Einstellungen. Der Block „Artikel“ enthält einen Link zum Erstellen eigener neuer Wissensartikel. Gleichzeitig verfügt ein Autor nach dem Anmelden über die Möglichkeit, vorhandene Artikel zu ändern.

Auf der rechten Seite werden der Inhalt des Zwischenspeichers, der Status von weitergebenden Wissensartikeln und vorhandene Kommentare visualisiert. Die Kommentare beziehen sich auf Artikel, die der Autor zur Veröffentlichung weitergeben hat. Die begutachtende Person kann auf diese Weise Bemerkungen und Metainformationen zu den Inhalten übermitteln.

Nach dem Anwählen des Links „Artikel verfassen“ erscheint die Eingabemaske für die Inhalte. Am oberen Rand der Eingabemaske ist ein entwickeltes Piktogramm erkennbar, welches die Möglichkeiten des Autors visualisiert. Er darf im konkreten Fall seinen Inhalt zur Überprüfung an einen Moderator weiter geben.

Als erstes wählt der Autor die Kategorie seines Artikels aus der taxonomischen Struktur aus. Diese Struktur kann von den Moderatoren und Administratoren des Systems komfortabel über ein Menü verändert werden, um die dauerhafte Übersichtlichkeit des Systems sicher zu stellen. Anschließend

Abbildung 4.25: Erweiterter Eingangsbildschirm des Portals

verfasst der Autor eine Zusammenfassung seines Artikels. Bei dieser Zusammenfassung besteht keine Möglichkeit der Formatierung. Es handelt sich um reinen Text, damit die Voransichten der Inhalte ein einheitliches Erscheinungsbild aufweisen.

Danach steht ein Editor zum Eingeben des eigentlichen Artikels zur Verfügung, wie die Abbildung 4.26 zeigt. Der Onlineeditor basiert auf JavaScript, einer klientenseitigen Scriptsprache. Durch die Interpretation des Codes über den Browser des Nutzers gelingt eine Auswertung ohne zeitliche Verzögerung. Der Nutzer sieht die Änderungen, die er vornimmt, direkt in Echtzeit. Er kann zum Beispiel Textpassagen markieren, um sie zu formatieren oder auszuschneiden. Dadurch wird eine deutlich einfachere Bedienung möglich, als sie mit herkömmlichen Wikisystemen möglich ist

Insbesondere müssen sich die Nutzer, die gängige Textverarbeitungen kennen, kaum umstellen. Der Editor ist im Rahmen des Vorhabens dahingehend optimiert worden, den Einarbeitungsaufwand zu minimieren. Der Editor verfügt ergänzend hierzu über die Möglichkeit, Inhalte aus Microsoft Word® oder einer Tabellenkalkulation einzufügen. Dazu werden die Formatierungszeichen der Programme in die des Onlineeditors überführt, um eine vergleichbare Darstellung ohne manuelle Nacharbeit zu realisieren.

Die auswählbaren Textstrukturierungselemente, wie z. B. Überschriften, sind beim Editor fest vorgegeben, damit die Artikel die gleiche Optik besitzen.

Inhalt:



Bei der Plasmareinigung handelt es sich um ein trockenes, berührungsloses, nicht abrasives Reinigungsverfahren, mit dem höchste Reinigungsqualitäten erzielt werden können. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass die zu entfernenden Schmutzschichten nur sehr dünn sind. In der Regel wird die Plasmareinigung daher als abschließender Fein- oder Feinstreinigungsschritt in mehrstufigen Reinigungsabläufen eingesetzt.



Atmosphärische Plasmabehandlung eines Metallringes: [Tigres](#)

Abbildung 4.26: Onlineditor des Portals

Die Darstellung ist hierbei über CSS (Cascading Style Sheets) realisiert. Diese ermöglichen eine optimale Platzierung aller Inhaltselemente und alternative Darstellungen für verschiedene Ausgabegeräte, so dass zum Beispiel auch ein ideales Ausdrucken möglich ist. Das Konzept ist bei der gesamten Ausarbeitung des Portals systematisch umgesetzt worden.

Zum Einfügen von Bildern steht ein speziell für den Wissensspeicher entwickeltes Menü zur Verfügung, mit dem der Nutzer seine lokal gespeicherten Dateien auf den Server aufspielt. Das System ist in der Lage, die Bilder in Auflösungen zu wandeln, die für die Anzeige im Internet sinnvoll sind. Gleichzeitig bietet es, wie in der Abbildung 4.28 dargestellt, rudimentäre Bearbeitungsfunktionen wie z. B. das Ändern der Größe, das Zuschneiden oder Rotieren.

Nach dem Fertigstellen eines Artikels hat der Nutzer über entsprechende Buttons die Möglichkeit, sich eine Vorschau des Artikels anzuschauen, den Artikel zwischenspeichern oder ihn zur Überprüfung abzuschicken. Leitet er den Artikel weiter, wird er hierüber auf dem Bildschirm und per Email informiert. Hierfür wurde ein spezielles selbst entwickeltes Benachrichtigungssystem umgesetzt.

Die zuständigen Moderatoren erhalten gleichzeitig eine Email. Außerdem erscheint die Warteliste als Block auf der rechten Seite des Eingangsbildschirmes. So ist auf den ersten Blick erkennbar, wie viele Artikel der Moderator selbst an andere Nutzer zur weiteren Bearbeitung weitergeleitet, wie viele er zwischengespeichert, wie viele er bereits veröffentlicht und wie viele er archiviert hat. Er verfügt über die Möglichkeit, sich die jeweiligen Inhalte anzeigen zu lassen. Dies gilt im Besonderen für die zu bearbeitenden Artikel, in diesem Fall für den vom Autor zur Veröffentlichung eingereichten. Er hätte nun das Recht, den Inhalt direkt zu veröffentlichen, da dies dem Zwei-Au-

gen-Prinzip entspräche, oder dem Autor geändert zurückzusenden. Dies wird ihm wiederum durch ein dafür entwickeltes Piktogramm visualisiert:



Abbildung 4.27: Piktogramm Workflow

Wenn der Moderator Änderungen vornehmen möchte, so erscheint für ihn die gleiche Eingabemaske wie vorher für den Autor. Hierdurch wird der Button zum Veröffentlichen gesperrt, und es ist nur noch möglich, den geänderten Text an den Autor zurückzusenden. Dabei können optional Kommentare mit Hinweisen eingepflegt werden. Die Kommentare werden dem Autor dann in einem weiteren entwickelten Informationsblock angezeigt.

Der Autor akzeptiert im nächsten Schritt entweder die Änderungen des Moderators oder nimmt weitere Anpassungen vor. Im Anschluss bekommt der Moderator den Inhalt erneut vorgelegt, um ihn dann wieder mit weiteren Anmerkungen zurückzuschicken oder aber zu veröffentlichen. Beide Personen bekommen eine Email über die Veröffentlichung.

Die Beschreibung macht deutlich, dass selbst das Vier-Augen-Prinzip bereits zu vielen Einzelschritten führen kann. Die unterschiedlichen Informationsblöcke sollen es in kompakter Form

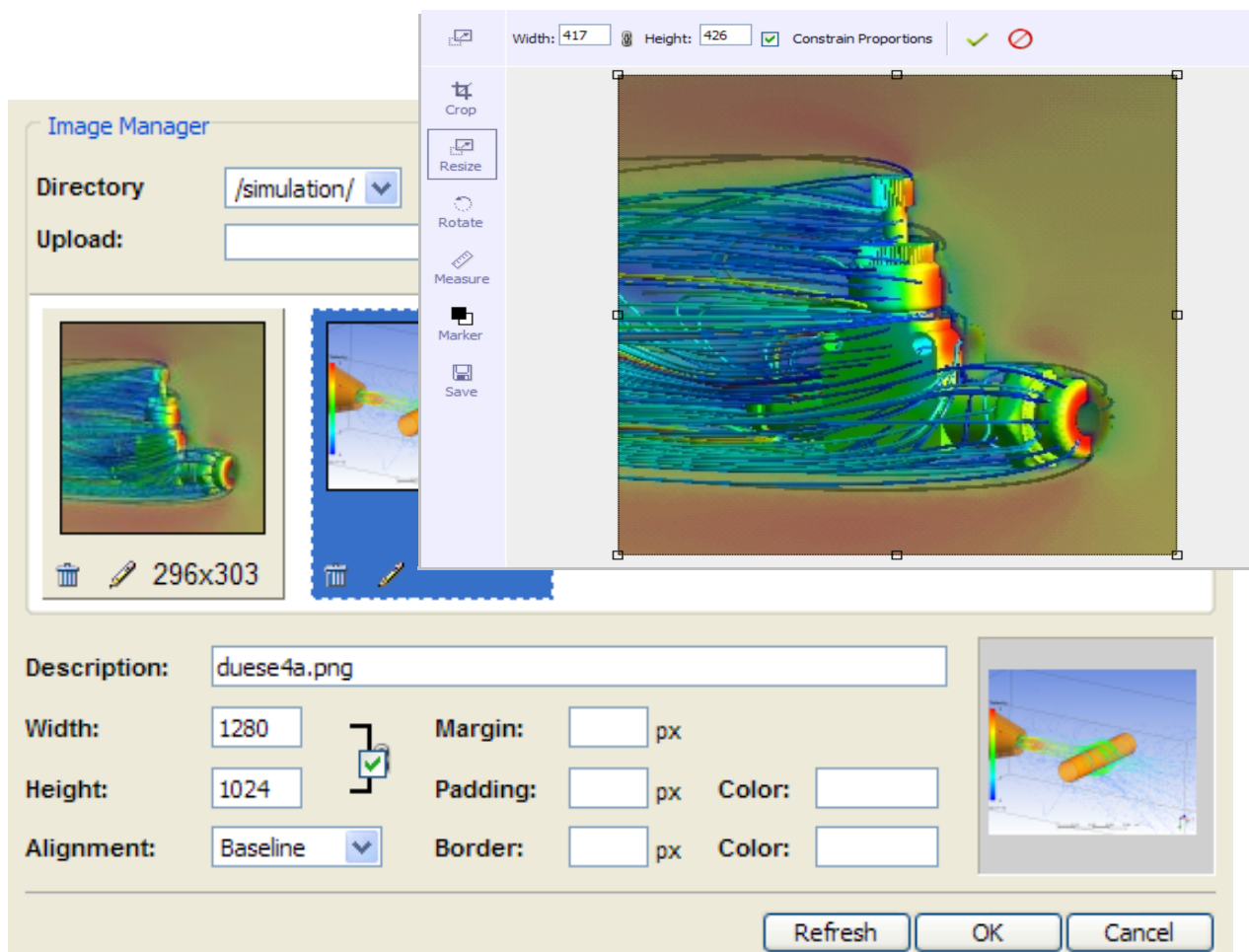


Abbildung 4.28: Bildbearbeitung innerhalb des Portals

Blöcke

[[Blöcke anzeigen](#) | [Block anlegen](#) | [Blockposition anlegen](#) | [Alle Blöcke zeigen](#) | [Konfiguration](#) [modifizieren](#)]

Blöcke anzeigen

Dies ist eine Liste aller im System befindlichen bzw. aktiven Blöcke (abhängig von der Option 'Alle Blöcke zeigen' oder 'Aktive Blöcke zeigen' im oberen Abschnitt dieser Seite). Diese Liste stellt nicht die Sortierung innerhalb der Blockpositionen dar. Um diese einzustellen, weiter nach unten scrollen (oder [hier](#) klicken) und dann eine Blockposition bearbeiten.







Titel	Modul	Name	Position(en)	Sprache	Status	Optionen
Main menu	Blocks	extmenu	left	Alle	● Aktiv	 
Languages	Blocks	thelang	left	Alle	● Aktiv	 
Administration Messages	Admin_Messages	messages	center	Alle	● Aktiv	 

Abbildung 4.29: Blockverwaltung des Portals

ermöglichen, die Übersicht zu behalten. Dazu werden immer nur die Informationen eingeblendet, die gerade relevant sind.

Das Erscheinungsbild ist über das allgemeine Backend des Frameworks und durch die Bearbeitung der im Vorhaben entwickelten Blocktemplates editierbar. Den Administratoren des Systems stehen über das Backend zahlreiche weitere Einstellmöglichkeiten zur Verfügung, die weit über die der Moderatoren hinausgehen. Ein Beispiel ist die Blockverwaltung (Abbildung 4.29), über die eingestellt werden kann, welche Anzeigeblocke aktiviert sind und an welcher Stelle sie erscheinen. Eine ähnliche Ansicht existiert auch für die Rechteverwaltung, bei welcher den Nutzergruppen verschiedene Rechte für die Blöcke und Module zugewiesen werden. Auf diese Weise können unter anderem Links oder ganze Blöcke ausgeblendet werden.

Die Administratoren haben zudem Zugriff auf die Nutzerverwaltung. Sie können alle Nutzer einsehen, deren Daten ändern und neue Nutzer anlegen. In der Grundeinstellung darf sich jede interessierte Person selbstständig im Portal registrieren. Dafür steht ein Dialog zur Verfügung, in dem der Nutzer seine Daten angeben und den Nutzungsbedingungen zustimmen muss. Anschließend erhält er eine Email mit einem Bestätigungscode, um die Authentizität zu überprüfen. Nach der Registrierung ist der Nutzer bereits in der Lage, das Portal durch einige Grundeinstellungen zu personalisieren. Ansonsten sind seine Rechte jedoch weiter beschränkt. Über die Nutzerverwaltung haben die Administratoren im Anschluss die Möglichkeit, den Nutzer in weitere Gruppen einzuordnen:

Benutzer bearbeiten: *Moderator*

Gruppen Mitgliedschaft

Gruppe	Mitglied
Administrators	<input type="checkbox"/>
autor	<input type="checkbox"/>
moderator	<input checked="" type="checkbox"/>
Users	<input checked="" type="checkbox"/>

Abbildung 4.30: Nutzerverwaltung des Portals

Innerhalb des Moduls „Wissensspeicher“ sind die Moderatoren und Administratoren zudem in der Lage, die Kategorien anzupassen. Hierzu können die Beschreibungen editiert und die Stellung der Kategorien zueinander variiert werden (Abbildung 4.31). Das externe System darf sich in seinen Kategorien von den internen unterscheiden. Die Datenbank ist auf die Abspeicherung beider Varianten vorbereitet.

Dasselbe Backend stellt auch ein Werkzeug bereit, um die weiteren Module des Frameworks Zikula zu administrieren. Dies ist ein wesentlicher Vorteil der Verwendung eines Frameworks. Werden weitere Funktionalitäten benötigt, bieten eventuell bereits verfügbaren Module sie an. Dabei kann auf gemeinsame Daten zurückgegriffen werden, so dass die Bedienung sehr effizient wird und sich die Nutzer nicht mehrfach registrieren müssen. Die Einstellungen können zentral vorgenommen werden. Soll beispielsweise über das Modul „Mail Users“ eine Rundmail verschickt werden, so wird auf dieselben Nutzerdaten zurückgegriffen, die auch der Wissensspeicher verwendet.

Umsetzung der geforderten Portalmerkmale

Im Folgenden wird die Umsetzung der fünfzehn geforderten Portalmerkmale (vgl. Kap. 4.5) durch das vollständig neu entwickelte Modul kurz erläutert:

Verwendung eines flexiblen Rechtemanagementsystems

Beim Rechtemanagementsystem wird auf das Framework zurückgegriffen. Über ein komfortables Menü werden die Regeln nach der Syntax GRUPPE | KOMPONENTE | INSTANZ | BERECHTIGUNG angegeben [ZUG09]. Die GRUPPE verwendet die Bezeichnung aus der Gruppenverwaltung und kennzeichnet damit, für welche Nutzer das Recht gilt. KOMPONENTE stellt die Verknüpfung zum Modul oder dem Block her. Weil es oft nicht ausreichend ist, ein Modul global zu betrachten, ist eine weitere Einschränkung über die Auswahl der INSTANZ möglich. Dies sind Teilbereiche von Modulen oder Blöcken, die beim Programmieren des Wissensspeichers definiert wurden. Zuletzt wird das eigentliche Recht festgelegt, das sich auf die vorher festgelegten Nutzer und Teilbereiche des Systems bezieht.

Das Modul „Wissensspeicher“ greift über die allgemeine Programmierschnittstelle auf das Rechtesystem zurück. Hierzu ist zum einen die Dateistruktur einzuhalten, die Zikula allgemein vorgibt. Zum anderen verwendet das Framework fest definierte Routinen [GOS05], S. 265 ff.

In Bezug auf das Rechtemanagementsystem existiert eine Routine (pnSecAddSchema), die das Sicherheitsschema des Moduls oder Blocks am Rechtemanagementsystem registriert und verfügbar macht. Weitere Routinen werden in den Code des eigenen Moduls eingepflegt, um zu überprüfen, ob der Nutzer die Erlaubnis hat, die Operationen auszuführen (pnSecAuthAction) oder um zum Beispiel über Autorisierungsschlüssel Formulareingaben abzusichern (pnSecConfirmAuthKey, pnSecGenAuthKey). Damit wird z. B. garantiert, dass die in der Datenbank abzuspeichernden Inhalte tatsächlich aus einem Formular stammen, das das System zur Verfügung gestellt hat, um auf diesem Wege Angriffe von Außen zu bannen.

Da ein noch umfassenderes Rechtemanagementsystem, welches unterschiedliche Rechte für unterschiedliche Themenbereiche mit einbezieht, gewünscht worden ist, können die Rechte noch detaillierter abgebildet werden, wozu zwei weitere Datenbanktabellen mit Zuordnungen der Nutzer bzw. Nutzergruppen zu den Themenbereichen zur Verfügung stehen.

Kategorien

Kategorie	Kategorieauszug	Kategoriebeschreibung	KategorieId	Optionen
Auswählen		Category not editable!	1	+
Grundlagen der Bauteilreinigung		Diese Kategorie beschäftigt sich mit den grundsätzlichen Zusammenhängen der Bauteilreinigung, wie den Normen zur Bauteilreinigung, dem Aufbau der Verschmutzungen, den Arten von Verschmutzungen, den Reinheitsgraden und den Testverfahren.	2	✎ - +
Reinigungsverfahren		Die Kategorie stellt die unterschiedlichen Reinigungsverfahren dar. Die Bandbreite erstreckt sich von den Nassverfahren über die Strahl- und mechanischen bis zu den thermischen Verfahren. Die Unterkategorie Sonderverfahren komplettiert die Übersicht.	3	✎ - +

Abbildung 4.31: Kategorienorganisation

Verwendung eines Frameworks mit Sprachumschaltung

Im Portal kann ein Block freigeschaltet werden, der eine Sprachumschaltung ermöglicht, wobei derzeit Deutsch und Englisch zur Verfügung stehen. Von technischer Seite ist die Erweiterung auf beliebig viele weitere Sprachen vorbereitet. Alle Bezeichnungen und Sätze innerhalb des Portals und alle Texte für Emailbenachrichtigungen sind bei der Realisierung als Variablen abgelegt worden. Die Anzeige der korrekten Begrifflichkeiten erzeugt das System, in dem es diese Variablen durch die Wörter ersetzt, die in einer Datei abgespeichert sind. Innerhalb dieser Datei wird für jede Variable der entsprechende Begriff definiert. Es können beliebig viele zusätzliche Ordner mit weiteren Sprachen ergänzt werden. Somit wird die gesamte Oberfläche mehrsprachig.

Im Bereich der Artikel wäre dieser Weg nicht zweckmäßig. Stattdessen wird dem gesamten Artikelinhalt beim Erstellen eine Sprache zugeordnet. Liegt derselbe Artikel in unterschiedlichen Sprachen vor, kann der Betrachter durch die Sprachauswahl eine Umschaltung vornehmen.

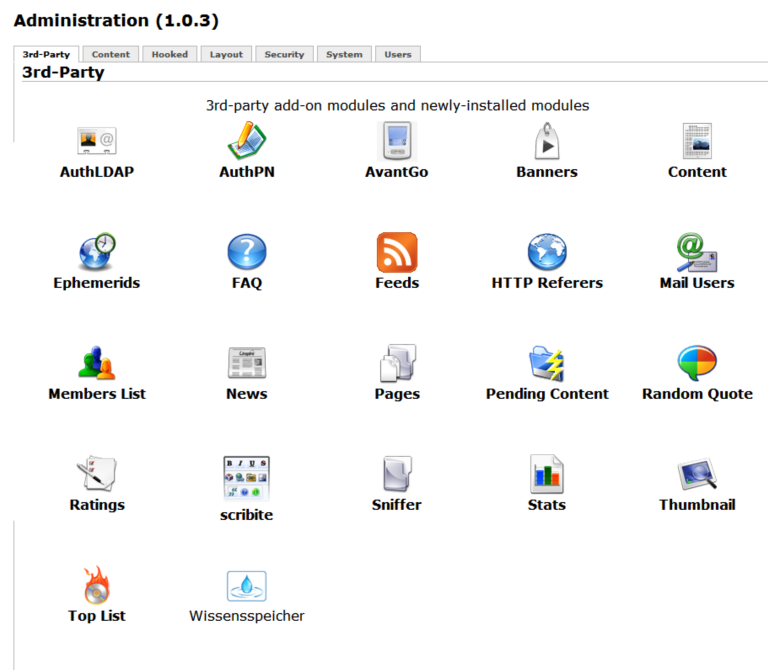


Abbildung 4.32: Administration der Ergänzungsmodule

Verwendung einer Template Engine mit anpassbaren Schablonen

Im Portal ist die Trennung von Inhalt, Layout und Programmlogik vollständig gelungen. Für die Darstellung der einzelnen Blöcke werden flexible Templates eingesetzt. In den Templates ist das Erscheinungsbild des Blockes abgelegt. Über Variablen und Funktionen können die Inhalte der Datenbank in die Seite eingearbeitet werden. Bei einer Anpassung der Optik sind lediglich die Templates zu editieren. Auf die Inhalte wirkt sich dies nicht aus. Das Portal ist unterbrechungsfrei verfügbar. Nach dem Einfügen der neuen Templates erscheinen dieselben Inhalte in der neuen Optik. Im System können verschiedene Templates parallel installiert werden. Sie werden zu einem sogenannten „Theme“ zusammengefasst, das der Administrator global umschalten kann. Optional hat jeder Nutzer die Möglichkeit, das Theme nur für sich auszuwählen, was die Personalisierbarkeit unterstreicht.

Das Konzept der Templates ist auch im Bereich der Emailbenachrichtigungen abgebildet. Soll das Erscheinungsbild einer Email geändert werden, ist dies über das Template möglich, während der eigentliche Text in den Sprachdateien hinterlegt wird. Somit ist es erstmalig gelungen, die Wissensbasis des Systems ideal auf die Verwaltung beliebiger und mehrsprachiger Inhalte vorzubereiten.

Abspeicherung des aktuellen Bearbeitungszustandes

Der aktuelle Bearbeitungszustand ist in der Tabelle „wissen_article“ der Datenbank hinterlegt. Es werden diesbezüglich verschiedene Informationen festgehalten, um die selbst zu programmierende Workflowengine zu unterstützen.

Programmierung eines Moduls zur Zusammenfassung aller Funktionen

Alle Informations- und Bedienungsblöcke sind zu einem einzigen selbst programmierten Modul „Wissensspeicher“ zusammengefasst worden. Dieses Modul kann über eine Installationsroutine in einem Schritt installiert werden. Die erforderliche Datenbankstruktur entsteht hierbei automatisch. Alle Einstellungen werden über ein zentrales Backend vorgenommen.

LDAP Authentifikation

Konfiguration modifizieren

Serveradresse	<input type="text" value="127.0.0.1"/>
Base DN	<input type="text" value="dc=foo,dc=bar"/>
Bind als	<input type="text"/>
Bind Passwort	<input type="text"/>
Such DN	<input type="text" value="ou=users,dc=foo,dc=bar"/>
Benutzer durchsuchen mit Attribut	<input type="text" value="uid"/>

Abbildung 4.33: LDAP-Schnittstelle des Frameworks

Im- und Export der Datenbank über XML

Der Datenbankaustausch ist über XML (Extensible Markup Language) realisiert. So können die Administratoren die Datenbank manuell herunterladen und auf ihrem System aufspielen. Der Verzicht auf eine ausführbare Datei erhöht hierbei die Sicherheit.

Verwendung eines Frameworks mit LDAP-Schnittstelle

Wenn das System im Intranet eingesetzt wird, ist das Framework Zikula dafür vorbereitet, an ein übergeordnetes Rechtemanagementsystem über eine LDAP-Schnittstelle angebunden zu werden. Die Abbildung 4.33 zeigt die entsprechende grafische Benutzeroberfläche.

Wie aufwändig die Anbindung an das übergeordnete System ist, unterscheidet sich von Fall zu Fall, da die hinterlegten Datenbankstrukturen sehr stark variieren.

Programmierung einer Kategorienorganisation

Die Kategorien haben eine taxonomische Struktur. In dieser hierarchischen Ordnung wird jeder Kategorie jeweils die Mutterkategorie zugewiesen, um eine Baumstruktur aufzuspannen. Dieser Weg wurde in Abstimmung mit den Pilotusern gewählt und vollständig umgesetzt. Die Abbildung komplexerer Strukturen, wie zum Beispiel semantischer Netze, ist zwar technisch beherrschbar, der Aufwand, den die Nutzer betreiben müssten, um ihre Texte in die Struktur einzuordnen, wäre jedoch so hoch, dass das Vorgehen die Nachhaltigkeit des Systems gefährden könnte. Daher haben sich die Pilotuser zunächst gegen diese Vorgehensweise ausgesprochen. Die taxonomische Struktur ist sehr gut überschaubar und durch den Block „Kategorienorganisation“ editierbar.

Zu einem späteren Zeitpunkt ist jedoch die Ergänzung einer komplexeren Struktur möglich. Dazu wäre die Eingabemaske zum Editieren weiterer Metadaten zu erweitern, was aufgrund der Verwendung von Templates sehr leicht möglich ist. Schwieriger gestaltet sich die Speicherung und Visualisierung der semantischen Netze. Eine Möglichkeit wäre die Verwendung von RDF (Resource Description Framework), eine Sprache, die die Beziehungen von Objekten zueinander über Metadaten abbildet und auch als XML gespeichert werden kann, welches sich sehr gut auslesen lässt.

Programmierung einer Workflowengine

Die Workflowengine ist für das Portal von wesentlicher Bedeutung, da sie den gesamten Freigabeprozess der Inhalte steuert. Sie wurde als vollständige Eigenentwicklung umgesetzt. Die Pilotuser wünschen eine maximale Flexibilität, die eine Anpassung an viele verschiedene Szenarien erlaubt. Daher wurde keine Einstellung über das Backend via vordefinierter Schablonen realisiert. Anstatt dessen können sämtliche Abhängigkeiten in einer XML-Datei definiert werden. Zusätzlich sind alle Benachrichtigungstexte als Variablen ausgeführt und die optische Darstellung in Templates abgelegt. Damit ist eine maximale Freiheit bei der Anpassung des Systems gegeben. Allerdings sind rudimentäre Programmierkenntnisse erforderlich, um das System auf neue Anwendungsbereiche auszudehnen. Die Einstellungen können nach einer Einarbeitung in etwa einer Stunde erfolgen, so dass dies nicht zu einer Barriere bei der Verbreitung des Systems führen sollte.

In der Workflowengine sind unterschiedliche Funktionen definiert, um zum Beispiel einen Artikel zu bearbeiten oder zu akzeptieren. Diese Funktionen setzen den neuen Status des Artikels in Abhängigkeit der Aktionen des Nutzers oder führen Benachrichtigungsschritte aus. Alle Funktionen

verfügen über eine „action id“, die eine eindeutige Zuordnung erlaubt. In einer XML-Datei werden alle erforderlichen Abhängigkeiten editierbar abgelegt.

Abspeicherung der unterschiedlichen Ablaufschemata in XML-Datei

Die selbst entwickelte XML-Datei, die alle Einstellungen zum Workflow enthält, beginnt mit Metadaten zum Workflowschema selbst, um diesem zum Beispiel einen eindeutigen Namen zu geben, der im Portal angezeigt wird. So ist später die Auswahl zwischen verschiedenen vordefinierten Schematas möglich.

Im Anschluss ist jeder einzelne Status definiert, wie die Abbildung 4.34 aufzeigt. Hierbei wird jedem Status eine eindeutige ID zugewiesen, ein Name vergeben und eine Beschreibung, die im Portal erscheint, formuliert:

```
- <state id="initial">
  <title>Initial</title>
  <description>Initial State</description>
</state>
- <state id="archived">
  <title>Archiviert</title>
  <description>Artikel ist archiviert.</description>
</state>
```

Abbildung 4.34: Definition eines Workflowstatus

Die Strukturelemente sind jeweils von einer Beginn- (<Strukturelementname>) und Endkennung (</Strukturelementname>) umschlossen. Damit wird die XML-Datei sehr gut les- und interpretierbar. Sie kann mit jedem Texteditor geöffnet und bearbeitet werden.

Die Definition eines weiteren Status erfolgt durch die Ergänzung einer zusätzlichen Strukturelementgruppe (Anfangszeichen: <state id="ID">; Endzeichen </state>).

Im Anschluss erfolgt die Definition der einzelnen Aktionen in Form von Statusänderungen, wie an einem Beispiel verdeutlicht werden soll:

```
- <action id="_REJECT_WORKFLOW">
  <title>Nicht akzeptieren</title>
  <description>Artikel wird nicht vom Moderator akzeptiert.</description>
  <permission>moderate</permission>
  <state>waiting_Mod</state>
  <nextState>modify_Aut</nextState>
  <operation>rejectWorkflow</operation>
  <operation template="mails/mailArticleReject.htm"
    subject="_MAIL_WORKFLOW_ARTICLE_REJECT_SUBJECT">sendMailToExecuter</operation>
  <operation template="mails/mailArticleReject.htm"
    subject="_MAIL_WORKFLOW_ARTICLE_REJECT_SUBJECT">sendMailToCreatedBy</operation>
  <operation template="mails/mailArticleReject.htm"
    subject="_MAIL_WORKFLOW_ARTICLE_REJECT_SUBJECT">sendMailToModifiedBy</operation>
</action>
```

Abbildung 4.35: Definition einer Statusänderung

Es handelt sich beim dargestellten Beispiel um die Zurückweisung eines Artikels. Zunächst wird die eindeutige ID „REJECT_WORKFLOW“ vergeben. Diese wird später zum Beispiel für die Schaltfläche „Zurückweisen“ in den Formularen verwendet, so dass der folgende Ablauf durch

einen Klick auf die Schaltfläche ausgelöst wird.

Danach erfolgt die Vergabe eines Titels und der Beschreibung, die im Portal als weitere Erläuterung angezeigt werden kann.

Die Kennung `<permission>` definiert nach den Vorgaben des Rechtemanagementsystems das Recht, was der aktuelle Benutzer besitzt, um die Statusänderung überhaupt ausführen zu können. In diesem Falle ist mindestens das Moderationsrecht erforderlich, um einen Artikel zurück zuweisen. Anderen Personen würde die Schaltfläche nicht angezeigt.

Die Kennung `<state>` gibt den Ausgangsstatus vor. Nur wenn sich der Artikel im Status „waiting_Mod“ („Warten auf den Moderator“) befindet, kann die Statusänderung ausgeführt werden.

Durch die Kennung `<next state>` wird der Status definiert, den die Workflowengine als nächstes in die Datenbank einträgt. „modify_aut“ bedeutet in diesem Fall „durch den Autor zu modifizieren“, d. h. der Autor müsste Änderungen vornehmen, da der Moderator den Artikel zurückgewiesen hat.

Damit ist die eigentliche Statusänderung abgeschlossen. Durch den neuen Status in der Datenbank erscheint der Artikel wieder in der Warteliste des Autoren und wird aus der des Moderators entfernt.

Im Anschluss ist es optional möglich, beliebige Funktionen auszuführen, die vorher in einem speziellen Ordner abzulegen sind. Im Beispiel handelt es sich um die Benachrichtigungen. Es werden vier Operationen nacheinander ausgeführt.

„RejectWorkflow“ zeigt die Bestätigungsnachricht, dass der Artikel zurückgewiesen worden ist, auf dem Bildschirm an. Danach werden drei Emails versendet. Die XML-Datei definiert das Template, welches das Aussehen der Email festlegt. In diesem Falle handelt es sich dreimal um die Datei „mailArticleReject.html“. Danach wird die Variable für den Betreff angegeben, die später in der Email durch den Ausdruck in der eingestellten Sprache des Nutzers ersetzt wird und die eigentliche Operation definiert. Hierbei wird eine Email an den ausführenden Moderator („sendMailToExecuter“), eine an den ursprünglichen Autor („sendMailToCreatedBy“) und eine an den letzten Überarbeiter („sendMailToModifiedBy“) versendet.

Im System sind alle Funktionen, die im Rahmen der Inhaltsgenerierung sinnvoll erscheinen, definiert worden. Zu ergänzende Funktionen können in der Sprache PHP programmiert werden, wobei über die allgemeine Programmierschnittstelle des Frameworks der Zugriff auf alle anderen Module, Blöcke und den Frameworkkern möglich ist.

Onlineeditor auf JavaScript-Basis

Der Onlineeditor ist bereits umfassend vorgestellt worden. Seine Realisierung während des Vorhabens erlaubt das komfortable Editieren der Inhalte und zeigt dabei alle Änderungen, inklusive Formatierungen, direkt an. Die Inhalte selbst speichert er in der Datenbank im HTML-Format ab.

Programmierung eines Framework-Blocks „Warteliste“

Der programmierte Block Warteliste erscheint immer dann, wenn eine Handlung vom Nutzer erwartet wird. Außerdem wird ihm aufgezeigt, wie viele seiner Artikel sich aktuell im Freigabeprozess befinden oder bereits öffentlich verfügbar sind. So hat er immer die vollständige Kontrolle über seine Inhalte und kann nachvollziehen, was gerade mit seinen Texten passiert. Alle Inhalte, die nicht aufgrund des Workflowstatus gesperrt sind, kann er zudem von der Warteliste ausgehend editieren.

Abspeicherung der Inhalte als HTML

Die Inhalte sind derzeit im HTML-Format abgespeichert. Der Onlineeditor lässt hierbei nur vordefinierte Strukturierungselemente zu. Damit wird ein einheitliches Erscheinungsbild sichergestellt und die Problematik umgangen, dass HTML nicht immer eindeutig verwendet wird. Im Portal wird daher generell nur HTML-Code gespeichert, der vom implementierten Editor stammt, da erfahrungsgemäß Code, der mit unterschiedlichen Editoren bearbeitet wird, nach einigen Überarbeitungsschritten mit Strukturierungselementen überladen ist, was die Verwendbarkeit sehr einschränkt.

Im HTML-Code werden nur die wesentlichen Strukturierungselemente eingesetzt. Darstellungsinformationen, wie z. B. Rahmenarten für Überschriften, Schriftarten etc., sind in separaten CSS-Dateien (Cascading Style Sheets) hinterlegt, auf die die einzelnen Nutzer keinen Einfluss haben.

Realisierung einer Volltextsuche innerhalb der Datenbank

Die Volltextsuche wird mittels eines Moduls des Frameworks realisiert. Dieses ist an die Datenbankstruktur des Moduls Wissensspeicher angepasst worden. Es handelt sich um eine Volltextsuche. Als Vorschau werden alle Überschriften und Zusammenfassungen der Wissensartikel angezeigt, in denen der Suchbegriff vorkommt. Der Begriff selbst ist in den Suchergebnissen markiert.

Kommentarfunktion für beliebige Inhalte

Die Kommentarfunktion kann über ein weiteres Modul aktiviert werden. Nach der Fertigstellung des Systems haben die Pilotuser sich entgegen ihrer ersten Meinung zunächst für eine Deaktivierung des Moduls ausgesprochen, da gewünschte Änderungen direkt in den Artikel selbst einfließen sollen. Die Funktion könnte jedoch jeder Zeit wieder aktiviert werden.

4.7 Systematik zur Berücksichtigung der reinigungsrelevanten Einflussfaktoren

Inhaltlich betrachtet soll Konstrukteuren mit dem Informationsportal ein Hilfsmittel an die Hand gegeben werden, um die Reinigungsgerechtigkeit bereits in den frühen Phasen der Produktentwicklung systematisch zu berücksichtigen.

Die vorgestellte Technik des Informationsportals erlaubt einen diesbezüglichen Erfahrungsaustausch aller Akteure. Jede interessierte Person kann ihr Wissen einstellen oder das der anderen Personen abrufen.

Zusätzlich zu diesem technischen Hilfsmittel wird eine Systematik zur Berücksichtigung aller reinigungsrelevanten Einflussfaktoren während der Produktentstehung entwickelt.

Die Reinigungsgerechtigkeit hat in den vergangenen Jahren signifikant an Bedeutung gewonnen. Zu erklären ist dies hauptsächlich durch den immer größer werdenden Einfluss funktioneller Beschichtungen, deren Aufbringen eine vorherige intensive Reinigung erfordert, sowie durch immer filigranere Kanäle in Bauteilen der Automobilzulieferindustrie, die sich bei Schmutzeinwirkung sehr schnell zusetzen und dadurch ausfallen. Die Konstruktion der Bauteile besitzt einen großen Einfluss auf die Anforderungen an die Reinheit und die Reinigbarkeit. Der Konstrukteur legt die Anordnung und Größe von Kanälen und Düsen für Betriebsstoffe fest oder definiert Füge-, Monta-

ge-, Beschichtungs- und Funktionsflächen. Damit manifestiert er auch indirekt die unbedenklichen Restschmutzmengen, die toleriert werden können, ohne die Funktionserfüllung zu gefährden. Gleichzeitig wirkt sich die Konstruktion auf die Reinigbarkeit von Produkten aus. Nur zugängliche Kanäle und Bohrungen können gut gesäubert und von Spänen befreit werden. Des Weiteren stellen die erforderlichen Fertigungsverfahren auch die Quelle zahlreicher Verschmutzungen dar. Soll die Reinigbarkeit des Bauteils daher effizient optimiert werden, ist die gesamte Prozesskette der Fertigung zu betrachten, die maßgeblich durch die Konstruktion beeinflusst wird.

Gerade kleine und mittelständische Unternehmen haben oft Schwierigkeiten, auf die neuen Anforderungen zu reagieren. Dabei sind zwei Kernproblemfelder zu erkennen. Zum einen fehlt die Erfahrung, welche genauen Einflussfaktoren sich in welcher Weise auf den Verschmutzungszustand auswirken und wie dieser im Rahmen der Qualitätskontrolle überprüft werden kann. Hier leisten die Richtlinien VDA 19 und ISO DIS 16232 (vgl. Kap. 2.2.1) eine erste Abhilfe. Zum anderen sind die festgelegten Anforderungen oft überzogen. Da die Konstrukteure bisher noch nicht über Hilfsmittel verfügen, um die Reinheitsanforderungen festzulegen und ihre eigene Konstruktion hinsichtlich der Reinigbarkeit zu optimieren, werden die Anforderungen noch oft „nach Gefühl“ oder unqualifizierten Daumenwerten vergeben. Teilweise stehen dadurch in den Unterlagen jedoch Anforderungen, die nur unter besonders hohem Aufwand zu erbringen oder die in der genannten Kombination gar nicht erfüllbar sind. Beispiele dafür sind hohe Ansprüche an die Sauberkeit in kaum zugänglichen Sacklochbohrungen oder aber so geringe Restschmutzmengen, die generell nicht realisiert werden können. So hat beispielsweise ein LKW-Hersteller eine zulässige Partikelverteilung und gleichzeitig die Art der Transportverpackung festgelegt. In der Realisierung führte jedoch der Abrieb zwischen den Bauteilen aufgrund von Erschütterungen während des Transportes zur Generierung von Partikeln, die die Anforderungen verletzten. Folglich waren die Bauteile, die ursprünglich den Anforderungen entsprechend sauber ausgeliefert worden waren, bei der Ankunft beim Kunden erneut unzulässig verschmutzt.

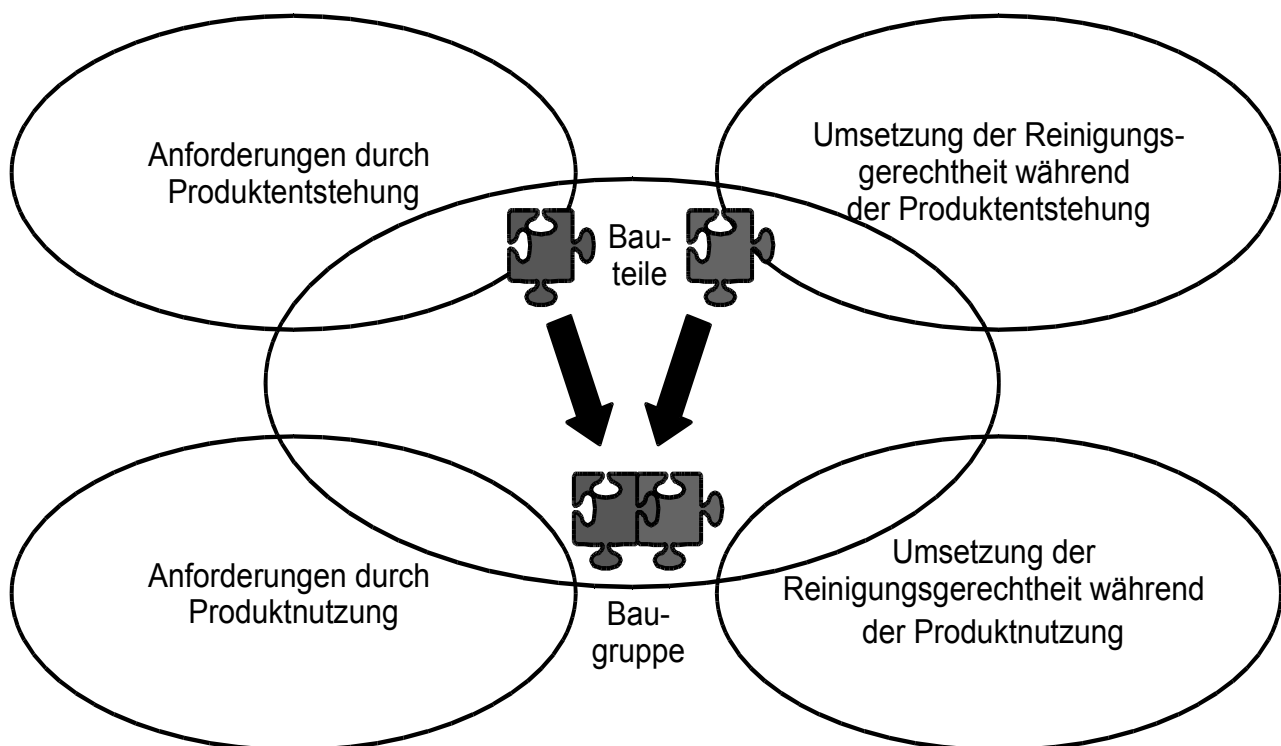


Abbildung 4.36: Spannungsfeld der Reinigungsgerechtigkeit

Darüber hinaus bedingen zu hohe Anforderungen an die Reinheit auch unnötig hohe Kosten, ähnlich wie eine zu genau geforderte Toleranz. Der Konstrukteur besitzt im Vergleich den größten Einfluss auf die Produktentstehungskosten. Dies gilt auch für die Reinigung. Er ist meist für die Definition der diesbezüglichen Anforderungen verantwortlich und beeinflusst durch die Konstruktion selbst maßgeblich die Reinigbarkeit während der Produktentstehung und im Betrieb.

Vor diesem Hintergrund soll die Systematik die Anforderungsermittlung und die Umsetzung der Reinigungsgerechtigkeit gleichermaßen einbeziehen. Beide Faktoren sind zum einen während der Produktentstehung als auch der Produktnutzungsphase zu betrachten. Damit ergibt sich das Spannungsfeld, das in Abbildung 4.36 visualisiert ist.

Während der Produktentstehung liegen die Bauteile meist einzeln vor, wohingegen während der Produktnutzung ganze montierte Baugruppen zu betrachten sind.

In allen vier Teilbereichen stehen unterschiedliche Hilfsmittel und Methoden zur Verfügung. Damit entsteht ein flexibler Werkzeugkasten mit zahlreichen Abhängigkeiten, wie die Abbildung 4.37 zeigt.

In der oberen Ebene ist die Produktentstehungsphase visualisiert, in der unteren Ebene die Produktnutzungsphase. Die mittlere Ebene bildet die verschiedenen Hilfsmittel und Methoden ab, die zum Einsatz kommen können. Sie beziehen sich auf die Anforderungsermittlung auf der linken und die Umsetzungsmöglichkeiten auf der rechten Seite.

Sowohl bei der Prozessstruktur, als auch der Funktionsstruktur werden Quellen und Senken der Verschmutzungen sowie erlaubte Restschmutzkonzentrationen definiert. Bei der Prozessstruktur beziehen sich diese auf die einzelnen Vorgänge während der Produktentstehung, bei der Funktionsstruktur auf das Weiterleiten von Verschmutzungen durch mechanische Einwirkungen, wie z. B. Betriebsmittelströme.

Die Gestaltungsregeln beziehen sich bei der Produktentstehungsphase nahezu immer auf die Einzelteile, da eine Reinigung im noch unmontierten Zustand üblich ist, während in der Nutzungsphase in der Regel Baugruppen betrachtet werden (vgl. Abbildung 4.36). Ausnahmen bilden Reinigungsvorgänge am Ende der Montage oder Baugruppen, die zum Reinigen während der Nutzungsphase demontiert werden.

Die Anwendung der Gestaltungsregeln ist nicht immer leicht. Abhängig von weiteren Anforderungen an das Bauteil können sie mitunter nicht direkt eingesetzt werden oder konkurrieren mit anderen „Gerechtheiten“ und Konstruktionsregeln. Die Simulation von Reinigungsprozessen kann daher als sinnvolles Werkzeug dienen, um die komplexen Zusammenhänge abzubilden. Optimierungen sind dann durch eine weitere Umgestaltung der Bauteile bzw. Baugruppen oder eine bessere Anpassung des Reinigungsverfahrens möglich.

Die Materialauswahl wirkt sich auf die Einzelteile und Baugruppen selbst aus. In Bezug auf die Adhäsion des Schmutzes an der Baueiloberfläche besitzt das Material des Bauteils direkten Einfluss auf die Kräfte zwischen Bauteil und Verschmutzung. In Bezug auf die Reinigung schränkt sie die anwendbaren Reinigungsverfahren ein, da besonders empfindliche Materialien nicht mit aggressiven Reinigungsmitteln behandelt werden dürfen.

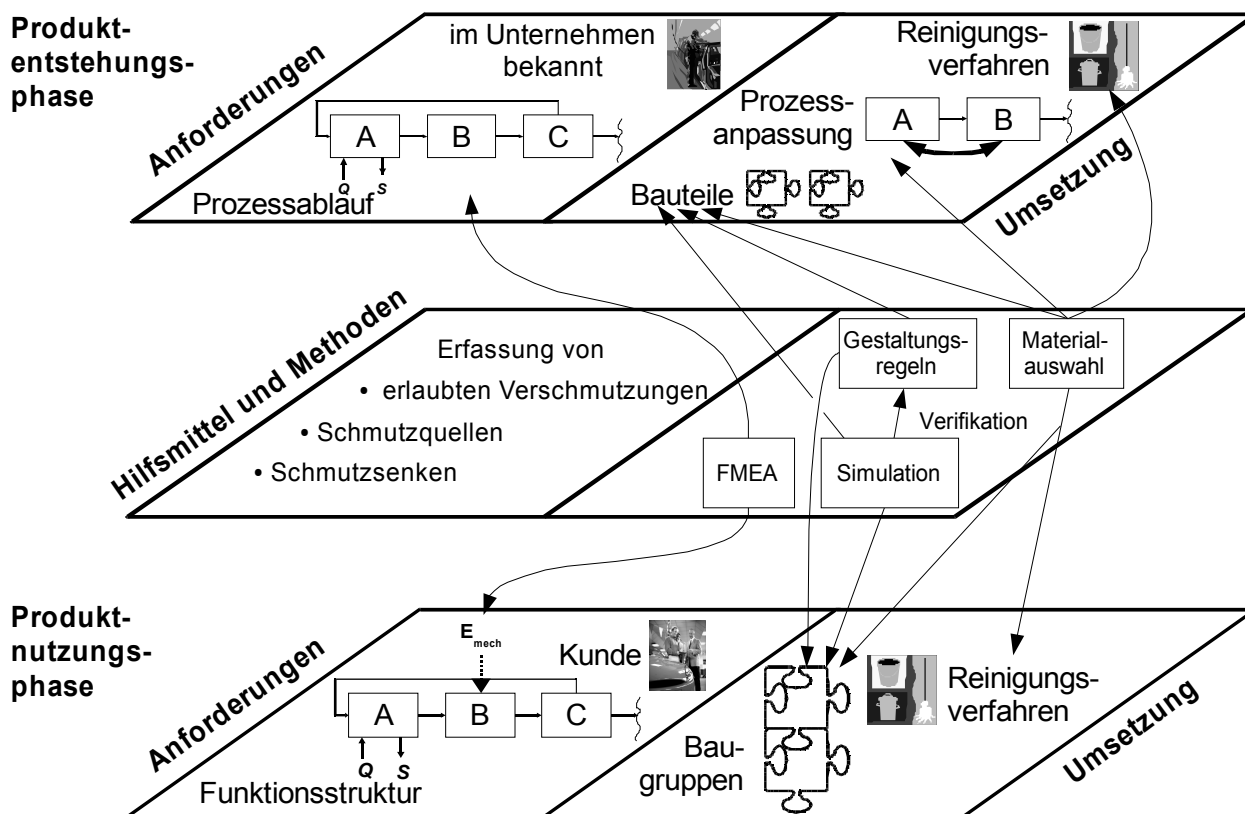


Abbildung 4.37: Systematik zur Berücksichtigung der reinigungsrelevanten Einflussfaktoren

Ein gutes Hilfsmittel, um mögliche bisher unentdeckte Verschmutzungsquellen festzustellen und deren Auswirkungen abzuschätzen ist die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA). Diese kann als Prozess-FMEA die Produktentstehungsphase und als Konstruktions-FMEA die Auswirkungen während der Produktnutzungsphase beleuchten.

Die einzelnen Hilfsmittel der im Rahmen der Arbeit entwickelten Systematik (Abbildung 4.37) werden in den folgenden Unterkapiteln näher betrachtet.

4.7.1 Erfassung von erlaubten Restschmutzmengen

Die Erfassung von erlaubten Restschmutzmengen für unterschiedliche Bauteile bzw. Teilbereiche der Bauteile wird häufig noch zu unsystematisch durchgeführt. Es zeigt sich, dass die erlaubten Verschmutzungen für die kritischsten Teilbereiche, wie z. B. Einspritzdüsen, durchaus bekannt sind. Hierbei greifen die Konstrukteure auf Erfahrungswissen zurück, welches von der jeweiligen Branche abhängig ist. Größere Schwierigkeiten bereitet die systematische Ableitung der erlaubten Restschmutzmengen für die Teilbereiche, die mit den kritischen in einem indirekten Zusammenhang stehen und für die sich die Anforderungen somit erst auf den zweiten Blick ergeben.

Wenn ein funktioneller Zusammenhang zwischen den erlaubten Restschmutzmengen der Teilbereiche aufgestellt werden könnte, so wäre es auch möglich, die indirekten Anforderungen systematisch abzuleiten. Hierfür ist zunächst die Definition von Variablen für die erlaubten Restschmutzmengen jedes Teilbereiches erforderlich. Da in der Regel nur partikuläre Verschmutzungen von Bedeutung sind, wird die Bezeichnung K_p für die erlaubte Partikelkonzentration gewählt. Hierbei symbolisiert das P die Partikel. Die einzelnen Elemente erhalten dann jeweils Indizes von 1 bis n bei n

Elementen ($K_{p_1} \dots K_{p_n}$). Das kritischste Element wird zusätzlich mit einem Dach gekennzeichnet (\widehat{K}_{p_3}). Darüber hinaus werden Schmutzquellen Q und -senken S definiert. Q und S sind im Allgemeinen Funktionen, die von verschiedenen Einflussfaktoren abhängig sind. Es ist sowohl eine qualitative als auch quantitative Betrachtung möglich.

4.7.1.1 Produktentstehungsphase

In der Produktentstehungsphase ist eine quantitative Betrachtung meistens nicht sinnvoll. In der Regel werden zwar sehr viele Fertigungsschritte vom Reinigungszustand beeinflusst. Dieses in genaue Zahlen zu fassen, ist jedoch nahezu unmöglich. Dies gilt sowohl für das Aufstellen von Funktionen, die die Generierung von Verschmutzungen beschreiben, als auch für das Aufstellen von Funktionen für den Einfluss des Verschmutzungszustandes auf die Fertigungsqualität. In Einzelfällen wäre dies eventuell möglich. Allgemeingültige Aussagen können hingegen kaum getroffen werden.

Vor diesem Hintergrund ist nur eine qualitative Aussage sinnvoll. Während der Produktentstehungsphase bestehen Schritte, die die Verschmutzung erhöhen, und Reinigungsvorgänge, die die Verschmutzung bis auf eine technisch bedingt nicht zu unterschreitende Restverschmutzung senken. Meistens werden die Reinigungsschritte direkt vor den kritischen Prozessen angeordnet. Dadurch sind die Anforderungen ohne Umwege ersichtlich, wenn auch nicht leicht bestimmbar, da jeder Prozess unterschiedlich betrachtet werden muss. Wie viel Restschmutz beispielsweise vor einem Beschichtungsprozess zurückbleiben darf, ohne das Ergebnis negativ zu beeinflussen, kann nur durch umfangreiche Erfahrungen entschieden werden.

4.7.1.2 Produktnutzungsphase

Bei der Konstruktionssystematik nach [PAH06] kann die Funktionsstruktur durch eine Leitungsfunktion für Verschmutzungen ergänzt werden. Gerade bei den in Bezug auf die Reinheit kritischen Teilen im Bereich der Automobilzulieferindustrie handelt es sich oft um Schmier-, Einspritz- oder

Druckumlaufschmierung.

1 Überdruckventil, 2 Ölfilter, 3 Zahnradpumpe, 4 vom Hauptlager zum Pleuellager, 5 Ansaugglocke mit Sieb, 6 Hauptdruckkölleitung zu den Pleuellagern, 7 Rückfluß vom Steuer- ins Pleuellager, 8 zu den Pleuellagern.

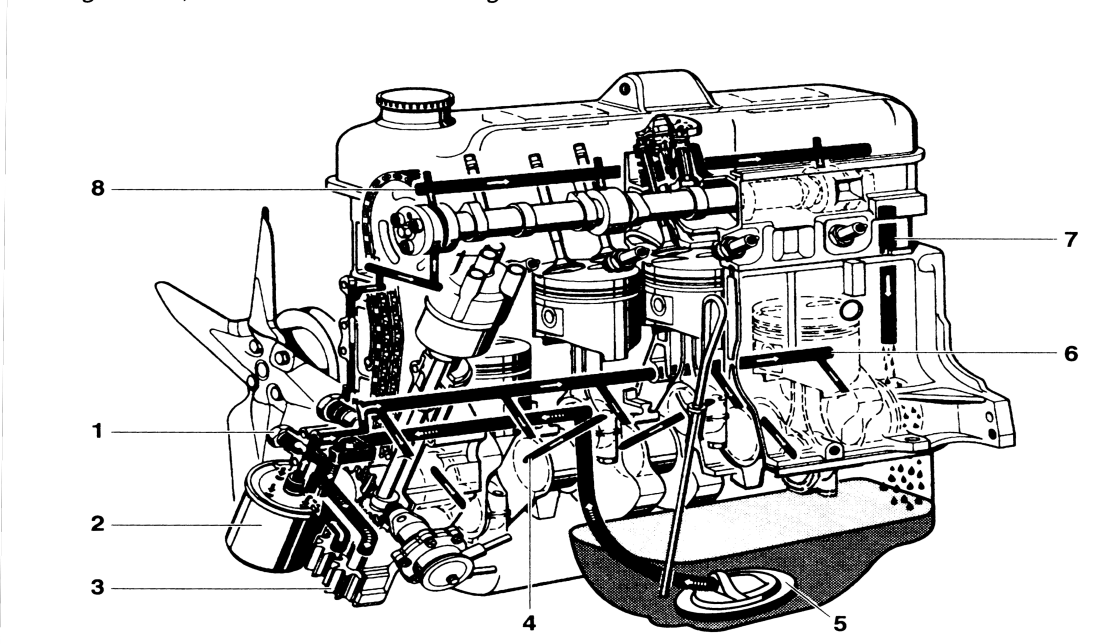


Abbildung 4.38: Druckumlaufschmierung eines Otto-Motors [KRA07]

hydraulisch bzw. pneumatisch arbeitende Bremssysteme, bei welchen die Funktion „Leiten von Betriebsstoffen“ einen ganz wesentlichen Stellenwert einnimmt. Die Betriebsstoffe sind auch für die Weiterleitungen der Verschmutzungen verantwortlich und transportieren sie damit zum Beispiel zu Bereichen, in denen die Auswirkungen weitaus kritischer sind, als an den ursprünglichen Quellen der Verschmutzung. Diese Zusammenhänge werden in der Praxis nicht systematisch betrachtet. Allenfalls findet eine Unterteilung der Bauteile in verschiedene Reinheitsklassen statt. Dabei wird berücksichtigt, welche kritischen anderen Bauteile oder Bauteilbereiche negativ beeinflusst werden könnten. Bei Einspritzsystemen werden hierzu beispielsweise die Bereiche vor und nach der Einspritzpumpe bzw. vor und nach dem Filter unterschieden. Analoge Betrachtungen existieren für Ölkreisläufe. Die Abbildung 4.38 visualisiert exemplarisch die Druckumlaufschmierung eines OTTO-Motors.

Aus der Abbildung 4.38 wird eine Funktionsstruktur abgeleitet, die mit Termen zur Beschreibung des Verschmutzungszustandes erweitert ist. Zur Vereinfachung sollen nur diese Terme in den folgenden Ausführungen betrachtet werden. Die Erfüllung der anderen Anforderungen und damit auch die Abbildung der Hauptfunktion bleibt im Rahmen dieser Arbeit außer Acht, da die Theorien hierzu seit längerer Zeit zum Stand der Technik gehören.

Die Abbildung 4.39 zeigt die im Rahmen dieser Arbeit abgeleitete Funktionsstruktur. Weitere Grundlagen zu Funktionsstrukturen sind in [KÜN07a], S. 13 f. und [KÜN01], S. 5 dargestellt. Die erlaubte Partikelkonzentration ergibt sich zum Teil direkt aus der Funktionserfüllung der Bauteile. Es kann sich zum Beispiel um die kleinste Kanal- bzw. Düsenöffnung dividiert durch einen Sicherheitsfaktor handeln. Darüber hinaus wird sie oft durch geforderte tribologische Eigenschaften begrenzt, da entsprechende Partikel zu erhöhtem Abrieb führen. Hier sind die Erfahrungswerte der Hersteller unersetzbar.

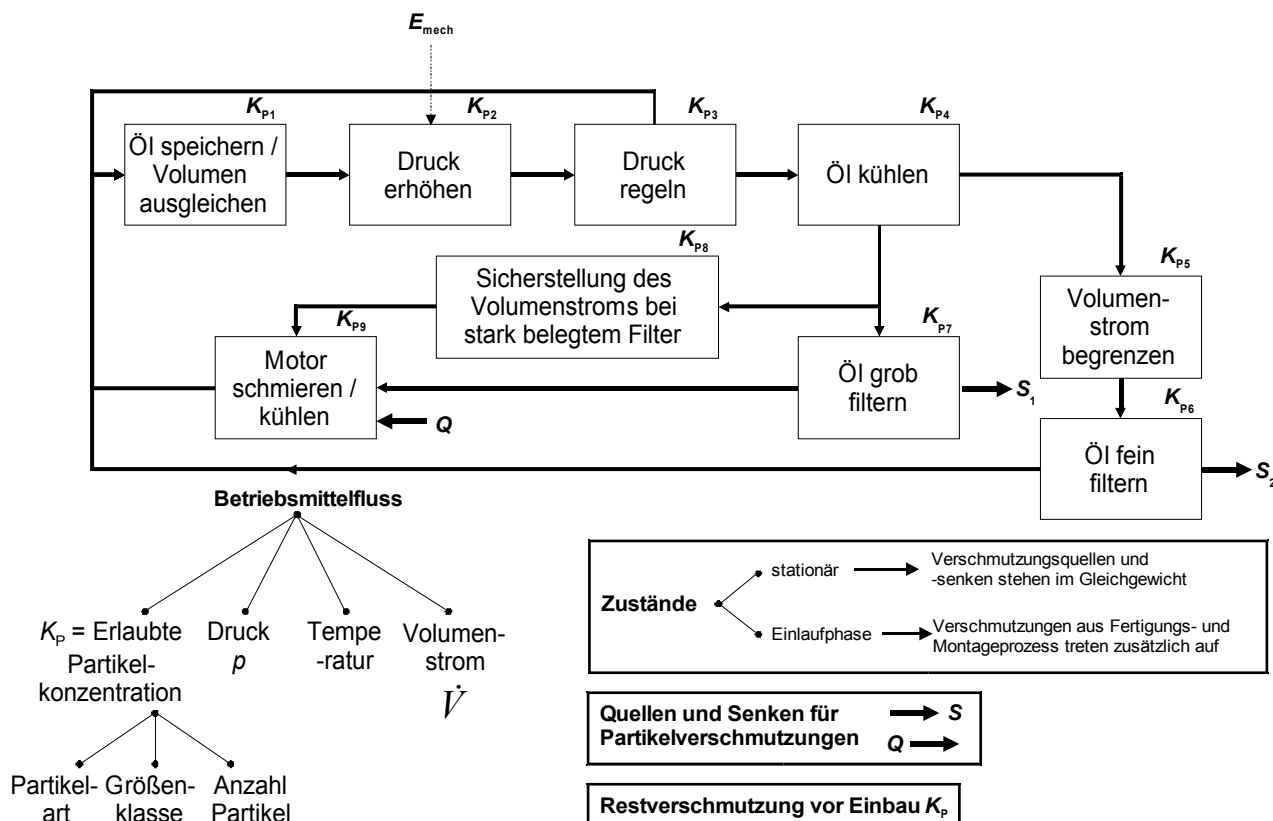


Abbildung 4.39: Funktionsstruktur mit Erweiterungen zum Verschmutzungszustand

In der Branche hat sich eine Einteilung der Partikel in gewisse Größenklassen und eine Unterscheidung metallische gegenüber nichtmetallische Partikel herausgebildet, da diese Klassifizierung mit den vorhandenen Mitteln meist gut möglich ist. Zahlreiche Hersteller geben Werksnormen heraus, in denen sich diese Einteilung wiederfindet. Die erlaubte Partikelkonzentration ist in der Regel zeitlich unveränderlich. Die Senken- und Quellenfunktionen können von der Zeit oder von der Partikelbeladung des Betriebsmittels abhängen. Beispiele sind Lagerstellen mit Abrieb, der am Anfang während der Einlaufphase besonders groß ist oder Filter, die aufgrund ihrer Beladung nur noch schlecht weitere Partikel aufnehmen können. Das Diagramm in Abbildung 4.40 zeigt exemplarisch die Funktion des Abscheidegrades eines Hauptstrom- und Nebenstromölfilters. Durch die Addition der Quellenfunktionen und der Restverschmutzungen sowie die Subtraktion der Senkenfunktionen können die Abhängigkeiten insgesamt dargestellt werden, um unterschiedliche Funktionsstrukturen hinsichtlich der Sauberkeitsaspekte zu beurteilen. Je nach System müssen zunächst rekursive Formeln gebildet werden, da sich einige Partikel mehrfach durch das System bewegen, bevor sie herausgefiltert werden können bzw. sich bis zum Wechsel des Betriebsmittels sammeln. So kann die zeitabhängige Partikelbelastung für jedes Element dargestellt und mit der erlaubten Partikelkonzentration verglichen werden.

Im Folgenden wird die aufgeführte Funktionsstruktur beispielhaft berechnet. Hierbei erfolgt eine diskrete Betrachtung. Diskret bedeutet hierbei die Berücksichtigung verschiedener Partikelgrößen in diskreten Schritten, d. h. es erfolgt eine Einteilung der Partikel in Größenklassen, wobei eine gewisse Anzahl der kategorisierten Partikel pro Volumeneinheit des Betriebsmediums erlaubt ist.

Theoretisch ist auch eine kontinuierliche Betrachtung möglich, wenn zuerst mittels einer Regressionsanalyse eine Funktion für die Partikelverteilung aufgestellt wird. Da sich die diskrete Betrachtung in Form von Partikelgrößenklassen auch innerhalb der Normung durchgesetzt hat, wird diese Vorgehensweise jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter verfolgt.

Für den vorliegenden Anwendungsfall werden die Pumpe mit der Funktion „Druck erhöhen“ (K_{p2}) und der Motor (K_{p9}) als kritische Bereiche definiert. Es soll exemplarisch überprüft werden, ob die Anforderungen für (K_{p2}) erfüllt sind. Damit wird (K_{p2}) zu (\widehat{K}_{p2}).

Die Anforderungen sind zweigeteilt. Zum einen dürfen nicht zu viele Partikel im Betriebsmedium sein, um einen zu großen Verschleiß zu verhindern. Hier hat sich in der Praxis die ISO 4406 [ISO4406] als Standard herausgebildet. Diese stellt für die drei Partikelgrößenklassen ($>4 \mu\text{m}$; $>6 \mu\text{m}$; $>14 \mu\text{m}$) die jeweiligen erlaubten Mengen pro Volumeneinheit des Betriebsmediums dar. Für den Bereich von Pumpen und Motoren werden in der ISO 4406 die Mindestreinheitsklasse 18/16/13 empfohlen. Die drei Zahlen stehen für die Anzahl an Partikel pro 100 ml für die drei genannten Partikelgrößenklassen. Aus den Tabellen der ISO 4406 ergibt sich damit bei der Verwendung der jeweiligen Mittelwerte des angegebenen Größenbereiches, dass 190.000 Partikel für den Bereich $>4 \mu\text{m}$, 48.000 für den Bereich $>6 \mu\text{m}$ und 6.000 für den Bereich $>14 \mu\text{m}$ erlaubt sind.

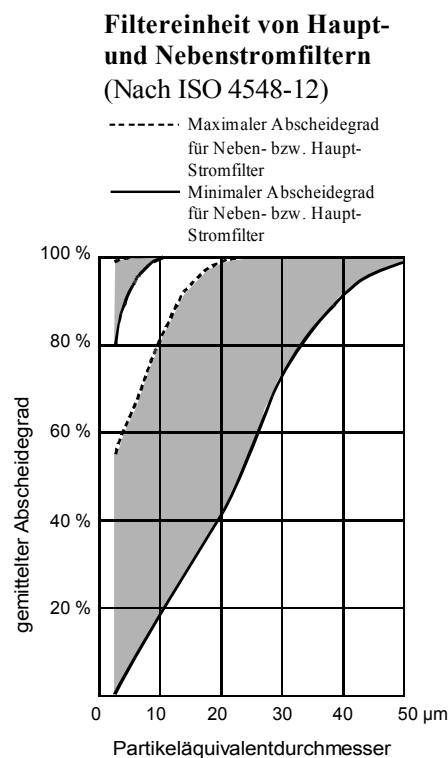


Abbildung 4.40: Abscheidegrad eines Haupt- und Nebenstromfilters [KRA07]

Zusätzlich wird – in Anlehnung an eine Werksnorm eines Automobilherstellers – definiert, dass 20 Partikel der Größenklasse $>100 \mu\text{m}$ und 0 Partikel der Größenklasse $>100 \mu\text{m}$ pro 100 ml Betriebsmedium erlaubt sind, um die Funktionserfüllung der Elemente, z. B. durch ein Verstopfen von Kanälen, nicht zu gefährden. Damit ergibt sich in Vektorschreibweise:

$$\widehat{(K_{p2})} = \begin{pmatrix} K_{p2}^1 \\ K_{p2}^2 \\ K_{p2}^3 \\ K_{p2}^4 \\ K_{p2}^5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{250.000}{100 \text{ ml}} \text{ für } P \geq 4 \mu\text{m} \\ \frac{64.000}{100 \text{ ml}} \text{ für } P \geq 6 \mu\text{m} \\ \frac{8.000}{100 \text{ ml}} \text{ für } P \geq 14 \mu\text{m} \\ \frac{20}{100 \text{ ml}} \text{ für } P \geq 100 \mu\text{m} \\ \frac{0}{100 \text{ ml}} \text{ für } P \geq 500 \mu\text{m} \end{pmatrix} = \frac{1}{100 \text{ ml}} \cdot \begin{pmatrix} 250.000 \\ 64.000 \\ 8.000 \\ 20 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Damit sind die genauen Anforderungen für diesen kritischen Teilbereich definiert. Ähnlich könnte dies für den Teilbereich $\widehat{(K_{p9})}$ erfolgen. Nicht bekannt sind hingegen die Reinheitsanforderungen an die Teilbereiche (K_{p1}) und (K_{p3}) bis (K_{p8}) . Diese sollen im Folgenden abgeleitet werden.

Vereinfacht betrachtet soll gelten, dass die gesuchten Reinheitsanforderungen (K_{p3}) bis (K_{p8}) gleich sind. D. h. es gilt:

$$(K_{p3}) = (K_{p4}) = (K_{p5}) = (K_{p6}) = (K_{p7}) = (K_{p8})$$

Die Reinheitsanforderung (K_{p1}) wird separat betrachtet. Diese Annahme ist im vorliegenden Beispiel sinnvoll, da von $\widehat{(K_{p2})}$ ausgehend betrachtet (K_{p1}) das Betriebsmedium ohne zwischengeschalteten Filter direkt einleitet, wohingegen bei den anderen Teilbereichen zunächst ein Filterprozess stattfindet.

Global gesehen ist der zeitliche Verlauf aller Verschmutzungsquellen und -senken zu betrachten, um entscheiden zu können, wie sich das Betriebsmedium entwickelt. Dabei werden Quellen definiert, die während der gesamten Nutzungsdauer wirken. Ein Beispiel ist der Abrieb im Motor. Die Restverschmutzung der einzelnen montierten Bauteile tritt zusätzlich nur während der Einlaufphase auf. Wie problematisch die Auswirkungen dieser Restverschmutzung ist, hängt mitunter auch vom zeitlichen Verlauf der Ablösung ab. Generell sind Restverschmutzungen, die sich im Betrieb niemals lösen, unproblematisch. Bei Systemen, bei denen keinen Verschmutzungssenken auftreten, wird die Belastung des Betriebsmediums während der Einlaufzeit immer größer. Sind - wie im vorliegenden Beispiel - Senken vorhanden, ist der zeitliche Verlauf zu bestimmen, um sicher zu gehen, dass ein kritischer Betriebsfall niemals auftreten kann.

Beim Restschmutz ist von Bedeutung, wie der zeitliche Verlauf der Ablösung aussieht. Der Verlauf kann nach der Erfahrung nachgebildet oder aus experimentellen Abreinigungskurven bestimmt werden. Dazu wird das Betriebsmedium in einer Testapparatur durch das Bauteil geleitet und die Partikelbelastung z. B. durch eine Extinktionspartikelzähler über die Versuchszeit gemessen. Im Anschluss könnte mittels einer Regressionsanalyse eine Funktion abgeleitet werden.

Für das vorliegende Beispiel wird zu Beginn eine relativ starke Ablösung des Restschmutzes angenommen, der mit der Zeit abnimmt und sich letztendlich asymptotisch der Null nähert. Ein derartiges Verhalten zeigt zum Beispiel die Funktion:

$$f(t)_{\text{Ablösung}} = \frac{1}{1 + 0,01 \cdot t^2}$$

Sie ist in der folgenden Abbildung visualisiert:

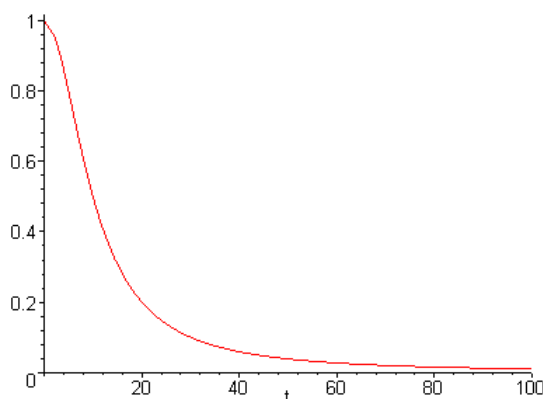


Abbildung 4.41: Funktion der Ablösung des Restschmutzes

Mit diesem Verlauf ergibt sich eine theoretisch unendliche Einlaufphase, d. h. auch nach beliebiger Zeit werden noch wenige Partikel abgelöst. Die Funktion ist im nächsten Schritt zu normieren. Die Normierung führt dazu, dass die Gesamtanzahl der abgelösten Partikel auch der zuvor anhaftenden Anzahl, d. h. der Restverschmutzung des Bauteils, entspricht. Dazu muss der Flächeninhalt unter der Kurve zu eins werden. Dies wird durch die Division durch das Integral der Funktion über den Bereich von Null bis Unendlich realisiert:

$$f(t)_{\text{Ablösung}}^{\text{normiert}} = \frac{\frac{1}{1 + 0,01 \cdot t^2}}{\int_0^{\infty} \frac{1}{1 + 0,01 \cdot t^2} dt}$$

Mit der Integrationsregel $\int \frac{dt}{a^2 + t^2} = \frac{1}{a} \arctan\left(\frac{t}{a}\right)$ ergibt sich:

$$\begin{aligned} \int \frac{1}{1 + 0,01 \cdot t^2} dt &= \int \frac{100}{100 + t^2} dt = \int \frac{100}{10^2 + t^2} dt = 100 \cdot \int \frac{dt}{10^2 + t^2} = 100 \cdot \frac{1}{10} \cdot \arctan\left(\frac{t}{10}\right) \\ &= 10 \cdot \arctan\left(\frac{t}{10}\right) \end{aligned}$$

Durch das Einsetzen der Grenzen ergibt sich:

$$\int_0^{\infty} \frac{1}{1 + 0,01 \cdot t^2} dt = 10 \cdot \arctan\left(\frac{t}{10}\right) \Big|_0^{\infty} = \lim_{t \rightarrow \infty} \left(10 \cdot \arctan\left(\frac{t}{10}\right) \right) - 10 \cdot \arctan\left(\frac{0}{10}\right)$$

$$\int_0^{\infty} \frac{1}{1+0,01 \cdot t^2} dt = 10 \cdot \frac{1}{2} \mu - 10 \cdot 0 = 5\mu$$

Damit ergibt sich die normierte Funktion durch Division durch 5μ :

$$f(t)_{\text{Ablösung}}^{\text{normiert}} = \frac{1}{(5\mu)} = \frac{1}{(5+0,05 \cdot t^2) \cdot \mu}$$

Somit bleibt der Verlauf der Funktion gleich. Allerdings schneidet sie die Ordinate bei 0,064 statt 1:

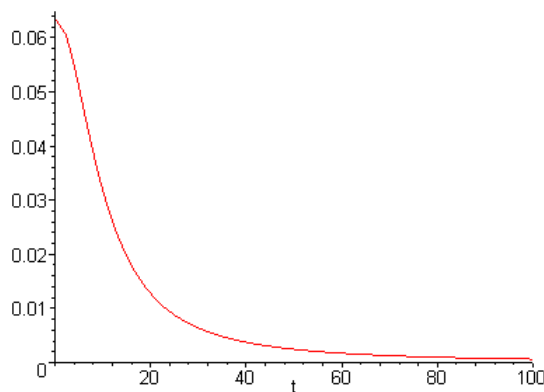


Abbildung 4.42: Normierte Funktion der Ablösung des Restschmutzes

Die beiden Abscheidegrade der Senkenfunktionen können aus dem Diagramm der Abbildung 4.40 abgelesen werden. Wird sicherheitshalber vom minimalen Abscheidegrad ausgegangen, ergeben sich die Werte für die unterschiedlichen Partikelgrößenklassen:

$$A_1 = \begin{pmatrix} A_1^1 \\ A_1^2 \\ A_1^3 \\ A_1^4 \\ A_1^5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,062 \\ 0,123 \\ 0,289 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}; A_2 = \begin{pmatrix} A_2^1 \\ A_2^2 \\ A_2^3 \\ A_2^4 \\ A_2^5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,896 \\ 0,950 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Die Werte des Vektors sind die jeweiligen Anteile der Partikel für die entsprechende Partikelgrößenklasse, die aus dem Betriebsmittelfluss herausgefiltert werden.

Zusätzlich ist die Quellenfunktion für den Abrieb am Motor zu bestimmen. Dies kann im Allgemeinen nur experimentell erfolgen. Im Rahmen dieser Betrachtung werden Erfahrungswerte verwendet. Eine Untersuchung des ACE (Auto Club Europa) hat ergeben, dass die Partikelgrößen im Bereich von $0,01$ bis $10 \mu\text{m}$ liegen [FRA05]. Für die diskrete Betrachtung in diesem Beispiel sind folglich lediglich die Partikelgrößenklassen $6 \mu\text{m} \geq P \geq 4 \mu\text{m}$ und $14 \mu\text{m} \geq P \geq 6 \mu\text{m}$ relevant. Bei einem angenommenen Abrieb von $0,5 \text{ mg/km}$ bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 50 km/h und einer durchschnittlichen Ölförderleistung von 6 l/min ergibt sich die Partikelkontamination des Betriebsmediums durch den Motor Q zu:

$$Q = \frac{0,5 \frac{\text{mg}}{\text{km}} \cdot 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{6 \frac{1}{\text{min}}} = 4,167 \cdot \frac{\text{mg}}{\text{h}} \cdot \frac{\text{min}}{1} = \frac{4,167}{60} \cdot \frac{\text{mg}}{1} = 6,94 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mg}}{\text{ml}}$$

Wird vereinfacht davon ausgegangen, dass sich die Partikelkontamination auf beide Größenklassen gleichermaßen aufteilt, ergeben sich $3,47 \cdot 10^{-5} \text{ mg/ml}$ pro Größenklasse. Werden darüber hinaus kugelförmige Partikel ($V_{\text{Kugel}} = 4/3 \cdot \pi r^3$) mit einer Dichte von $7,85 \text{ g/cm}^3$ (Dichte von Stahl) angenommen und jeweils die mittlere Ausdehnung der Partikelgrößenklasse angenommen, kann so die Anzahl der Partikel pro Volumeneinheit des Betriebsmediums bestimmt werden:

$$Q^1 = \frac{3,47 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mg}}{\text{ml}}}{\frac{4}{3} \cdot \pi r^3 \cdot 7,85 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = \frac{3,47 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mg}}{\text{ml}}}{\frac{4}{3} \cdot \pi (2,5 \mu\text{m})^3 \cdot 7,85 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = \frac{3,47 \cdot 10^{-8} \frac{\text{g}}{\text{ml}}}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (2,5 \mu\text{m})^3 \cdot 7,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{g}}{\mu\text{m}^3}} = \frac{67,538}{\text{ml}}$$

$$Q^2 = \frac{3,47 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mg}}{\text{ml}}}{\frac{4}{3} \cdot \pi r^3 \cdot 7,85 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = \frac{3,47 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mg}}{\text{ml}}}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (10 \mu\text{m})^3 \cdot 7,85 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = \frac{3,47 \cdot 10^{-8} \frac{\text{g}}{\text{ml}}}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (10 \mu\text{m})^3 \cdot 7,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{g}}{\mu\text{m}^3}} = \frac{1,06}{\text{ml}}$$

Damit wird der Vektor Q zu:

$$Q = \begin{pmatrix} Q^1 \\ Q^2 \\ Q^3 \\ Q^4 \\ Q^5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{67,538}{\text{ml}} \\ \frac{1,06}{\text{ml}} \\ 0 \\ \frac{0}{\text{ml}} \\ \frac{0}{\text{ml}} \\ \frac{0}{\text{ml}} \\ \frac{0}{\text{ml}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{6753,8}{100 \text{ ml}} \\ \frac{106}{100 \text{ ml}} \\ 0 \\ \frac{0}{100 \text{ ml}} \\ \frac{0}{100 \text{ ml}} \\ \frac{0}{100 \text{ ml}} \\ \frac{0}{100 \text{ ml}} \end{pmatrix}$$

Als Letztes wird der Ausgangszustand des Betriebsmediums zum Zeitpunkt $t=0$ benötigt. Das Öl ist beim Einfüllen in die Anlage nicht ideal sauber. Würde es den Reinheitsklassen 14 / 13 / 11 entsprechen, so ergibt sich bei den oberen Grenzen der Vektor:

$$K_{\text{P,Öl}}(t=0) = \begin{pmatrix} K_{\text{P,Öl}}^1(t=0) \\ K_{\text{P,Öl}}^2(t=0) \\ K_{\text{P,Öl}}^3(t=0) \\ K_{\text{P,Öl}}^4(t=0) \\ K_{\text{P,Öl}}^5(t=0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 16.000/100 \text{ ml} \\ 8.000/100 \text{ ml} \\ 0/100 \text{ ml} \\ 0/100 \text{ ml} \\ 0/100 \text{ ml} \end{pmatrix}$$

Somit sind alle Funktionen bestimmt, und es kann eine Umstellung des Systems nach den gesuchten Reinheitsanforderungen an die Teilbereiche K_{P1} und K_{P3} bis K_{P8} erfolgen:

$$K_{p2}(t) \geq K_{p,\text{ö1}}(t=0) + f(t) \cdot \left[K_{p3} + K_{p4} + 0,2 \left(K_{p5} + K_{p6} - \frac{S_2}{f(t)} \right) + 0,8 \left(K_{p7} - \frac{S_1}{f(t)} \right) + K_{p9} + \frac{Q}{f(t)} + K_{p1} \right]$$

Bei der Formel wird die zeitabhängige Partikelkonzentration $K_{p1}(t)$ ermittelt, indem der Betriebsmittelstrom verfolgt und alle Verschmutzungsquellen und -senken betrachtet werden. Der zeitliche Verlauf der Restschmutzabgabe $f(t)$ wird hierbei mit allen Restschmutzmengen K_p multipliziert. Zur Vereinfachung der Darstellung ist $f(t)$ ausgeklammert worden.

Die Faktoren 0,2 und 0,8 ergeben sich aus den Annahme, dass 80 % des Betriebsmittelstromes durch den Hauptfilter und 20 % durch den Nebenstromfilter fließt. Mit der Forderung:

$$(K_{p3}) = (K_{p4}) = (K_{p5}) = (K_{p6}) = (K_{p7}) = (K_{p8})$$

vereinfacht sich die Formel zu:

$$K_{p2}(t) = K_{p,\text{ö1}}(t=0) + f(t) \cdot \left[4 \cdot K_{p3} - \frac{0,2 \cdot S_2}{f(t)} - \frac{0,8 \cdot S_1}{f(t)} + \frac{Q}{f(t)} + K_{p1} \right]$$

Die Funktionen S_1 und S_2 sind von der aktuellen Partikelkonzentration des Mediums abhängig:

$$S_1 = K_{p2}(t) + f(t) \cdot (K_{p3} + K_{p4} + 0,8 K_{p7}) \cdot A_1; \quad S_2 = K_{p2}(t) + f(t) \cdot (K_{p3} + K_{p4} + 0,2 (K_{p5} + K_{p6})) \cdot A_2$$

$$S_1 = K_{p2}(t) + f(t) \cdot (K_{p3} + K_{p3} + 0,8 K_{p3}) \cdot A_1; \quad S_2 = K_{p2}(t) + f(t) \cdot (K_{p3} + K_{p3} + 0,2 (K_{p3} + K_{p3})) \cdot A_2$$

$$S_1 = K_{p2}(t) + 2,8 \cdot f(t) \cdot K_{p3} \cdot A_1; \quad S_2 = K_{p2}(t) + 2,4 \cdot f(t) \cdot K_{p3} \cdot A_2$$

Durch Einsetzen ergibt sich:

$$K_{p2}(t) = K_{p,\text{ö1}}(t=0) + f(t) \cdot \left(4 \cdot K_{p3} - \frac{0,2 \cdot (K_{p2}(t) + 2,4 \cdot f(t) \cdot K_{p3}) \cdot A_2}{f(t)} \right)$$

$$- 0,8 \cdot f(t) \cdot \left(\frac{(K_{p2}(t) + 2,8 \cdot f(t) \cdot K_{p3}) \cdot A_1}{f(t)} + \frac{Q}{f(t)} + K_{p1} \right)$$

$$K_{p2}(t) = K_{p,\text{ö1}}(t=0) + 4 \cdot f(t) \cdot K_{p3} - (0,2 K_{p2}(t) + 0,48 f(t) \cdot K_{p3}) \cdot A_2 - 0,8 K_{p2}(t) \cdot A_1$$

$$- 2,24 f(t) \cdot K_{p3} \cdot A_1 + Q + f(t) \cdot K_{p1}$$

$$K_{p2}(t) (1 + 0,2 A_2 + 0,8 A_1) = K_{p,\text{ö1}}(t=0) + K_{p3} (4 f(t) - 0,48 f(t) \cdot A_2 - 2,24 f(t) \cdot A_1) + f(t) \cdot K_{p1} + Q$$

$$K_{p2}(t) = \frac{K_{p,\text{ö1}}(t=0) + K_{p3} (4 f(t) - 0,48 f(t) \cdot A_2 - 2,24 f(t) \cdot A_1) + f(t) \cdot K_{p1} + Q}{(1 + 0,2 A_2 + 0,8 A_1)}$$

Es ist sicherzustellen, dass $K_{p2}(t)$ zu keinem Zeitpunkt den Grenzwert $\widehat{(K_{p2})}$ überschreitet. Für die verschiedenen Partikelgrößenklassen ergeben sich die folgenden Verläufe:

4 $\mu\text{m} \geq P \geq 0 \mu\text{m}$:

$$K_{P2}^1(t) = \frac{\frac{160}{\text{ml}} + K_{P3}^1(4f(t) - 0,48f(t) \cdot 0,896 - 2,24f(t) \cdot 0,062) + f(t) \cdot K_{P1}^1 + \frac{67,54}{\text{ml}}}{(1 + 0,2 \cdot 0,896 + 0,8 \cdot 0,062)}$$

$$= \frac{185,17}{\text{ml}} + 2,79 \cdot f(t) \cdot K_{P3}^1 + 0,814 \cdot f(t) \cdot K_{P1}^1$$

4 $\mu\text{m} \geq P \geq 6 \mu\text{m}$:

$$K_{P2}^2(t) = \frac{\frac{80}{\text{ml}} + K_{P3}^2(4f(t) - 0,48f(t) \cdot 0,950 - 2,24f(t) \cdot 0,123) + f(t) \cdot K_{P1}^1 + \frac{1,06}{\text{ml}}}{(1 + 0,2 \cdot 0,950 + 0,8 \cdot 0,123)}$$

$$= \frac{62,92}{\text{ml}} + 2,54 \cdot f(t) \cdot K_{P3}^2 + 0,78 \cdot f(t) \cdot K_{P1}^2$$

6 $\mu\text{m} \geq P \geq 14 \mu\text{m}$:

$$K_{P2}^3(t) = \frac{\frac{0}{\text{ml}} + K_{P3}^3(4f(t) - 0,48f(t) \cdot 1 - 2,24f(t) \cdot 0,289) + f(t) \cdot K_{P1}^3 + \frac{0}{\text{ml}}}{(1 + 0,2 \cdot 1 + 0,8 \cdot 0,289)}$$

$$= 2,01 \cdot f(t) \cdot K_{P3}^3 + 0,70 \cdot f(t) \cdot K_{P1}^3$$

14 $\mu\text{m} \geq P \geq 100 \mu\text{m}$:

$$K_{P2}^4(t) = \frac{\frac{0}{\text{ml}} + K_{P3}^4(4f(t) - 0,48f(t) \cdot 1 - 2,24f(t) \cdot 1) + f(t) \cdot K_{P1}^4 + \frac{0}{\text{ml}}}{(1 + 0,2 \cdot 1 + 0,8 \cdot 1)}$$

$$= 0,64 \cdot f(t) \cdot K_{P3}^4 + 0,50 \cdot f(t) \cdot K_{P1}^4$$

100 $\mu\text{m} \geq P \geq 500 \mu\text{m}$:

$$K_{P2}^5(t) = \frac{\frac{0}{\text{ml}} + K_{P3}^5(4f(t) - 0,48f(t) \cdot 1 - 2,24f(t) \cdot 1) + f(t) \cdot K_{P1}^5 + \frac{0}{\text{ml}}}{(1 + 0,2 \cdot 1 + 0,8 \cdot 1)}$$

$$= 0,64 \cdot f(t) \cdot K_{P3}^5 + 0,50 \cdot f(t) \cdot K_{P1}^5$$

Die Funktion $f(t)$ besitzt jeweils am Anfang ihr Maximum. Es liegt bei 0,064 (vgl. Abbildung 4.42). Wird dieses Maximum bei den vorgegebenen Randbedingungen betrachtet, ergibt sich der folgenden Zusammenhang:

$$\widehat{(K_{P2})} = \begin{pmatrix} K_{P2}^1 \\ K_{P2}^2 \\ K_{P2}^3 \\ K_{P2}^4 \\ K_{P2}^5 \end{pmatrix} \leq \frac{1}{\text{ml}} \cdot \begin{pmatrix} 2500 \\ 640 \\ 80 \\ 0,2 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{185,17}{\text{ml}} + 0,179 \cdot K_{P3} + 0,051 \cdot K_{P1} \\ \frac{62,92}{\text{ml}} + 0,163 \cdot K_{P3} + 0,051 \cdot K_{P1} \\ 0,129 \cdot K_{P3} + 0,045 \cdot K_{P1} \\ 0,041 \cdot K_{P3} + 0,032 \cdot K_{P1} \\ 0,041 \cdot K_{P3} + 0,032 \cdot K_{P1} \end{pmatrix}$$

Da K_{P1} die Restschmutzmenge der relativ großen Ölwanne bezeichnet, soll im Vergleich zu den anderen Teilen eine doppelt so hohe Partikelanzahl erlaubt werden. Damit ergibt sich:

$$K_{P1} = \begin{pmatrix} K_{P1}^1 \\ K_{P1}^2 \\ K_{P1}^3 \\ K_{P1}^4 \\ K_{P1}^5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 16.475,66 \\ 4355,32 \\ 730,6 \\ 3,810 \\ 0 \end{pmatrix}; K_{P3} = \begin{pmatrix} K_{P3}^1 \\ K_{P3}^2 \\ K_{P3}^3 \\ K_{P3}^4 \\ K_{P3}^5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 8237,83 \\ 2177,66 \\ 365,30 \\ 1,905 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Es sei darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse im Rahmen der selbst entwickelten Systematik nur exemplarisch abgeleitet sind und von den aufgeführten Voraussetzungen abhängen. Durch die Gleichsetzung der erlaubten Restschmutzmengen K_{P1} bis K_{P7} kommt es zum generellen Verbot von Partikeln über $100 \mu\text{m}$. Würde anstatt dessen eine Aufteilung in die Bereiche „vor dem Filter“ und „nach dem Filter“ vorgenommen, ergäbe sich, dass derartige Partikel erlaubt wären. Da das System einen Bypass besitzt, der bei belegtem Filter den Betriebsmittelstrom an der Filterung vorbei leitet, wurde in diesem Fall darauf verzichtet. Darüber hinaus könnten kompliziertere Senkenfunktionen verwendet werden, die die Belegung des Filters berücksichtigen. Eine derartige Funktion müsste die Anzahl der Partikel über die Zeit integrieren, um dann abhängig von der Belegung z. B. einen Teil des Betriebsmittelstromes umzuleiten. Im vorliegenden Beispiel wird zunächst davon ausgegangen, dass keine Umleitung erfolgt, da der Filter voll funktionstüchtig ist. Dadurch fällt aber auch die erlaubte Restschmutzmenge K_{P9} aus der Rechnung heraus.

Um die absolute Anzahl der Partikel zu bestimmen, müssten die Werte K_{P1} bis K_{P7} mit dem Füllvolumen der jeweiligen Elemente multipliziert werden. Daher sind bei größeren Bauteilen mehr Partikel erlaubt als bei kleineren, was technisch sinnvoll ist. In der Praxis hat sich die Angabe der absoluten Anzahl der Partikel oder der Partikel pro Bauteiloberfläche durchgesetzt.

4.7.2 Durchführung von Fehlermöglichkeits- und Einflussanalysen (FMEA)

Die Einflüsse der unterschiedlichen Prozesse auf den Reinheitszustand eines Bauteils sind mitunter schwer abzuschätzen. Die Abbildung 4.43 zeigt exemplarisch mögliche Quellen von Rückverschmutzungen auf.

Es wird deutlich, dass die unterschiedlichen Einflussparameter zum Teil kaum überschaubar sind. So müssen beispielsweise Beschichtungen berücksichtigt werden, die Abrieb erzeugen, der das Bauteil verschmutzt. Im Lager tritt mitunter eine Staubbelastung bei unverpackten Gegenständen auf. Ist diese Belastung proportional zur Einlagerungszeit, hat die Streuung der Zeit aufgrund betrieblicher Umstände einen großen Einfluss und müsste berücksichtigt werden. Bei allen Transportvorgängen sind Schwingungen vorhanden, die ungeschützte Bauteile aneinander schlagen

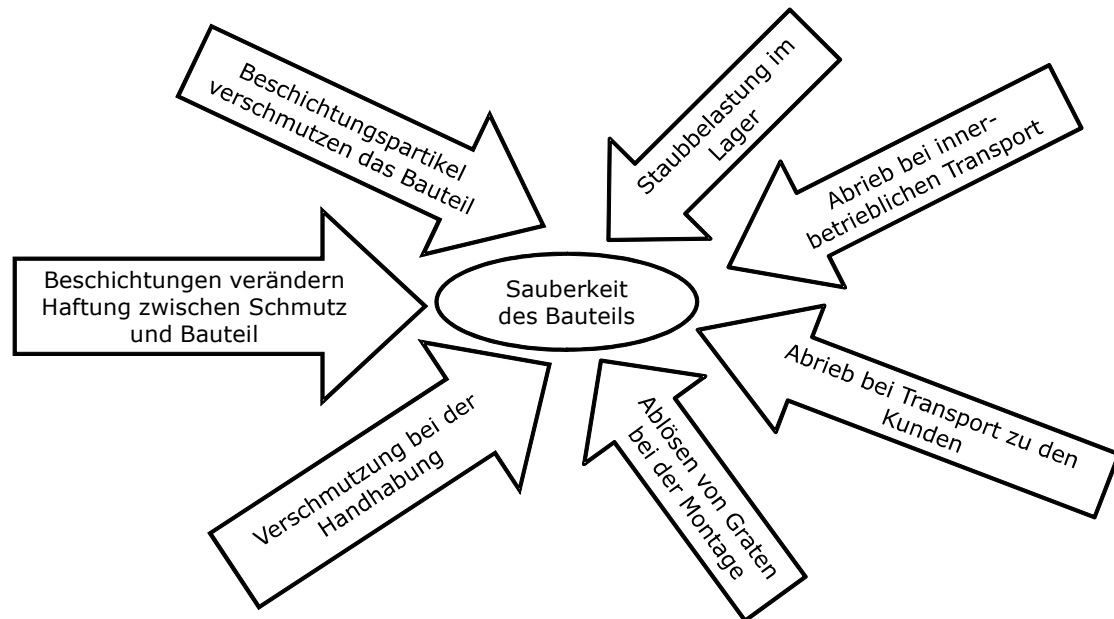


Abbildung 4.43: Schmutzquellen während der Produktentstehungsphase

lassen und dadurch Abrieb erzeugen. Bei der Montage geschieht dasselbe aufgrund von Relativbewegungen und Kräften zwischen den zu montierenden Bauteilen. Darüber hinaus kommt es bei der Handhabung von Bauteilen nahezu immer zu Verschmutzungen.

Diese Aufzählung macht bereits die Vielfalt der Einflussmöglichkeiten deutlich. Soll eine systematische Betrachtung erfolgen, bietet sich eine FMEA (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse) an. Eine derartige FMEA kann sowohl verwendet werden, um Quellen von Verschmutzungen, als auch um mögliche Fehler im Reinigungsprozess selbst aufzunehmen. Für beide Anwendungsbereiche ist eine Vorgehensweise in Anlehnung an den VDA Band 4.2 sinnvoll [VDA03]. Im ersten Schritt werden die beteiligten Prozesse erfasst und strukturiert. Im nächsten Schritt erfolgt die Zuordnung und Verknüpfung der Hauptfunktionen. Im Anschluss werden die möglichen Fehlfunktionen bzw. Quellen von Verschmutzungen den Funktionen zugeordnet. Bei der Maßnahmenanalyse können dann entweder Vermeidungsstrategien ausgearbeitet oder aber Reinigungsprozesse ergänzt werden. Bei der Bewertung fließen, wie bei einer FMEA üblich, sowohl die Bedeutung des Einflusses, als auch die Auftretens- und Entdeckungswahrscheinlichkeit mit ein, um eine Priorisierung möglicher Verbesserungsmaßnahmen zu erlauben. Somit gelingt es, den kompletten Fertigungsablauf hinsichtlich seiner Einflüsse auf die Reinigung abzubilden und systematisch zu optimieren.

Zusammenfassend betrachtet lässt sich die Fehlermöglichkeits- und Einfluss-Analyse (FMEA) in fünf Schritte unterteilen, wie die Abbildung 4.44 visualisiert.

Im Folgenden wird eine FMEA exemplarisch für den Anwendungsbereich des Aufnehmens von Fehlern im Reinigungsprozess durchgeführt. Als Erstes ist die Systemstruktur zu generieren. Dazu sind alle Prozesse, die einen Einfluss auf den Reinheitszustand besitzen oder die Anforderungen an die Reinheit des Bauteils stellen, zu berücksichtigen. Im nächsten Schritt wird den Strukturelementen die jeweilige Funktion zugeordnet und eine Verknüpfung der Funktionen vorgenommen, um die Abhängigkeiten aufzuzeigen. Im Anschluss erfolgt die Betrachtung der eigentlichen Fehler bzw. der Quellen der Verschmutzungen. Die Schritte können in einer gemeinsamen Übersicht zusammengefasst werden, wie die Abbildung 4.45 exemplarisch zeigt.

Systemanalyse

Risikoanalyse und Maßnahmen

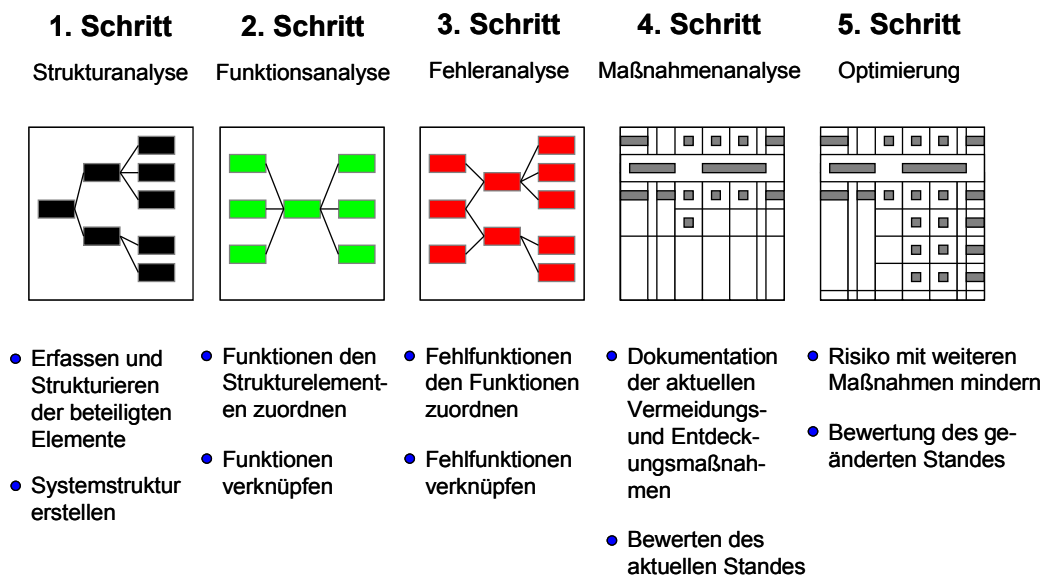


Abbildung 4.44: Die fünf Schritte zur Erstellung einer FMEA [VDA03]

Hierbei wird der Prozess „Feinstreinigung“ in seine Unterprozesse „Reinigungsvorgang“, „Nachbehandlung“ und „Restschmutzuntersuchung“ eingeteilt. Danach erfolgt eine weitere Verästelung in der dritten Ebene. Die Kästen mit der grünen Schrift kennzeichnen die Hauptfunktionen der einzelnen Strukturelemente. Die Kästen mit der roten Schrift ergänzen die möglichen Fehler, wobei es sich entweder um Erfahrungswerte oder - bei den neuen, noch nicht in der Praxis erprobten Fertigungsschritten - um Vermutungen handelt. In diesem Fall ist auf eine Verknüpfung der Fehlfunktionen untereinander verzichtet worden, da sie weitestgehend unabhängig voneinander betrachtet werden können und die Verknüpfung über die Funktionen ausreicht.

Im nächsten Schritt sind die Fehler zu kategorisieren und eine Prioritätenliste aufzustellen. Dies erfolgt im Rahmen einer FMEA in Form einer Risikobewertung mittels einer Risikoprioritätszahl (RPZ). Die Risikoprioritätszahl (RPZ) ist das Produkt aus der Auftretenswahrscheinlichkeit (A), der Bedeutung des Fehlers (B) und der Entdeckungswahrscheinlichkeit (E). Die entsprechenden Werte werden üblicherweise in einer Tabelle zusammengefasst. Die folgende Tabelle zeigt das Ergebnis für die in der Abbildung 4.45 aufgeführten Fehler auf der untersten Ebene:

Prozess	Fehler	Wirkung	A	B	E	RPZ
Vorrichtung bestücken	Bauteile nur unzureichend positioniert	Teilbereiche des Bauteils bleiben verschmutzt	7	8	6	336
Waschmaschine befüllen	Waschkammer zu voll	Auf Bauteil bleibt filmische Verschmutzung zurück	5	8	7	280
	Vorrichtungen nicht korrekt positioniert	Teilbereiche des Bauteils bleiben verschmutzt	6	8	6	288
Waschprogramm starten	Waschvorgang startet nicht	Bauteile werden nicht gereinigt	2	9	2	36
	Waschvorgang endet zu früh	Bauteile werden nicht ausreichend gereinigt	1	8	4	32
	Waschvorgang endet zu spät	Reinigungsvorgang ist nicht effektiv	1	2	4	8

Prozess	Fehler	Wirkung	A	B	E	RPZ
Teile mit Druckluft abblasen	Keine Druckluft vorhanden	Bauteile werden nicht getrocknet	2	5	2	20
	Druckluft verunreinigt	Bauteile werden erneut verschmutzt	4	7	6	168
Restschmutzuntersuchung	Zu wenig Spülflüssigkeit	Verfälschung der Prüfergebnisse	3	6	6	108
	Zu viel Spülflüssigkeit	Verfälschung der Prüfergebnisse	2	6	6	72
	Spülflüssigkeit nicht in Ordnung	Verfälschung der Prüfergebnisse	3	6	7	126

Durch die Risikoprioritätszahl (RPZ) wird die Bedeutung eines möglichen Fehlers ersichtlich. Je höher die Zahl, desto wichtiger und dringender ist auch die Abstimmung.

Im nächsten Schritt würden Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet, die nach dem gleichen Schema bewertet werden, um den Nutzen der Maßnahmen zu quantifizieren.

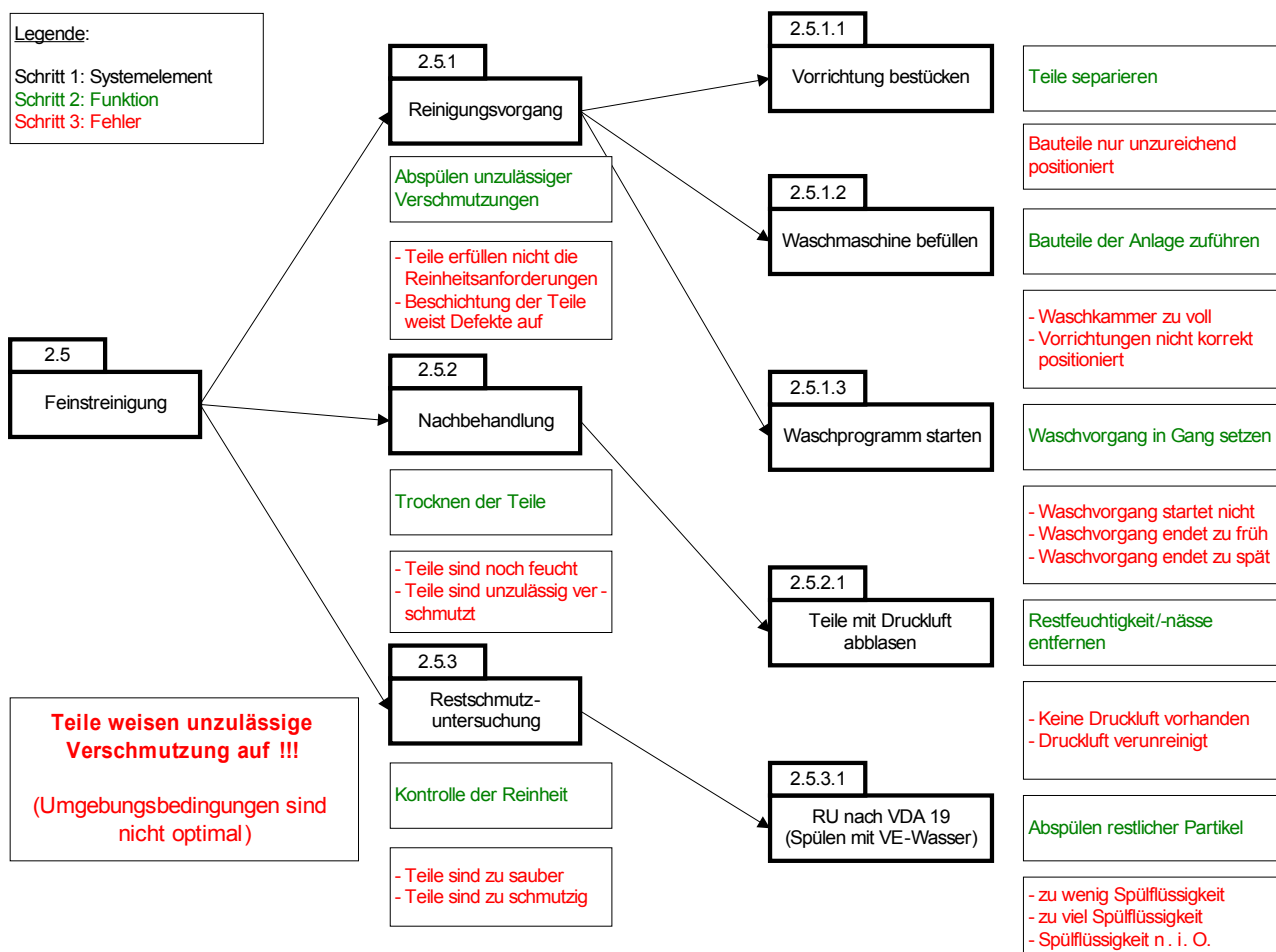


Abbildung 4.45: Strukturanalyse

4.7.3 Anwendung von Gestaltungsregeln / Auswahl des Materials

Die Gestaltungsregeln helfen den Konstrukteuren und Konstrukteurinnen, die Bauteile reinigungsgerecht auszuführen. Da die Reinigungsverfahren eine sehr große Vielfalt aufweisen, ist es sehr schwierig, allgemeingültige Regeln aufzustellen. Es bestehen allerdings einige Gemeinsamkeiten, die berücksichtigt werden sollten.

Im Bereich der lebensmittelverarbeitenden Industrie existieren schon seit sehr langer Zeit Überlegungen, wie sich die Reinigbarkeit von Anlagen optimieren lässt. Vorreiter für diese Entwicklung ist die EHEDG (European Hygienic Engineering & Design Group) [EHE09]. Sie beschäftigt sich vor allem mit der sogenannten CIP-Reinigung (Cleaning-In-Place), d. h. der Reinigung von Anlagen im Betrieb ohne Demontage. Durch diese Randbedingung hat sich die Notwendigkeit ergeben, die Konstruktionen besonders reinigungsgerecht auszuführen. Im Vergleich zum allgemeinen Maschinenbau ist sicherlich die Situation, die Elemente im montierten Zustand reinigen zu müssen, eine Besonderheit, die keine direkte Anwendung der Ergebnisse zulässt. Nichts desto trotz sind die abgebildeten Erkenntnisse als Anregung sehr wertvoll. Es wurden beispielsweise Testverfahren entwickelt, wie der experimentelle Nachweis der hygienegerechten Gestaltung möglich ist und wie nach einer Testreinigung kontrolliert werden kann, ob alle potentiellen Bakterien entfernt wurden.

Eine gute Übersicht der Gestaltungsregeln im Bereich der lebensmittelverarbeitenden Industrie liefern die Normen DIN EN 1672 [DIN1672] und EN ISO 14159 [DIN141]. Sie stellen Gut-Schlechtbeispiele für die hygienegerechte Gestaltung dar. Die Abbildung 4.46 zeigt zwei Beispiele auf.

Im Bereich des allgemeinen Maschinenbaus hat [KLO03] erste Gestaltungsregeln aufgestellt. Neben den eigentlichen Regeln wurden auch Leitregeln zur Werkstoffauswahl definiert. Diese stellen dar, welche Werkstoffe prinzipiell gut reinigbar sind und bei welchen Schwierigkeiten auftreten können. Grundlage dafür ist die Verträglichkeit mit möglichst vielen Reinigern und kleinstmögliche Einschränkungen bezüglich der einsetzbaren Reinigungsverfahren. Die Kräfte, die beim Reinigen zwischen Grundwerkstoff und Verschmutzung überwunden werden müssen, um die Verschmutzung abzulösen, werden aufgrund der Komplexität nicht beleuchtet. Es gibt jedoch Forschungsarbeiten, die beschreiben, wie sich zum Beispiel der Zusammenhang zwischen den Oberflächenrauheiten und der Reinigbarkeit der Komponenten darstellt [WEI03].

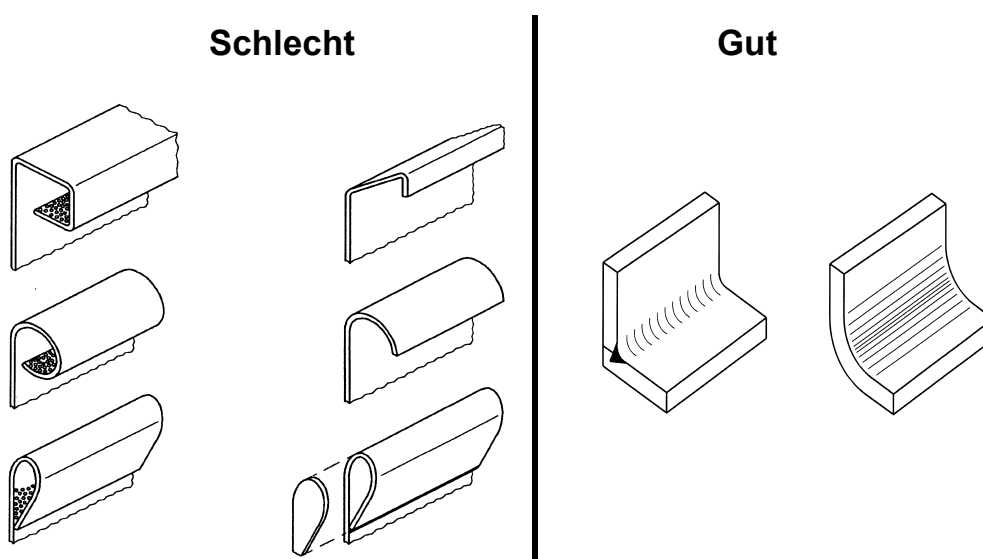


Abbildung 4.46: Gut-Schlecht-Beispiele nach DIN EN 1672-2 [DIN 1672]

4.7.4 Simulation von Reinigungsvorgängen

Häufig können die Reinheitsanforderungen nicht erfüllt werden, da die Gestaltung der Bauteile dies nicht erlaubt. Existieren beispielsweise Spalten mit Kapillarwirkung, so ist die Gefahr groß, dass sich das Reinigungsmedium mit der aufgenommenen Verschmutzung beim Trocknungsvorgang in diesen Bereichen nicht vollständig entfernen lässt. Beim langsamen Abtrocknen während der Lagerung oder während des Betriebes lösen sich dann mitunter Partikel, die Schwierigkeiten bereiten. Dieses Beispiel macht bereits deutlich, dass eine ganzheitliche Betrachtung unumgänglich ist und konstruktive Leitregeln eine bedeutende Rolle spielen, wie auch im letzten Teilkapitel beleuchtet worden ist.

Neben der Anwendung derartiger Leitregeln ist es möglich, Entwürfe durch eine Strömungssimulation zu verifizieren, wobei die Ergebnisse lediglich qualitativer Natur sein können, insofern als die Simulation des eigentlichen Ablösevorganges von Partikeln noch nicht gelungen ist und weitere intensive Forschungsarbeit erfordern würde. Bereits heute lässt sich jedoch der große Nutzen der Simulation erkennen. Der Ablöseprozess des Schmutzes ist von den vier Faktoren Chemie, Zeit, Mechanik und Temperatur abhängig, (vgl. Abbildung 2.21) Dabei kann die mechanische Wirkung des Reinigungsmediums weitestgehend unabhängig von den anderen Faktoren betrachtet werden. So beeinflusst zwar die Zusammensetzung des Reinigungsmediums die Ablösung des Schmutzes und führt zum Beispiel dazu, dass der Schmutz bereits bei geringeren mechanischen Wirkungen entfernt werden kann. Nichts desto trotz dauert die Reinigung in den Bereichen, in denen die mechanische Wirkung besonders gering ist, überproportional lang bzw. findet gar nicht statt. Das Reinigungsmedium beeinflusst folglich die Gesamtzeit des Reinigungsvorganges und die Größe des Bereiches, der bei mitunter sehr langer Zeit überhaupt gereinigt werden kann. Die Verteilung der erforderlichen Reinigungszeit über ein Bauteil bzw. die Verteilung, wie sicher unterschiedliche Bauteilbereiche gereinigt werden können, wird weitestgehend nur vom Material, der Oberflächenrauheit und der eingebrachten mechanischen Energie geprägt. Bei genauerer Betrachtung des Standes der Technik können daher die folgenden Thesen mit hoher Sicherheit aufgestellt werden:

Bei Festlegung eines Reinigungsverfahrens und genau spezifizierten Bedingungen existiert eine eindeutige Verteilung der ortsabhängigen Reinigungsrate, d. h. der Menge an abgelösten Schmutz pro Zeiteinheit.

Durch die Veränderung der weiteren Parameter (Material, Reinigungsmedium, Oberflächenbeschaffenheit, Temperatur) wird die ortsabhängige Funktion skaliert und der Wert definiert, wie hoch die Strömungsenergie mindestens sein muss, um eine Reinigung überhaupt zu ermöglichen. Dadurch bleibt die normalisierte Reinigungsfunktion auch bei Veränderung weiterer Parameter, die die Strömung nicht beeinflussen, gleich.

Es existiert folglich für jedes Bauteil eine für das jeweilige Reinigungsverfahren eindeutige Verteilung der ortsabhängigen Reinigbarkeit. Diese ist in erster Näherung von den weiteren nicht-mechanischen Einflussfaktoren unabhängig, wenn die Verteilung normalisiert wird. Der Größtwert für die Skalierung der Normalisierung ist dabei die Reinigungsrate beim Maximum der am Bauteil vorhandenen relevanten mechanischen Einflussgröße.

Bei der relevanten mechanischen Einflussgröße muss in erster Näherung zwischen der Reinigung von filmischen und von partikelartigen Verschmutzungen unterschieden werden. Bei filmischen Verschmutzungen ist vor allem die Geschwindigkeit des Fluides in den wandnahen Schichten relevant, um den Konzentrationsgradienten aufrecht zu erhalten, der die Diffusion begünstigt. Bei partikelartigen Verschmutzungen ist es die Wandschubspannung [HOF07]. Eine hohe Wandschubspannung ist jedoch nur bei hohen Geschwindigkeiten in Wandnähe möglich, weshalb beide Effekte Analogien aufweisen. Dies wird bei der Betrachtung der Formel zur Wandschubspannung deutlich.

Die Schubspannung bei normalviskosen newtonschen Fluiden wird über den Newtonschen Reibungssatz durch Multiplikation der dynamischen Viskosität η mit dem Geschwindigkeitsgradienten an der Wand erzeugt [WEI03]:

$$\tau_w = \frac{\text{Schubkraft}}{\text{Berührungsfläche}} = \eta \cdot \left(\frac{\partial u}{\partial n} \right)_w$$

Zur weiteren Erhöhung der Genauigkeit müsste eine detailliertere Schmutzablösefunktion definiert werden. In der Literatur gibt es Hinweise darauf, dass bei verschiedenen Schmutzarten die Zusammenhänge komplexer sein könnten. So haben die vorhandenen Forschungsarbeiten zur Bestimmung der mechanischen Einflussgrößen auf die Schmutzablösung vorausgesetzt, dass die Bindungskräfte innerhalb der Schmutzschicht selbst homogen, d. h. unabhängig von der Schichtdicke, sind und dass die Bindung zwischen der Schmutzschicht und der zu reinigenden Oberfläche ebenfalls so stark ist, wie die Bindungskräfte innerhalb der Schmutzschicht selbst. Eventuell gibt es jedoch Verschmutzungen, bei der die Ablösemenge pro Zeiteinheit trotz gleicher sonstiger Parameter variiert. Beispiele wären filmische Verschmutzungen, bei welchen die Bindungsenergie innerhalb der Schicht kleiner ist als zwischen der Schicht und der Oberfläche, so dass insbesondere ein Restfilm schwer abzureinigen ist, oder aber Verschmutzungsschichten, die erst mit einer gewissen zeitlichen Einwirkung quellen und danach abgelöst werden können. Der zeitliche Verlauf der Reinigung würde sich dadurch deutlich ändern. Zur Auslegung von Reinigungsprogrammen wären diese Informationen äußerst wichtig.

Die Eruierung der detaillierten Funktionen ist jedoch nicht Bestandteil dieser Arbeit. Es wären umfangreiche Versuchsreihen erforderlich, mit denen es auch nur gelingen könnte, die Schmutzablösefunktion für wenige ausgewählte Kombinationen herauszufinden. Ändern sich Parameter, wie der in der Produktion eingesetzte und zu entfernende Kühlschmierstoff, wären die Verhältnisse wieder andere. Daher macht eine dahingehende Optimierung einer Konstruktion auch nur in Einzelfällen Sinn. Soll die generelle Reinigbarkeit untersucht werden, kann darauf weitestgehend verzichtet werden. Die Anpassung der Abreinigungsfunktion würde lediglich zu einer zeitlichen Varianz der abgetragenen Schmutzmenge führen. Die Differenzierung, ob überhaupt eine Reinigung stattfindet oder nicht, ist nach wie vor insbesondere von einer gewissen Wandschubspannung und Geschwindigkeit in wandnahen Schichten abhängig. Vor diesem Hintergrund soll der Ansatz verfolgt werden, die Verteilung der Wandschubspannung des Reinigungsfluids zu bestimmen. Ist es möglich, die Differenz zwischen dem maximalen und minimalen Wert gering zu halten, können die Parameter der Reinigung gut eingestellt werden, und das Bauteil ist als reinigungsfreundlich zu charakterisieren. Ist die Differenz hingegen hoch, ist es auch nicht möglich, das Bauteil effizient zu reinigen. Entweder gelingt es in den schwierigen Bereichen grundsätzlich nicht, die erforderliche mechanische Energie einzubringen, oder aber die applizierte mechanische Energie wird in anderen Teilbereichen bereits so groß, dass die Gefahr von Beschädigungen oder des Ablösen einer Beschichtung besteht.

Gelingt es folglich, die Verteilung der Wandschubspannung zu optimieren, ist dies mit einer Optimierung der Reinigbarkeit gleichbedeutend, falls die Verschmutzung homogen über das Bauteil verteilt ist.

Die Bestimmung und Visualisierung der Wandschubspannung ist sowohl experimentell als auch simulationstechnisch möglich. Im Rahmen dieser Arbeit soll nur die Simulation weiter verfolgt werden, da sie sich für die vorausschauende Optimierung von Konstruktionen besonders gut eignet.

Der Bau und das Testen von Prototypen wäre sehr aufwändig und daher wenig zielführend. Hierbei spielen nicht nur die Kosten für die Prototypen eine bedeutende Rolle, sondern auch die durchzu-

führenden Messungen selbst. Alle Methoden zur experimentellen Bestimmung der Wandschubspannungen sind äußerst kostenintensiv. Dies gilt insbesondere auch bei der Prüfung der kritischen Bereiche, die im Allgemeinen schlecht zugänglich sind. Dieselbe Problematik existiert sowohl bei der direkten Messung des Restschmutzes als auch bei den indirekten Verfahren, bei denen der Schmutz zum Beispiel durch ein Spülverfahren zunächst extrahiert werden muss. Generell sind Restschmutzbestimmungen immer relativ anspruchsvoll. Die gängigen Verfahren (vgl. Kap. 2.2.1) lösen die Restschmutzmengen nicht örtlich auf und können sie in einigen Fällen überhaupt nicht feststellen, falls auch beim Testen das Herauslösen der Verschmutzung nicht gelingt.

Im Folgenden wird exemplarisch aufgezeigt, wie mittels der Strömungssimulation eine Abschätzung der Reinigbarkeit von Konstruktionen möglich ist und visualisiert werden kann. Die Vorgehensweise ist im Rahmen dieser Arbeit entwickelt worden. Das Ziel hierbei ist die Bereitstellung eines Werkzeugs zur Optimierung der Konstruktion. So kann das behandelte Bauteil oder die Baugruppe in einem iterativen Prozess, der aus einer weiteren Anpassung der Konstruktion und einer erneuten Simulation besteht, verbessert werden.

Der erste Schritt der Simulation ist die Vernetzung des Strömungsvolumens. Wird eine Welle in einem Reinigungsbad betrachtet, so muss der Bereich zwischen der Welle und den Wandungen des Bades in diskrete Volumenelemente eingeteilt werden. Hierbei kommt ein Finite-Volumen-Verfahren zum Einsatz, bei welchem später die Erhaltungsgleichungen der Strömungsmechanik über das jeweilige Volumenelement in integraler Form erfüllt werden.

Mittels eines Vernetzungsprogrammes, in diesem Fall die Software Ansys ICEM[®], erfolgt die Generierung des Netzes. Dieses wird im nächsten Schritt in eine Simulationssoftware wie z. B. Ansys CFX[®] geladen, um die Randbedingungen einzustellen. Dies betrifft die Art der Strömung, die wesentlichen Kenndaten des Reinigungsmediums und die Parameter an den Grenzen des Netzes, wo Ein- und Ausströmbedingungen oder die Wirkung von Bauteilwänden zu definieren sind. Darüber hinaus sind die Parameter der verwendeten strömungsmechanischen Modelle und die Rechengenauigkeiten und Abbruchkriterien des numerischen Löser einzustellen. Die ausgegebene Datei, die das Netz und alle Randbedingungen enthält, wird im nächsten Schritt vom numerischen Löser verwendet, um das Ergebnis zu bestimmen. Als letztes erfolgt die Visualisierung mittels eines Programms zur Nachbearbeitung der Ergebnisse.

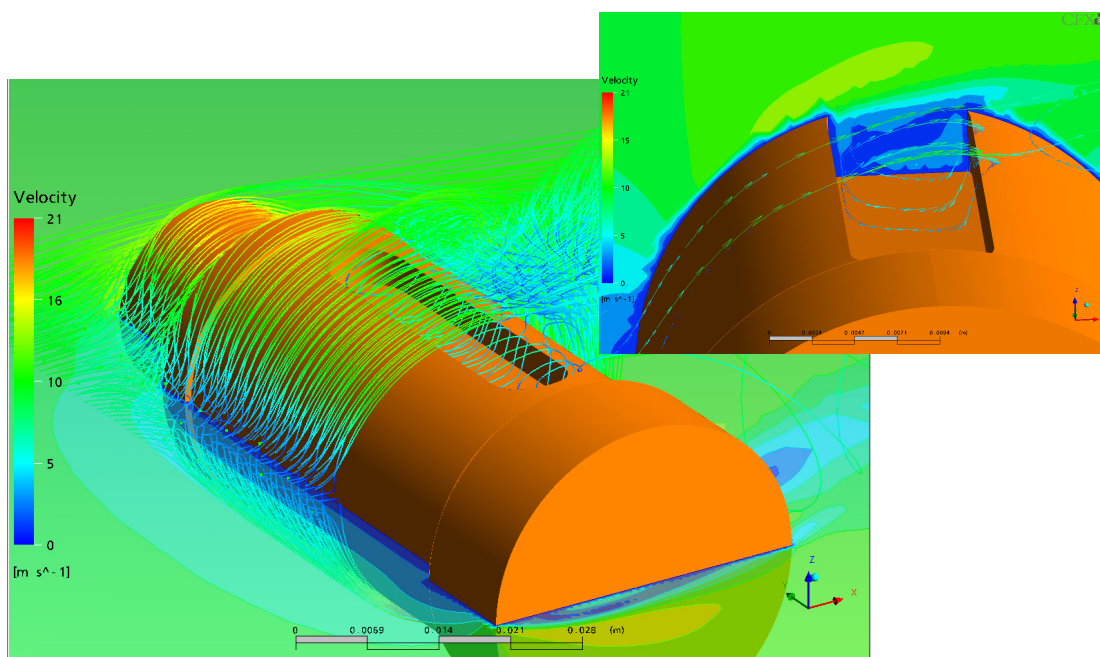


Abbildung 4.47: Qualitative Strömungssimulation einer Welle im Reinigungsbad

Die Abbildung 4.47 zeigt eine Welle mit einer Passfederverbindung auf, die von einem Reinigungsmittel in einem Reinigungsbad umströmt wird.

Besonders in der Detailansicht wird ein Wirbel innerhalb der Passfedernut sichtbar, der nicht die . Die blaue Farbe auf der dargestellten Ebene zeigt Bereiche mit geringer Geschwindigkeit des Reinigungsmediums auf. Dies bedeutet, dass Verschmutzungen relativ schlecht abtransportiert werden. Bei partikulären Verschmutzungen ist die Wandschubspannung zur Ablösung mitunter zu gering. Bei filmischen Verschmutzungen wird der Konzentrationsgradient, der die Ablösung begünstigt, nicht aufrecht erhalten, da die bereits abgelösten Stoffe nicht schnell genug von der entsprechenden Stelle entfernt werden.

Werden alle Stellen gekennzeichnet, die einen gewissen Wert einer Wandschubspannung unterschreiten, so werden die kritischen Stellen, an denen Schmutz zurückbleiben könnte, noch deutlicher:

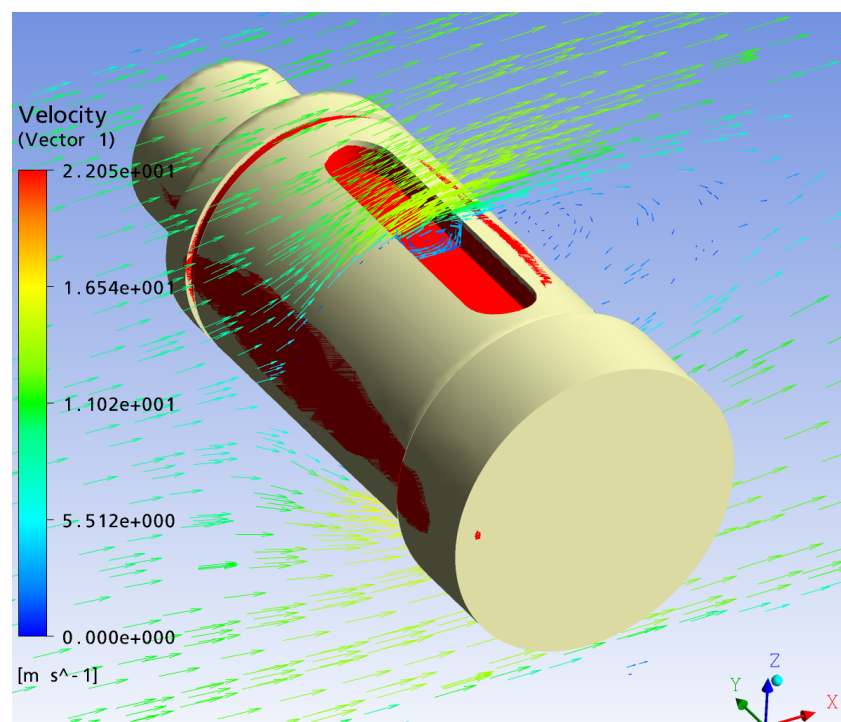


Abbildung 4.48: Bereiche einer Welle im Reinigungsbad mit zu niedriger Wandschubspannung (rot gekennzeichnet)

Die roten Bereiche kennzeichnen die problematischen Stellen mit einer sehr geringen Wandschubspannung. Insbesondere die Nut und die in Strömungsrichtung liegenden Stirnflächen sind offensichtlich nur schwer zu reinigen. Eine Verbesserung ist entweder durch die Auswahl einer anderen Welle-Nabe-Verbindung oder die Anpassung der Parameter des Reinigungsverfahrens möglich, indem die problematischen Bereiche gezielt angeströmt werden, um höhere Strömungsgeschwindigkeiten und damit auch höhere Wandschubspannungen zu erreichen.

Mit Hilfe dieser Technik können auch komplexere Bauteile oder Baugruppen betrachtet werden, wie beispielsweise eine verrippte Grundplatte oder die Außenkontur eines Drosselventils:

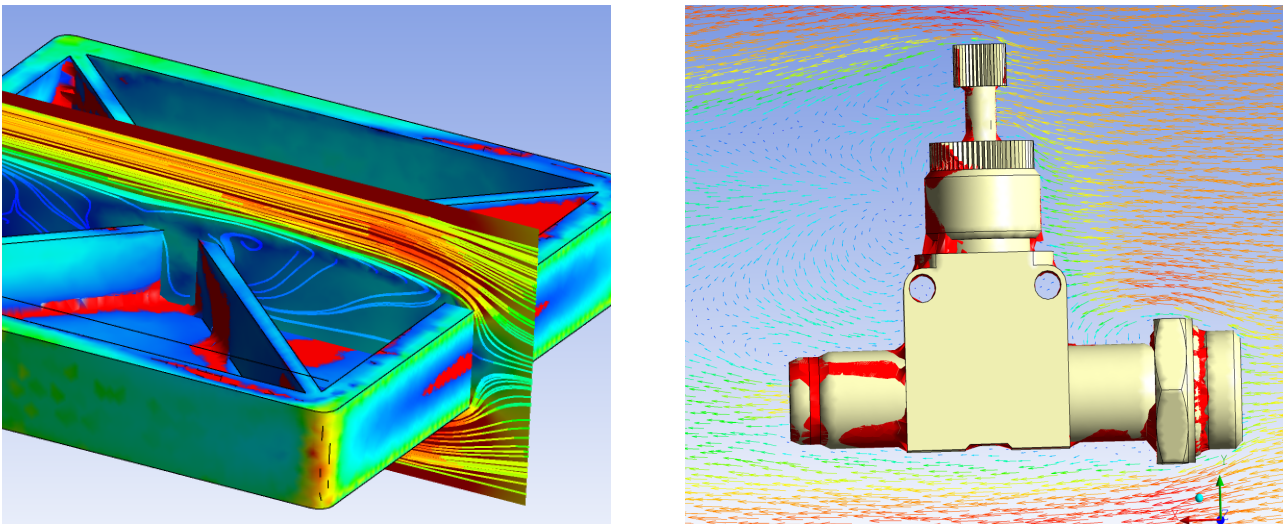


Abbildung 4.49: Visualisierung von Bereichen geringer Wandschubspannung bei der Reinigungssimulation (Grundplatte, Drosselventil)

Falls in der Simulation definiert wird, dass Partikel aus der Oberfläche des Bauteils austreten, so kann die Zeit vom Austreten des Bauteiles bis zum endgültigen Abtransport visualisiert werden:

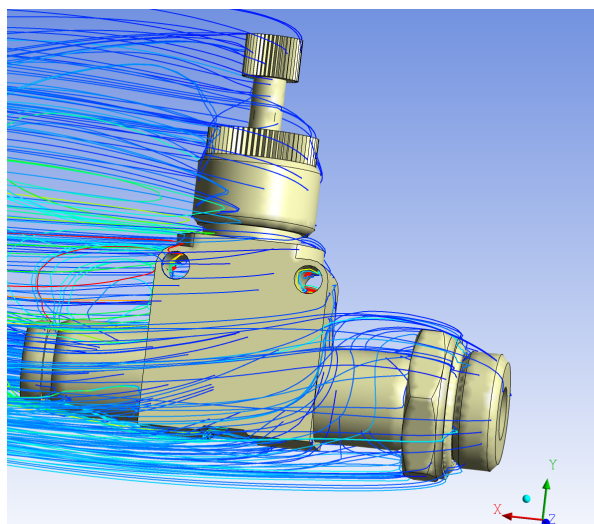


Abbildung 4.50: Visualisierung der Partikellaufzeit (Rottöne entsprechen längeren Laufzeiten)

Damit werden ebenfalls Bereiche sichtbar, die in Bezug auf die Reinigung bedenklich sind und einer weiteren Optimierung bedürfen. In der Abbildung 4.50 sind besonders die Laufzeiten der Partikel auffällig, die im Bereich der beiden Bohrungen ihren Startpunkt besitzen. In diesem Bereich ist der Aufbau einer ausreichenden Wandschubspannung nicht möglich, und zudem sind die Geschwindigkeiten so gering, dass Verschmutzungen kaum abtransportiert werden. Insbesondere bei größeren Bauteilen wird auf diese Weise sehr schnell eine Übersicht darüber geschaffen, welche Teilbereiche problematisch sind und einer weiteren Betrachtung bedürfen. Folglich kann ganz ohne Realversuche eine Optimierung der Bauteile erfolgen. Diese Optimierung ist zunächst nur qualitativer Natur. Der Anspruch, eine Genauigkeit zu erreichen, die eine exakte Voraussage der Reinigbarkeit mittels einer Schmutzablösefunktion erlaubt, kann nicht erhoben werden. Allerdings ist eine frühzeitige vorläufige Optimierung möglich, die die Anzahl der späteren Realversuche mini-

miert. Neben der Gestaltung der Bauteile kann hierbei die Auswahl und Anpassung des Reinigungsverfahrens betrachtet werden.

Im Folgenden wird abschließend ein ursprüngliches Bauteil mit einem optimierten verglichen. Es handelt sich um einen Flansch, der auf der einen Seite mit vier Schrauben befestigt werden kann und auf der anderen Seite über eine Aufnahme für eine Keilwelle verfügt. Bei diesem Bauteil ist in Bezug auf die Reinigbarkeit zunächst die große Grundplatte problematisch. Sie lenkt den Strom des Reinigungsmittels so stark um das Bauteil herum, dass die Wandschubspannungen in großen Bereichen sehr niedrig sind, wie die Abbildung 4.51 aufzeigt. Außerdem sind scharfe Kanten vorhanden, die die Auswirkungen noch größer werden lassen:

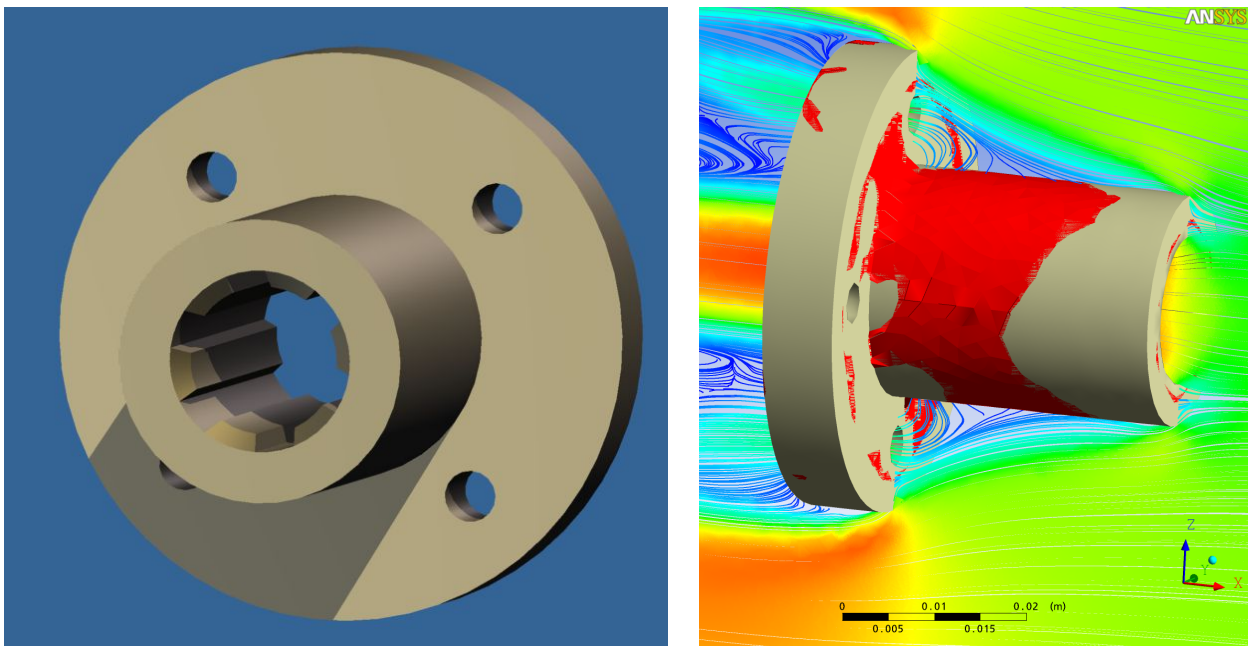


Abbildung 4.51: Simulation der Reinigbarkeit eines Flansches (Rote Fläche bedeutet zu geringe Wandschubspannung)

Durch eine Verkleinerung der Grundplatte in der Form, dass nur im Bereich der eigentlichen Bohrungen Material vorhanden bleibt, kann die Grundfläche deutlich verringert werden. Das Reinigungsmedium fließt so sehr viel geradliniger an den meisten zu reinigenden Flächen vorbei, was eine gleichmäßigere Geschwindigkeitsverteilung ermöglicht und die kritischen Bereiche deutlich verringert, wie in der Abbildung 4.52 deutlich wird.

Die Modifikation beeinflusst die Belastbarkeit des Bauteiles, so dass hier eventuell zwei gegenläufige Einflussfaktoren in Einklang gebracht werden müssen. Dies gelingt jedoch im vorliegenden Beispiel sehr gut, da die entfernten Bereiche nur einen vergleichsweise geringen Teil der Spannungen aufnehmen, falls von der Übertragung eines Drehmomentes ausgegangen wird, wie in der Abbildung 4.53 visualisiert ist. Durch die Abrundungen gelingt zudem ein gleichmäßigerer Spannungsverlauf, so dass die maximale vorhandene Spannung in diesem Fall sogar geringer wird.

Somit ist im Einzelfall zu betrachten, in wie weit sich die Gestaltungsregeln gegenseitig beeinflussen. Das Beispiel zeigt aber auch, dass in vielen Fällen eine Optimierung aller Einflussfaktoren ohne negative Wechselwirkungen möglich ist.

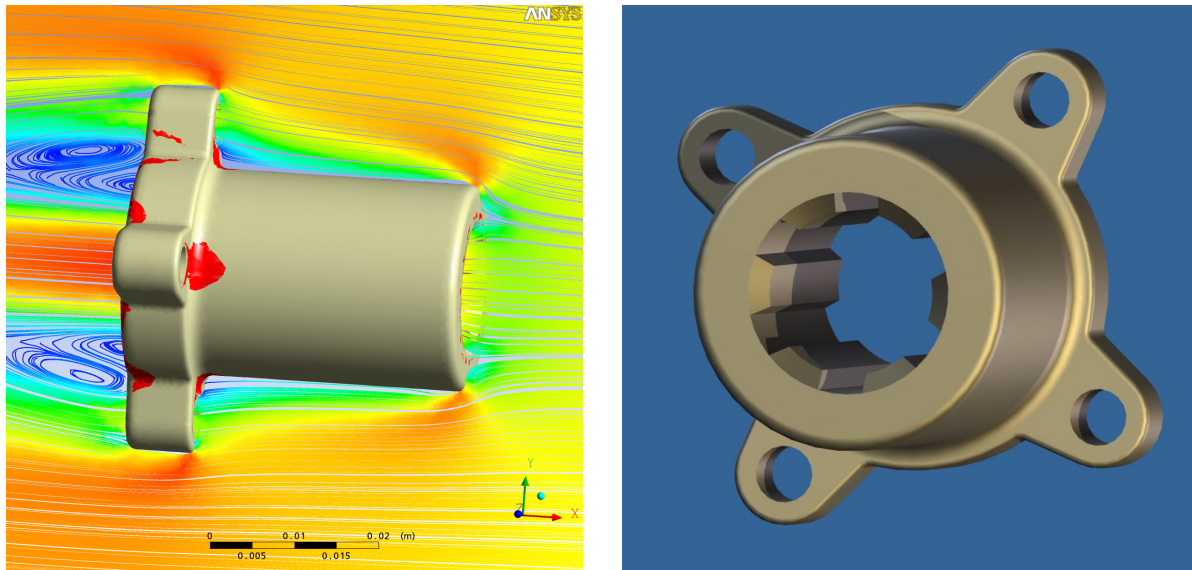


Abbildung 4.52: Simulation der Reinigung des optimierten Flansches (Rote Fläche bedeutet zu geringe Wandschubspannung)

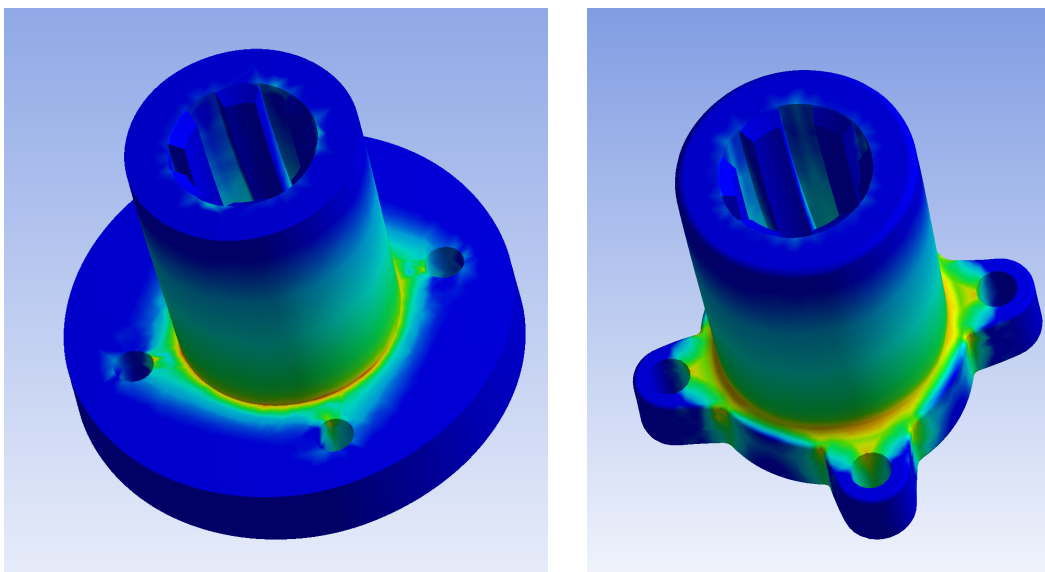


Abbildung 4.53: Vergleichsspannung beim ursprünglichen und modifizierten Flansch

5 Wirtschaftliche Bedeutung

Im Stand der Technik wurde dargestellt, wie wichtig es ist, bei der Konstruktion bereits möglichst viele Anforderungen an das Produkt zu erfüllen. Nachteile, die durch eine nicht optimale Ausgestaltung der Bauteile entstehen, können durch Rettungsmaßnahmen im Bereich der Fertigungsvorbereitung, Materialwirtschaft oder in der eigentlichen Produktion nur noch sehr begrenzt ausgeglichen werden, da die Kostenverantwortung in den frühen Phasen der Produktentwicklung besonders groß ist. Dieser Zusammenhang ist bereits seit sehr langer Zeit bekannt, bisher aber nicht oder nur sehr rudimentär für den Bereich der Reinigungstechnik angewendet worden. Die Bedeutung der Reinigungstechnik wird jedoch immer größer. Gründe dafür sind zunehmende Schwierigkeiten, die auftreten, falls eine ausreichende Erzeugnissauberkeit nicht prozesssicher garantiert werden kann, und die Erkenntnisse, wie unerwartet hoch mitunter der Anteil der Reinigung an den gesamten Herstellungskosten ist.

Die Konstrukteure und Konstrukteurinnen wissen sehr oft nicht, wie sie mit dieser Situation umgehen sollen und wie eine Optimierung ihrer Konstruktionen möglich ist. Die Reinigungstechnik zeigt sich nach wie vor als ein relativ unbekanntes Umfeld. Die vorliegende Arbeit soll hier Lösungsansätze liefern, die der gesamten Branche vorwettbewerblich helfen.

Der entstandene Wissensspeicher stellt ein Werkzeug bereit, welches einen Austausch des Wissens erlaubt und sich dafür die Dynamik der Web 2.0-Techniken zu Nutze macht. Hierbei werden umfangreiche Kontrollmechanismen implementiert, die die Dynamik einerseits nicht einschränken, gleichzeitig aber die Qualität der Inhalte sicher stellen sollen. Als Ergebnis können die Informationen von den unterschiedlichsten Stakeholdern eingestellt oder abgerufen werden. Das System selbst generiert aus den Informationen durch eine Vernetzung Wissen, welches einen größeren Mehrwert ermöglicht. Die Suche wird effektiver, und die Nutzer können sich an der Struktur entlang arbeiten, um Themenbereiche möglichst ganzheitlich zu verstehen. Von Bedeutung hierbei ist vor Allem auch der Blick aus verschiedenen Richtungen, da die Anforderungen in den unterschiedlichsten Teildisziplinen des Maschinenbaus bestehen und die Erfahrungen teilweise übergreifend genutzt werden können. Das System soll diesen Erfahrungsaustausch initiieren und technisch unterstützen, wobei der vorwettbewerbliche Nutzen besonders groß wird. Gleichzeitig gelingt mit dem System auch ein Austausch entlang der Wertschöpfungskette, da sich beispielsweise Kunden auf Gespräche vorbereiten können, indem sie sich zunächst in die Grundlagen der Reinigungstechnik einarbeiten.

Da das entwickelte System auf andere Wissensbereiche übertragbar ist, wurde die Voraussetzung geschaffen, um ähnliche Prozesse in Zukunft auch in weiteren Branchen anzustoßen, was den volkswirtschaftlichen Nutzen der Softwarelösung vergrößert. Dadurch, dass jede Person, die über einen Internetanschluss verfügt, teilnehmen kann, ohne Zusatzsoftware installieren zu müssen, sich die Bedienung bei der Inhaltsgenerierung jedoch trotzdem an der gängiger Textverarbeitungen orientiert, werden keine technischen Barrieren aufgebaut.

Mit Hilfe der in Kapitel 4.6 aufgezeigten abgeleiteten Systematik zur Berücksichtigung der reinigungsrelevanten Einflussfaktoren ist es zudem gelungen, einen Werkzeugkasten aufzuzeigen, der die Konstrukteure und Konstrukteurinnen in den verschiedenen Phasen des Konstruktionsprozesses unterstützt und auch den Fertigungsplanern Hilfsmitteln zur Verfügung stellt. Dabei kommen ganz bewusst im Rahmen der Arbeit angepasste, aber bereits grundlegend bekannte Techniken zum Einsatz, um den Einarbeitungsaufwand zu verringern, die Akzeptanz zu erhöhen und den zusätzlichen Dokumentationsaufwand zu minimieren. Durch eine konsequente Anwendung der entwickelten Systematik kann es gelingen, die Kosten für die Reinigungsprozesse selbst und die Fehlerkosten aufgrund einer mangelnden Erzeugnissauberkeit einzugrenzen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Wissensmanagement im Bereich der Reinigungstechnik. Diese vielleicht auf den ersten Blick ungewöhnliche Kombination soll einen Weg aufzeigen, wie es durch die konsequente Anwendung der Theorien des Wissensmanagements auf ganz konkrete Fragestellungen einer Branche möglich ist, einen Zusatznutzen zu kreieren, der auf den ersten Blick erkennbar wird.

Das der Betriebsfaktor „Wissen“ eine sehr große Bedeutung in Deutschland besitzt, ist allgemein bekannt. Eine konsequente Umsetzung von Wissensmanagementlösungen bleibt aber dennoch oft die Ausnahme. Für das organisationsinterne Wissen, welches als Abgrenzungskriterium zu Wettbewerbern gilt, wird zumindest in einigen Fällen ein beachtlicher Aufwand betrieben. Es existiert jedoch auch vorwettbewerbliches Wissen, welches einer gesamten Branche nutzen könnte. Einen derartigen Austausch zu initiieren gestaltet sich schwierig. Es stellt sich die Frage, wie die Nachhaltigkeit gewährleistet werden kann, da sich meist keine Organisation für die Finanzierung der Plattform verantwortlich sieht und auch der Nutzen erst auf den zweiten Blick erkennbar wird. Im privaten Bereich funktioniert dies erstaunlicherweise oft besser. Viele Personen beteiligen sich an Wikis oder Foren und helfen anderen, obwohl sie dafür gar nicht direkt belohnt werden. Im Rahmen dieser Arbeit ist es gelungen, diese Dynamik des Web 2.0 auch für das berufliche branchenübergreifende Umfeld zu entfachen und gleichzeitig über ein Workflowmanagementsystem die Qualität der Inhalte sicher zustellen, um die Akzeptanz weiter zu erhöhen.

Dasselbe System kann ergänzend hierzu auch im Intranet der Unternehmen zum Einsatz kommen, so dass die Mitarbeiter ein einheitliches Werkzeug für den betriebsinternen und betriebsübergreifenden Austausch zur Verfügung haben. Dabei ist es möglich, die externen Inhalte zu importieren und zu archivieren, um der Dokumentationspflicht in Eigenregie nachkommen zu können, ohne sich auf öffentliche Systeme verlassen zu müssen, die evtl. von Drittanbietern zur Verfügung gestellt werden.

Die Arbeit beginnt mit der Ausarbeitung des Standes der Technik. Hierbei werden die Theorien des Wissensmanagements beleuchtet, die für das Gelingen der Aufgabenstellung relevant sind. Auf die Grundlagen der Informationsportale wird besonders intensiv eingegangen, da sie auch das Fundament der vorliegenden Lösung sind. Den Abschluss dieses Teilbereiches bildet die Darstellung einiger sogenannter Web 2.0-Techniken.

Der zweite Teil des Standes der Technik behandelt die neuen Entwicklungen im Bereich der Reinigungstechnik. Dabei wird darauf eingegangen, welche Anforderungen der Kunden bestehen, die es zu berücksichtigen gilt.

Nach der Definition der Zielsetzungen erfolgt die Darstellung des eigentlichen Lösungsweges. Hierbei stellt eine bereits realisierte Portallösung die Basis dar, auf welcher aufgebaut werden kann. Sie wurde bereits vor einigen Jahren von [KLO03] und [WUL04] erarbeitet und verfügt in der Branche über eine sehr gute Marktdurchdringung. Allerdings ist sie in einer Zeit entstanden, in der das Internet meist nur eine Einbahnstraße in Bezug auf den Informationsfluss war. In die Wissensbasis konnten vom Betreiber Informationen eingepflegt werden, dazu war jedoch ein sehr großer Aufwand erforderlich, und eine direkte Beteiligung der weiteren Nutzer konnte nicht realisiert werden. Die einzige Ausnahme stellte die Firmendatenbank dar, in der die Unternehmen ihre Stamm- und Produktdaten einstellen konnten und in der über ein intelligentes Auswahlssystem eine systematische Suche nach Produkten möglich war.

In Absprache mit den Pilotusern der Lösung wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Anforderungsliste formuliert, um ein Konzept eines kollaborativen Wissensmanagementwerkzeuges auszuarbeiten. Zur frühzeitigen Einbeziehung der Pilotuser wurde zunächst ein Testsystem programmiert, welches einem ersten Erfahrungsaustausch diene und damit auch Anforderungen aufdeckte, die zunächst unformuliert geblieben waren und sich erst im Betrieb ergaben.

Nach der Anpassung und Ergänzung des Pflichtenheftes konnte das Wissensportal in seiner heutigen Endfassung realisiert werden. Dabei erfolgte eine konsequente Überführung der Anforderungen in Merkmale des Portals mittels des Quality Function Deployments. Es schloss sich die Programmierung des Moduls „Wissensspeicher“ an, welches über eine allgemeine Programmierschnittstelle auf einem Open Source-Framework aufbaut, das bereits wesentliche Grundfunktionalitäten zur Verfügung stellt, so dass eine Konzentration auf die Kernfunktionen erfolgte.

Um den Konstrukteuren und Konstrukteurinnen neben dem Wissensmanagementwerkzeug konkrete Handlungsempfehlungen bieten zu können, die beschreiben, wie die Optimierung der Reinigungsgerechtigkeit von Konstruktionen möglich ist, wurde zudem eine Systematik zur Berücksichtigung der reinigungsrelevanten Einflussfaktoren ausgearbeitet. Dabei wird auf bekannte Werkzeuge zurückgegriffen, die für die Verwendung im Bereich der Reinigungstechnik angepasst worden sind. Einen besonders großen Stellenwert in diesem Umfeld nimmt die Simulation der Strömung von Reinigungsmedien ein. Es wurde aufgezeigt, dass sich schlecht zu reinigenden Stellen eines Bauteils ergeben, falls die Strömungsenergie durch das Medium in diesen Bereichen gering ist. Der treibende Faktor ist die Wandschubspannung, die mit der Strömungsgeschwindigkeit in wandnahen Schichten in einem direktem Zusammenhang steht. Durch die Visualisieren der Wandschubspannung werden daher Wege zur weiteren Verbesserung einer Konstruktion abgeleitet.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit stellen Potential für weitere Untersuchungen bereit. Im Bereich des Wissensspeichers könnte auf psychologischer Seite untersucht werden, wie die Motivierung der Nutzer, ihr Wissen preis zu geben, noch besser gelingt und wie Anreizsysteme aussehen könnten, um einen noch intensiveren Wissensaustausch vorzubereiten. Des Weiteren wäre die Frage zu klären, wie weitere Teile des Wissens abzubilden sind. Im Moment gelingt dies nur mit den eindeutig formulierbaren expliziten Wissensanteilen. Die Externalisierung weiteres impliziten Wissens würde den Nutzen von Wissensmanagementsystemen deutlich erhöhen und gilt daher als ein wichtiger Schlüssel für die Zukunft, der die Grenzen der Systeme verschieben könnte.

Auf der technischen Seite sind Weiterentwicklungen möglich, die die Bedienbarkeit weiter verbessern. Bereits das vorliegende System ist in seiner Bedienung sehr komfortabel. Im Bereich der Web 2.0-Techniken besteht immer mehr das Bestreben, die Grenzen in der Bedienung von installierten Programmen und Webanwendungen aufzuheben. Dies ist gerade für Wissensmanagementlösungen interessant, da viele Informationen auf den Rechnern durch fest installierte Programme verwaltet werden, die jedoch für den Wissensaustausch nicht ideal vorbereitet sind. Bereits heute existieren erste Anwendungen, die das weitere enorme Potential deutlich machen. Einige Anbieter bieten auf ihren Webseiten zum Beispiel Lösungen für die Bearbeitung von Bildern oder Dokumenten an, die sich in ihrer Funktionalität kaum noch von lokal installierten Softwarelösungen unterscheiden. Sowohl die Dokumente an sich als auch die Funktionalitäten zur Bearbeitung stehen folglich über einen Internetbrowser in der Standardinstallation zur Verfügung. Ein bedeutender Einfluss derartiger Lösungen auf Wissensmanagementtools ist daher nahezu sicher.

Um einen zusätzlichen Mehrwert zu erreichen, ist eine weitere Vernetzung der Inhalte eines derartigen System wünschenswert. Die Theorien dazu sind bereits einige Jahre alt, und auch die Technik zur Abbildung weiterer Metainformationen steht prinzipiell zur Verfügung. Die konkrete Umsetzung, die den Aufwand der Erstellung der Metainformationen nicht zu groß werden lässt, stellt die

Barriere dieser Technik dar. Das in der folgenden Abbildung visualisierte semantische Netz könnte z. B. Informationen im Umfeld von Konstruktionen vernetzen, um den Nutzern eine neuartige Suche über die Abhängigkeiten bereit zu stellen. Dies setzt jedoch die Eingabe zahlreicher Metainformationen zu jeder Information voraus, was mit einem nicht zu unterschätzenden Aufwand verbunden ist. Daher sind Techniken zur Vereinfachung dieses Aufwandes für die Zukunft sicher sehr interessant.

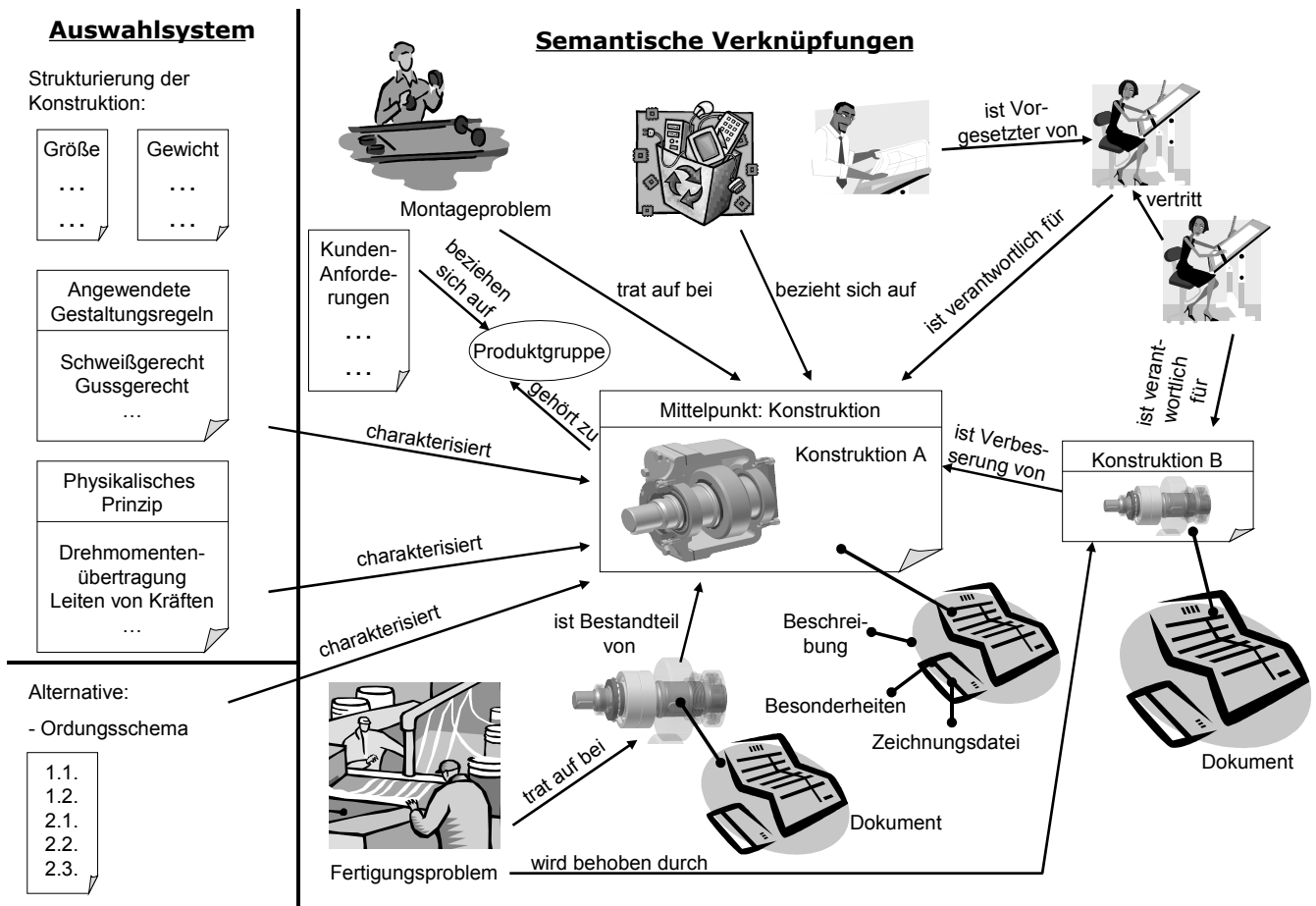


Abbildung 6.1: Semantisches Netz der Konstruktion

Darüber hinaus wurde im Rahmen dieser Arbeit der Nutzen der Reinigungssimulation auf qualitativer Ebene vorgestellt. Dieser Nutzen kann durch eine Quantifizierung weiter ausgeweitet werden. Hierbei wären experimentelle Arbeiten interessant, die für gängige Kombinationen aus Verschmutzungen und Grundwerkstoffen Schmutzablösefunktionen ableiten, die die Genauigkeit der Simulation erhöhen. Hierbei wäre der Schmutzabtrag in Abhängigkeit der fluidmechanischen Einflussfaktoren darzustellen. Wünschenswert ist die Ableitung genereller Gesetzmäßigkeiten, da die Reinigungsaufgaben in der Praxis sehr vielfältig sind. Für derartige Fragestellungen liefert die Arbeit wesentliche Voraussetzungen und liefert Anregungen, auf denen in weiteren Forschungsaktivitäten aufgebaut werden kann.

Literaturverzeichnis

- [ADH09] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: Adhäsion, <http://de.wikipedia.org/wiki/Adhäsion>, Februar 2009.
- [AJA09] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: Ajax (Programmierung), [http://de.wikipedia.org/wiki/Ajax_\(Programmierung\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Ajax_(Programmierung)), Februar 2009.
- [AKA92] Akao, Y.: Quality Function Deployment – Wie die Japaner Kundenwünsche in Qualität umsetzen. Landsberg, Lech: Moderne Industrie, 1992. ISBN: 978-3478910200
- [ALW05] Alwert, K.; Bornemann, M.: Wissensbilanz- Made in Germany: Leitfaden 1.0 zur Erstellung einer Wissensbilanz. : Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, 2005.
- [ANT08] Antoniou, G.; van Harmelen, F.: A Semantic Web Primer, 2nd Edition. Cambridge: The MIT Press, 2008. ISBN: 0-262-01242-1
- [BER07] Bertenbreiter, P.: Erstellung und Einsatz von elektronischen Lerninhalten. München: Grin, 2007. ISBN: 978-3638737616
- [BER90] Bergmann, B. O.; Tragardh, C.: An approach to study and model the hydrodynamic cleaning effect. In: Journal of food process engineering, Band 13 (1990), Heft 2, S. 135-154.
- [BIE07] Bielitzka, M.; Klümpel, C.: TYPO3-Handbuch für Redakteure. Köln: O'Reilly, 2007. ISBN: 978-3897214798
- [BOE01] Krcmar, H.; Böhmman, T.; Klein, A.: Sitzungsunterstützungssysteme. In: Schwabe, G.; Streitz, N.; Unland, R.: CSCW Kompendium - Lehr- und Handbuch für das computerunterstützte kooperative Arbeiten. Berlin: Springer, 2001. ISBN: 978-3540675525
- [BRA03] Brahm, M.; Pargmann, H.: Workflow Management mit SAP WebFlow. Das Handbuch für die Praxis. Berlin: Springer, 2003. ISBN: 978-3540439912
- [BRO08] Bronstein, I. N.; Semendjajew, K. A.; Musiol, G; Muehlig, H.: Taschenbuch der Mathematik. Frankfurt am Main: Deutsch, 2008. ISBN: 978-3817120079
- [CALL97] Call, G.: Entstehung und Markteinführung von Produktneuheiten. Wiesbaden: Gabler, 1997. ISBN: 978-3409136976
- [CAR03] Carter, G.: LDAP System Administration. Sebastopol: O'Reilly Media, 2003. ISBN: 978-1565924918
- [CAR07] Carl, D.: Praxiswissen Ruby on Rails. Köln: O'Reilly, 2007. ISBN: 978-3897214767
- [CMS09] Internetdokument: N. N.: The CMS Matrix - The Content Management Comparison Tool, <http://www.cmsmatrix.org/>, Februar 2009.
- [COL08] Cole, J.; Foster, H.: Using Moodle. Cambridge: O'Reilly Media, 2008. ISBN: 978-0596529185
- [COL08a] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: Collanos, <http://de.wikipedia.org/wiki/Collanos>, Juni 2008.
- [COL08b] Internetdokument: N. N.: Projekthomepage: Collanos, <http://www.collanos.com/en/help/workplace/faq>, August 2008.
- [CON08] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: Enterprise-Content-Management, <http://de.wikipedia.org/wiki/Enterprise-Content-Management>, Februar 2009.
- [CSS05] Internetdokument: N.N.: SELFHTML Version 8.1, Untertitel CSS-basierende Layouts, <http://de.selfhtml.org/css/layouts/index.htm>, Mai 2005.

- [CYC09] Internetdokument: N. N.: Unternehmenshomepage: Cyclone Fluid Dynamics B. V., <http://www.cyclone.nl/main.htm>, Februar 2009.
- [DEH06] Dehmer, M.: Strukturelle Analyse Web-basierter Dokumente. Wiesbaden: DUV, 2006. ISBN: 3835003089
- [DEL08] Internetdokument: N. N.: Internetportal: Delicious - social bookmarking, <http://delicious.com>, August 2008.
- [DIE02] Dietrich, N.; Lederer, T.; Lindlbauer, M.; Versteegen, G.: Management-Technologien. Heidelberg: Springer, 2002. ISBN:3540424059.
- [DIN1463] N. N.: DIN 1463-1: Erstellung und Weiterentwicklung von Thesauri; Einsprachige Thesauri. Beuth, 1987.
- [DIN141] N. N.: DIN EN ISO 14159 Berichtigung 1: Sicherheit von Maschinen - Hygieneanforderungen an die Gestaltung von Maschinen. Beuth, 2009.
- [DIN1672] N. N.: DIN EN 1672-2: Nahrungsmittelmaschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Teil 2: Hygieneanforderungen. Beuth, 2005.
- [DIN8592] N. N.: DIN 8592 - Fertigungsverfahren Reinigen - Einordnung, Unterteilung, Begriffe. Beuth, 2003.
- [DIN9001] N. N.: DIN EN ISO 9001:2000. Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen. Beuth, 2006.
- [DIP05] Dippold, R.; Meier, A.; Ringgenberg, A.; Schnider, W.; Schwinn, K.: Unternehmensweites Datenmanagement: Von der Datenbankadministration bis zum Informationsmanagement. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2005. ISBN: 978-3528356613
- [DOH02] Dohmann, H.: Die Praxis des E-Business. Technische, betriebswirtschaftliche und rechtliche Aspekte. Wiesbaden: Vieweg, 2002. ISBN: 3528057742
- [DOJ09] Internetdokument: N. N.: The Dojo Toolkit, <http://dojotoolkit.org/>, Februar 2009.
- [DRE07] Dresing, T.: Entwicklung und Evaluation eines hybriden Onlineseminars zur Textanalyse. Münster: Waxmann Verlag GmbH, 2007. ISBN: 978-3830918349
- [DUE07] Dückert, S.: Grundlagen des GfWM-Wissensmanagement-Modells, In: dok.magazin, Ausgabe November 2007, S. 16-19.
- [EBE07] Ebersbach, A.; Glaser, M., Heigl, R.; Warta, A.: Wiki - Kooperation im Web. Berlin: Springer, 2007. ISBN: 978-3540351108
- [EBE08] Eber, M.: Internetforen: Verwenden - einrichten - betreiben. Norderstedt: Books on Demand, 2008. ISBN: 978-3837046724
- [EHE09] Internetdokument: Homepage der Deutschen Gruppe der European Hygienic Engineering & Design Group, <http://www.ehedg.de/>, Februar 2009.
- [EHR95] Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung: Methoden für Prozeßorganisation, Produkterstellung und Konstruktion. München: Hanser, 1995. ISBN: 3-446-15706-9.
- [ELE08] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: E-Learning, <http://de.wikipedia.org/wiki/E-Learning>, August 2008.
- [ENK05] Enkel, E.: Management von Wissensnetzwerken. Wiesbaden: DUV, 2005. ISBN: 3824407868
- [ERD01] Erdmann, M.: Ontologien zur konzeptuellen Modellierung der Semantik von XML. Norderstedt: Books on Demand, 2001. ISBN: 978-3831126354
- [FAQ09] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: FAQ, <http://de.wikipedia.org/wiki/FAQ>, Februar 2009.
- [FLE03] Fletcher, A. N., Brahm, M.; Pargmann, H.: Workflow Management with SAP® WebFlow®: A Practical Manual. Berlin: Springer, 2003. ISBN: 978-3540404033

- [FLI08] Internetdokument: N.N.: Internetseite Flickr - Fotosharing, <http://www.flickr.com/>, August 2008.
- [FOR09] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: Internetforum, <http://de.wikipedia.org/wiki/Internetforum>, Februar 2009.
- [FRA05] Franke, H.-U.: Feinpartikelemission des Verkehrs aus der motorischen Verbrennung und anderen Quellen. Vortrag auf der Gemeinsame Tagung der Vorsitzenden der Regionalaussschüsse und Aufsichtsratsmitglieder am 15./16.04.2005 in Stuttgart Gerlingen. ACE – Auto Club Europa
- [FRI01] Fricke, M. (2001): Portal. In: Peter Mertens (Hrsg.): Lexikon der Wirtschaftsinformatik. 4. Aufl., Berlin: Springer, ISBN: 3540423397. S. 371-373.
- [FRI08] N. N., Internetseite: The Friend of a Friend (FOAF) project, <http://www.foaf-project.org/>, August 2008.
- [GEH06] Gehle, M.: Internationales Wissensmanagement. Wiesbaden: DUV, 2006. ISBN: 3835001981
- [GEN01] Gentsch, P.; Veth, C. ; Bange, C.;Schinzer, H.; Mandzak, P.; Roth, M.: Web-Personalisierung und Web-Mining für eCRM. Feldkirchen: Oxygon, 2001. ISBN: 3980608263
- [GEN04] Gentsch, P.; Lee, S.: Praxishandbuch Portalmanagement: Profitable Strategien für Internetportale. Wiesbaden: Gabler, 2004. ISBN: 3409124543
- [GIL02] Gillmann, J. P.: Performance Measurement in Professional Service Firms. Wiesbaden: DUV, 2002. ISBN: 3824476037
- [GOL02] Goller, H.: Das Lamp Buch - Webserver mit Linux, Apache, MySQL und PHP. Nürnberg: SuSe-Press, 2002. ISBN: 978-3935922098
- [GOL02b] Goldschmidt; A.; Streitberger, H. J.: BASF Handbuch Lackiertechnik. Hannover: Vincentz Network, 2002. ISBN: 978-3878703242
- [GOM99] Gomez, P.; Probst, G.: Die Praxis des ganzheitlichen Problemlösens. Bern: Haupt Verlag, 1999. ISBN: 3258073066
- [GOS05] Gossmer, M; Schumacher, M.; Schauerl, A.: Das PostNuke Kompendium: Internet-, Intranet- und Extranet-Portale erstellen und verwalten. Berlin: Springer, 2005. ISBN: 978-3540219422
- [GRA07] Graf, H.: Joomla! 1.5: Websites organisieren und gestalten mit dem Open Source-CMS. München: Addison-Wesley, 2007. ISBN: 978-3827325310
- [GRA95] Grasshof, A.: Zum Wirkfaktor "Chemie" beim Reinigen von Plattenpasteuriserapparaten. In: DMZ: unabhängige Fachzeitschrift für Milchwirtschaft, Lebensmittelindustrie und verwandte Gebiete mit aktuellem Informationsanteil, Band 116 (1995), Heft 13, S. 588-595.
- [GRI05] Grimm, R.: Digitale Kommunikation. München: Oldenbourg, 2005. ISBN: 978-3486578287
- [GRU06] Grün, R.: Industrielle Teilereinigung. Skript zum Vortrag auf der parts2clean. Friedrichshafen: 7.-9. 11. 2006.
- [GUL02] Gulbins, J.; Seyfried, M.; Strack-Zimmermann, H.: Dokumenten-Management: Vom Imaging zum Business-Dokument. Berlin: Springer, 2002. ISBN: 978-3540435778
- [GUR03] Gurzki, T.; Hinderer, H.: Eine Referenzarchitektur für Software zur Realisierung von Unternehmensportalen. In: Professionelles Wissensmanagement - Erfahrungen und Visionen: Beiträge der 2. Konferenz Professionelles Wissensmanagement, 2. - 4. April in Luzern, 2003.

- [HAU02] Haun, M.: Handbuch Wissensmanagement - Grundlagen und Umsetzung, Systeme und Praxisbeispiele. Berlin: Springer, 2002. ISBN: 3540675833
- [HAU98] Hauser, J.-R.; Clausing, D.: Wenn die Stimme des Kunden bis in die Produktion vordringen soll. In: Simon, H.; Homburg, C.: Kundenzufriedenheit. Wiesbaden: Gabler, 1998, S. 59 – 79.
- [HAY06] Hayder, H.; Maia, J.P.; Gheorge, L.: Smarty PHP Template Programming and Applications. Birmingham: Packt Publishing, 2006. ISBN: 978-1904811404
- [HEH07] Hehl, J.: Rich Media eLearning: Grundlagen, Standards, Marktübersicht Learning Management Systeme und eLearning Umfrage. München: Grin, 2007. ISBN: 978-3638695077
- [HEL01] Helbig, H.: Die semantische Struktur natürlicher Sprache. Wissensrepräsentation mit MultiNet. Berlin: Springer, 2001. ISBN: 978-3540677840
- [HER06] Herwig, H.: Strömungsmechanik: Eine Einführung in die Physik und die mathematische Modellierung von Strömungen. Berlin: Springer, 2006. ISBN: 978-3540324416
- [HER97] Herzwurm, G.; Schockert, S.; Mellis, W.: Qualitätssoftware durch Kundenorientierung. Wiesbaden: Vieweg, 1997. ISBN: 978-3528055776
- [HES09] Internetdokument: Hesse, M.: Branchenbuch (Yellow Pages), http://typo3.org/documentation/document-library/extension-manuals/mh_branchenbuch/current/, Februar 2009.
- [HIN06] Hinterhuber, H. H.; Matzler, K.: Kundenorientierte Unternehmensführung. Kundenorientierung – Kundenzufriedenheit - Kundenbindung. Wiesbaden: Gabler, 2006. ISBN: 3834902276
- [HIP04] Hippner, H.; Wilde, K. D.: IT-Systeme im CRM. Aufbau und Potenziale. Wiesbaden: Gabler, 2004. ISBN: 978-3409125192
- [HIT07] Hitzler, P.; Kröttsch, M.; Rudolph, S.; Sure, Y.: Semantic Web: Grundlagen. Berlin: Springer, 2007. ISBN: 978-3540339939
- [HOF07] Hofmann, J.: Stoffübergang bei der Reinigung als Qualifizierungsmethode der Reinigbarkeit. Dissertation. TU München, 2007.
- [HTT09] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: Hypertext Transfer Protocol, <http://de.wikipedia.org/wiki/Http>, Februar 2009.
- [HUG07] Hugl, U.: Virtuelle Personalentwicklung. Status und Trends luKT -gestützten Lernens. Wiesbaden: DUV, 2007. ISBN: 3824481995
- [HUM01] Hummel, T. R.: Erfolgreiches Bildungscontrolling. Praxis und Perspektiven. Heidelberg: Sauer, 2001. ISBN: 978-3793872689
- [ILI09] Internetdokument: N. N.: Projekthomepage: ILIAS Open Source LMS, <http://www.ilias.de>, Februar 2009.
- [INF08] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: Information Retrieval, http://de.wikipedia.org/wiki/Information_retrieval, August 2008.
- [ISO4406] N. N., ISO 4406 - Fluidtechnik - Hydraulik-Druckflüssigkeiten - Zahlenschlüssel für den Grad der Verschmutzung durch feste Partikel. Beuth, 1999.
- [JAE04] Jaeger, B.: Humankapital und Unternehmenskultur. Wiesbaden: DUV, 2004. ISBN: 3824482193
- [JAR07] Jarosch, H.: Information Retrieval und Künstliche Intelligenz. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2007. ISBN: 3835005987
- [JFU09] Internetdokument: N. N.: Internetseite: Jfusion, <http://www.jfusion.org>, Februar 2009.

- [JOO08] Joos, T.: Exchange Server 2007 SP1 und Outlook Kompendium: Messaging, Mails und mehr - für Profis. München: Markt und Technik, 2008. ISBN: 978-3827243607
- [JOS07] Jost, S.: Moderationsmethode und implizites Wissen. München: GRIN, 2007. ISBN: 3638698998
- [JQU09] Internetdokument: N. N.: jQuery - JavaScript Library, <http://jquery.com/>, Februar 2009.
- [KAN04] Kannengiesser M.: PHP 5/ MySQL 4. Poing: Franzis, 2004. ISBN: 978-3772370052
- [KAN07] Kannengießer, C.; Kannengießer, M.: PHP5 / MySQL 5 Master Edition. Poing: Franzis, 2007. ISBN: 978-3772371103
- [KAR01] Karagiannis, D.; Telesko, R. : Wissensmanagement: Konzepte der Künstlichen Intelligenz und des Softcomputing. München: Oldenbourg, 2001. ISBN: 978-3486255669
- [KER01] Kerres, M.: Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung. München: Oldenbourg, 2001. ISBN: 3486250558
- [KLA03] Klabunde, Steffen: Wissensmanagement in der integrierten Produkt- und Prozessgestaltung. Wiesbaden: DUV, 2003. ISBN: 3824491087
- [KLE01] Klein, B.; Schmidt, G.: Früher auf dem Markt – Erfolgspotenziale von QFD als Kernelement des Produktentwicklungsprozesses. In: Qualität und Zuverlässigkeit, 2001.
- [KLE04] Klein, A.: Adoption von Electronic Meeting Systems. Wiesbaden: DUV, 2004. ISBN: 3824479621
- [KLE06] Klebl, M. Köck, M.: Projekte und Perspektiven im Studium Digitale: Neue Medien an der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt. Berlin: LIT, 2006. ISBN: 978-3825896355
- [KLE99] Klein, B.: Verbesserte Kundenbeziehungen durch QFD. In: Technische Mitteilungen, Haus der Technik e.V., Band 92 (1999), Heft 4, S. 203 – 214.
- [KLO03] Kloke, U.: Auslegung von Bauteilreinigungsanlagen mit Hilfe eines Fachinformationssystems. Dortmund: Maschinenelemente-Verlag, 2003. ISBN: 3937651020
- [KLU07] Klünter, D.; Laser, J.: LDAP verstehen, OpenLDAP einsetzen: Grundlagen und Praxiseinsatz. Heidelberg: dpunkt.verlag, 2007. ISBN: 978-3898642637
- [KOC07] Koch, M; Richter, A.: Enterprise 2.0: Planung, Einführung und erfolgreicher Einsatz von Social Software in Unternehmen. München: Oldenbourg, 2007. ISBN: 978-3486585780
- [KOH09] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: Kohäsion (Chemie), [http://de.wikipedia.org/wiki/Kohäsion_\(Chemie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Kohäsion_(Chemie)), Februar 2009.
- [KRA07] Dietsche, K. H. (Red.); Klingebiel, M. (Red.): Kraftfahrtechnisches Taschenbuch. 26. Auflage. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2007.
- [KRIE07] Krieg, M.: Markt- und Trendanalyse in der industriellen Teilereinigung. Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik, 2007.
- [KRO07] Kröncke, M.; Mey, K.; Spielmann, Y.: Kultureller Umbau. Räume, Identitäten und Re/Präsentationen. Bielefeld: Transcript, 2007. ISBN: 978-3899425567
- [KÜN01] Künne, B.: Einführung in die Maschinenelemente. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2001. ISBN: 978-3519163350
- [KÜN06a] Künne, B., Richard, T.: Bessere Nutzung des Produktionsfaktors Wissen - Wissenspeicher Bauteilreinigung gestartet. In: JOT, Journal für Oberflächentechnik, Ausgabe November 2006, S. 14 – 15.

- [KÜN06b] Künne, B.; Richard, T.: www.bauteilreinigung.de: Fit für den Wissenswettbewerb. In: ZVOreport, Zeitschrift des Zentralverbandes Oberflächentechnik e. V., Ausgabe 1 - Februar 2006, S. 6 – 7.
- [KÜN06c] Künne, B.; Richard, T.: Austausch von Wissen über die Technische Sauberkeit mit Hilfe der Plattform www.bauteilreinigung.de. Vortrag im Fachforum der parts2clean, 07. November 2006, Friedrichshafen.
- [KÜN06d] Künne, B.; Richard, T.: Bessere Nutzung des Produktionsfaktors Wissen - Wissensspeicher Bauteilreinigung. Vortrag auf den ZVO-Oberflächentagen, 28. September 2006, Bonn.
- [KÜN06e] Künne, B.; Richard, T.: Das Internetportal www.bauteilreinigung.de – Unterstützung der Bauteilreinigungsbranche durch eine umfassende Datenbank zur Vermittlung zwischen Anbietern und Anwendern. Vortrag auf den ZVO-Oberflächentagen, 28. September 2006, Bonn.
- [KÜN06f] Künne, B.; Richard, T.: Projekt "Erzeugnissauberkeit in der Automobilzulieferindustrie" gestartet. In: JOT, Journal für Oberflächentechnik, Ausgabe Januar 2006, S. 16 – 17.
- [KÜN06g] Künne, B.; Richard, T., Theunissen, G.: Das Internetportal www.bauteilreinigung.de – Unterstützung der Bauteilreinigungsbranche durch eine umfassende Datenbank zur Vermittlung zwischen Anbietern und Anwendern. Vortrag auf den ZVO-Oberflächentagen, 28. September 2006, Bonn.
- [KÜN07a] Künne, B.: Köhler/Rögnitz Maschinenteile 1. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2007. ISBN: 978-3835100930
- [KÜN07b] Künne, B.: Online Klausuren als Hilfsmittel zur Kenntnisstandprüfung im konstruktiven Bereich. Vortrag im Rahmen der 2ten Regionalkonferenz IGIP (International Society for Engineering Education) Wuppertal, 13. - 15. 09. 2007.
- [KÜN07c] Künne, B.; Richard, T.: Das Branchenportal "www.bauteilreinigung.de" – Eine Wissensmanagementlösung für das Inter- und Intranet. In: Journal für Arbeit, Ausgabe Juli 2007, S. 38 – 39.
- [KÜN07d] Künne, B.; Richard, T.: Online-Plattform www.bauteilreinigung.de - Wissensaustausch in Sachen Reinigungstechnik. In: JOT, Journal für Oberflächentechnik, August 2007, Seite 20.
- [KÜN07e] Künne, B.; Richard, T.: Benutzerfreundlichkeit und Workflowmanagementsysteme in WIKIS erhöhen Akzeptanz und Nutzungsgrad - Chancen und Risiken von WEB 2.0 im Umfeld von Wissenssystemen. Vortrag im Rahmen der 2ten Regionalkonferenz IGIP (International Society for Engineering Education) Wuppertal, 13. - 15. 09. 2007
- [KÜN07f] Künne, B.; Richard, T.: Neue Anforderungen an die Reinigung und an den Nachweis der Reinheit in der Automobilindustrie. Vortrag auf der Otti-Fachtagung „Reinigen und Vorbehandeln von Kunststoff und Metall für die Beschichtung“, 19. Juni 2007, Würzburg.
- [KÜN08a] Künne, B.; Schulte Braucks, B.; Rudolph, G.; Naujoks, B.; Richard, T.; : A multiobjective evolutionary algorithm for designing and optimizing gearshafts. 53. IWK (Proceedings CD-ROM/Full Paper), Ilmenau, 08.-12.09.2008, Prof. Dr. Scharff, P. (Hrsg.), 2008, Ilmenau, Verlag ISLE, 2008, S.267-268, ISBN 978-3-938843-40-6
- [KÜN08b] Künne, B.; Richard, T.: Wissensmanagement in der Bauteilreinigung - Die Plattform www.bauteilreinigung.de stellt sich vor. In: VDMA-Nachrichten, Ausgabe 08 - August 2006, S. 71.

- [KÜN08c] Künne, B.; Richard, T.: Benutzerfreundlichkeit und Workflowmanagementsysteme in WIKIS erhöhen Akzeptanz und Nutzungsgrad - Chancen und Risiken von WEB 2.0 im Umfeld von Wissenssystemen. In: Tagungsband 2te IGIP Regionalkonferenz 2007, Shaker Verlag, Aachen 2008, S. 119-126.
- [KÜN08d] Künne, B.; Richard, T.: Berücksichtigung der Reinigung im konstruktionssystematischen Prozess. In: Brökel, K. (Hrsg.); Feldhusen, J. (Hrsg.); Grote, K. H. (Hrsg.); Rieg, F. (Hrsg.); Stelzer, R. (Hrsg.): 6. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik 2008: Nachhaltige und effiziente Produktentwicklung. S. 281 – 290. Aachen: Shaker, 2008.
- [KÜN08e] Künne, B.; Richard, T.: Reinheitsgerechte Konstruktion als Mittel zur Verbesserung der Prozesssicherheit und Minimierung der Kosten. Vortrag im Fachforum der parts2clean 2008. Stuttgart. 30. Oktober 2008.
- [KÜN09a] Künne, B. ; Richard, T.: Reinigungsgerechte Bauteilkonstruktion wirkt sich positiv auf das Ergebnis aus. Maschinenmarkt – Das Industriemagazin. Heft 15, 2009, S. 56-58.
- [KÜN09b] Künne, B.; Richard, T.: Industrielle Bauteilreinigung in öffentlichen Förderprojekten. Vortrag auf der Fachtagung industrielle Teilereinigung. Zentralverband Oberflächentechnik. 06. März 2009, München.
- [KUH09] Internetdokument: Kuhl, K.: Wikipediaartikel: Teilereinigung, <http://de.wikipedia.org/wiki/Teilereinigung>, Februar 2009.
- [LAC94] Lachenmeyer, U., von Krempelhuber, H.: Industrielle Teilereinigung: Auswahl und Bewertung von Verfahrenskonzepten mit der statistischen Versuchsmethodik. In: Metalloberfläche, Band 48 (1994), Heft 5, S. 300-304, 306.
- [LAS06] Lassmann, W.: Wirtschaftsinformatik: Nachschlagwerk für Studium und Praxis. Wiesbaden: Gabler, 2006. ISBN: 978-3409127257
- [LAT07] Latscha, H. P.; Klein H. A.: Anorganische Chemie: Chemie-Basiswissen I. Berlin: Springer, 2007. ISBN: 978-3540698630
- [LIS07] Lison, B.: Information und Ethik / Dritter Leipziger Kongress für Information und Bibliothek, Leipzig, 19. bis 22. März 2007. Wiesbaden: Dinges & Frick, 2007. ISBN: 978-3934997172
- [LUE07] Gaiser, B.; Hesse, F. W.; Lütke-Entrup, M.: Bildungsportale: Potenziale und Perspektiven netzbasierter Bildungsressourcen. München: Oldenbourg, 2007. ISBN: 978-3486584264
- [MCK05] McKay, A.: Plone. München: Addison-Wesley, 2005. ISBN: 978-3827324320
- [MEI05] Meier, M.: Auswahl und Einführung eines Wissensmanagementsystems in einem Grundlagen-Forschungsinstitut. München: GRIN, 2005. ISBN: 3638545652
- [MEN00] Mende, U.; Berthold, A.: SAP Business Workflow. Konzept, Anwendung, Entwicklung. München: Addison-Wesley, 2000. ISBN: 978-3827316875
- [MER07] Merz, T.: Einführung eines IT-basierten Knowledge Management Systems bei einem Beratungsunternehmen. München: GRIN Verlag, 2007. ISBN: 3638716902
- [MET06] Mettinger, A. Oberhuemer, P.; Zwiauer, C.: eLearning an der Universität Wien: Forschung - Entwicklung - Einführung. Münster: Waxmann, 2006. ISBN: 978-3830917212
- [MOL08] Mollien, T.; Hauser, T.; Scharnagl, D.: Microsoft SharePoint 2007 im Einsatz. Für Anwender, Administratoren und Entwickler. München: Addison-Wesley, 2008. ISBN: 978-3827324566
- [MUC04] Biethahn, J.; Mucksch, H.; Ruf, W.: Ganzheitliches Informationsmanagement -Band I: Grundlagen. München: Oldenbourg, 2004. ISBN: 3486200208

- [MUH00] Muhs, T.: Notes/Domino 5 . Einführung in die LotusScript-Programmierung. München: Addison-Wesley, 2000. ISBN: 978-3827316530
- [NIE08] Niegemann, H. M.; Domagk, S.; Hessel, S.; Hein, A.; Hupfer, M.; Zobel, A.: Kompendium multimediales Lernen. Berlin: Springer, 2008. ISBN: 978-3540372257
- [NIK05] Nikodemus, P.: Wissensmanagement und Innovation: Referenzmodellierung zur Prozessoptimierung im Business-to-Business-Marketing. : Cuvillier Verlag, 2005. ISBN: 386537400X
- [NON95] Nonaka, I.; Takeuchi, H.: The Knowledge-Creating Company: How Japanese companies create the dynamics of innovation. New York: Oxford University Press, 1995. ISBN: 0195092694
- [NON97] Nonaka, I., Takeuchi, H.: Die Organisation des Wissens - Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen. Frankfurt (Main): Campus, 1997. ISBN: 3593356430
- [NOR05] North, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung: Wertschöpfung durch Wissen. Wiesbaden: Gabler, 2005. ISBN: 3834900826
- [OPE08] Internetdokument: N. N.: OpenThesaurus, <http://www.openthesaurus.de>, August 2008.
- [OST06] Osterloh, M; Frost, J.: Prozessmanagement als Kernkompetenz: Wie Sie Business Reengineering strategisch nutzen können. Wiesbaden: Gabler, 2006. ISBN: 3834902322
- [PAH06] Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K. H.: Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung. Berlin: Springer, 2006. ISBN: 978-3540340607
- [PAS1062] N., N.: PAS 1062 (PAS = Publicly Available Specification): Einführung von Wissensmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen. Technische Regel. Berlin: Beuth, 2006.
- [PAU89] Paulsson, Bert-Ove: Removal of wall deposits in turbulent pipe flows. Dissertation. Lund University, Lund, Schweden, 1989.
- [PEL03] Pelka, B.: Künstliche Intelligenz und Kommunikation. Delphi-Studie zur Technikfolgenabschätzung des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz auf Kommunikation, Medien und Gesellschaft. Münster: LIT, 2003. ISBN: 382586622X
- [PEL06] Pellegrini, T; Blumauer, A. (Hrsg.): Semantic Web. Wege zur vernetzten Wissensgesellschaft. Berlin: Springer Verlag, 2006. ISBN: 3540293248
- [PFE99] Pfeifer, T.; Lesmeister, F.: Präventive QM-Methoden einfacher gestalten – Ergebnisse einer Umfrage zum Einsatz präventiver QM-Methoden. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 94 (1999), Heft 11, S. 642 – 645.
- [PHP09] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: PhpBB, <http://de.wikipedia.org/wiki/Phpbb>, Februar 2009.
- [PRO03] Probst, G; Raub, S.; Romhardt, K.: Wissen managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. Wiesbaden: Gabler, 2003. ISBN: 3409493174
- [PRO08] N. N.: Internetauftritt: Ontologieeditor Protégé, <http://protege.stanford.edu/>, Februar 2009.
- [PRO09] Internetdokument: N. N.: Das JavaScript Framework Prototype, <http://www.prototypejs.org/>, Februar 2009.
- [PRO97] Probst, G; Raub, S.; Romhardt, K.: Wissen managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. Wiesbaden: Gabler, 1997. ISBN: 3409193170
- [PRO98] Probst, G; Raub, S.; Romhardt, K.: Wissen managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen.. Wiesbaden: Gabler, 1998. ISBN: 3409293175

- [QUI67] Quillian, M. Ross: Word concepts. A theory and simulation of some basic semantic capabilities. In: Behavioral Science, Band 12 (1967), S. 410-430.
- [RAY04] Ray, E. T.: Einführung in XML. Köln: O'Reilly, 2004. ISBN: 978-3897213708
- [RDF08] Internetdokument: N. N.: Introduction to RDF, http://www.w3schools.com/rdf/rdf_intro.asp, August 2008.
- [REH96] Rehäuser, J.; Kromar, H.: Wissensmanagement in Unternehmen. In: Schreyögg, G.; Conrad, P. (Hrsg.): Managementforschung, Band 6. Wissensmanagement. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1996. S. 3.
- [REN03] Renzl, B.: Wissensbasierte Interaktion. Wiesbaden: DUV, 2003. ISBN: 3824478307
- [RIC07] Richter, A.; Derballa, V.: IT-gestütztes Wissensmanagement: Theorie, Anwendungen und Barrieren. Berlin: Volker Derballa Verlag, 2007. ISBN: 978-3981192308
- [ROH06] Rohrberg, A.: Führung auf Distanz - mit virtuellen Teams zum Erfolg. Wiesbaden: Gabler, 2006. ISBN: 978-3834902252
- [ROS03] Rosebrock, E.; : Creating Interactive Websites with PHP and Web Services. Alameda: Sybex Inc, 2003. ISBN: 978-0782142792
- [RUE08] Rüll, S.: Employee Relationship Management - eine kurze Darstellung. München: Grin, 2008. ISBN: 978-3638655354
- [SAA98] Saatweber, J.: Absolute Kundenorientierung durch Quality Function Deployment. In: VDI-Berichte 1413: QFD-Produkte und Dienstleistungen marktgerecht gestalten. Düsseldorf: VDI, 1998, S. 1-20.
- [SCH04] Schmidle, C. M.: Projektbasiertes Prozessmodell für ereignisorientiertes Wissensmanagement in mittleren und größeren Bauunternehmen. Zürich: vdf Hochschulverlag, 2004. ISBN: 3728129747
- [SCH06a] Schmaltz, R.: IT-Unterstützung für das Wissensmanagement in Kooperationen. Göttingen: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek, 2006. ISBN: 978-3938616222
- [SCH06b] Schlichting, H.; Gersten, K.: Grenzschichttheorie. Berlin: Springer, 2006. ISBN: 978-3-540-23004-5
- [SCH07] Schmohl, M.: Konzepte des Wissensmanagements - Vergleich und Kritik. München: GRIN Verlag, 2007. ISBN: 3638698807
- [SCM06] Schmaltz, R.: IT-Unterstützung für das Wissensmanagement in Kooperationen. Göttingen: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek, 2006. ISBN: 978-3938616222
- [SCM07] Von Schmidt, A.: Internet-Monitoring als Instrument der Öffentlichkeitsarbeit. München: GRIN, 2007. ISBN: 3638698025
- [SCU06] Schulmeister, R.: eLearning: Einsichten und Aussichten. München: Oldenbourg. ISBN: 978-3486580037
- [SEM06] Internetdokument: N. N., Semantische Wissensstrukturen – Perspektive und Praxis, <http://idw-online.de/pages/de/news177967>, Februar 2009.
- [SEM08] Internetdokument: N. N.: Semantisches Netz, http://de.wikipedia.org/wiki/Semantisches_Netz, Juni 2008.
- [SEW08] Internetdokument: N. N.: Internetauftritt: SemanticWe, <http://semanticweb.org>, August 2008.
- [SKU08] Skulschus, M.; Wiederstein, M.: XML: Standards und Technologien. Essen: Comelio Medien, 2008. ISBN: 978-3939701217

- [SMA09] Internetdokument: N. N.: Smarty: Template Engine, <http://www.smarty.net/>, Februar 2009.
- [SOE07] Söllner, A.: Einführung in das internationale Management - Eine institutionenökonomische Perspektive. Wiesbaden: Gabler, 2007. ISBN: 383490404X
- [SQL04] N. N.: MySQL - Administration. Hannover: RRZN, 2004.
- [SRI09] Internetdokument: N.N.: script.aculo.us - web 2.0 javascript, <http://script.aculo.us/>, Februar 2009.
- [STR00] Streckfuss, G.: Das QFD-Deployment als Integrationsansatz im Entwicklungsmanagement. In: VDI-Berichte 1558: Erfolgreiche Produktentwicklung, 2000.
- [STR08] Strohmeier, S.: Informationssysteme im Personalmanagement: Architektur - Funktionalität - Anwendung. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2008. ISBN: 978-3834803108
- [TAP06] Tapscott, D.; Williams, A. D.: Wikinomics. New York: Penguin Group, 2006. ISBN: 978-1591841388
- [TEM09] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: Template Engine, http://de.wikipedia.org/wiki/Template_Engine, Februar 2009.
- [THE05] Theis, T: Einstieg in PHP 5. Bonn: Galileo Press, 2005. ISBN: 978-3898426091
- [TWI09] Internetdokument: N.N.: TWiki® - the Open Source Enterprise Wiki and Web 2.0 Application Platform, www.twiki.org, Februar 2009.
- [ULL05] Ullrich, C.: Erwerb von Problemlösefähigkeit mit Hilfe von Lernumgebungen. Konzeption und Implementierung eines Frameworks. Wiesbaden: DUV, 2005. ISBN: 978-3835000162
- [UNN07] Internetdokument: Unnithan, A.: Comparison of Three CMS Packages, <http://www.cs.unc.edu/~walsh/webcom/CompareCMSs.html>, Februar 2007.
- [VDA03] N. N.: Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz - VDA Band 4, Kapitel: "Quality Function Deployment (QFD)". VDA, 2003, Redaktionelle Überarbeitung der Auflage 1996.
- [VDI5610] N. N., VDI 5610 Blatt 1: Wissensmanagement im Engineering – Grundlagen, Konzepte, Vorgehen. Beuth, 2008.
- [VOE07] Völker, R.; Sauer, S.; Simon, M.: Wissensmanagement im Innovationsprozess. Berlin: Physica-Verlag, 2007. ISBN: 3790816914
- [WAL07] Walter, T.: Kompendium der Web-Programmierung: Dynamische Web-Sites. Berlin: Springer, 2007. ISBN: 978-3540331346
- [WEB08] Mager, M.: Web Content Management Systeme - Auswahlkriterien und Marktübersicht. München: Grin, 2008. ISBN: 978-3638918497
- [WEB09] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: Web template system, http://en.wikipedia.org/wiki/Web_template_system, Juni 2009.
- [WEI03] Weigl, B.: Trennkräfte zwischen Mikroorganismen, Partikeln und Oberflächen. Dissertation. TU München, 2003
- [WIL09] Internetdokument: Wildt, J.: Internetseite: Pagesetter 6.3 manual, <http://www.elfisk.dk/modules/pagesetter/docs/manual/PagesetterManual.html>, Februar 2009.
- [WIN07] Winter, R.: Anwendungsorientierte Wirtschaftsinformatik. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2007. ISBN: 978-3834804389
- [WIS08] Internetdokument: N. N.: Wissensrepräsentation, <http://de.wikipedia.org/wiki/Wissensrepräsentation>, August 2008.

- [WRO07] Wrobel, S.: Einsatz von Wikis in kleinen Unternehmen am Beispiel von TWiki in dem Unternehmen dyco MEDIA. München: GRIN, 2007. ISBN: 978-3827316530
- [WUL04] Wullstein, M.: Auswahl und optimale Auslegung industrieller Bauteilreinigungsanlagen. Dortmund: Maschinenelemente-Verlag, 2004. ISBN: 3937651039
- [YEL09a] Internetdokument: N. N.: PHPNUKE - Yellow Pages Module, <http://www.paglasoft.com/product8>, Februar 2009.
- [YEL09b] Internetdokument: N. N.: Yellowpages, <http://extensions.joomla.org/extensions/5103/details>, Februar 2009.
- [YRK00] Yarger, R., J.; Reese, G; King, T.: MySQL & mSQL. Beijing: O'Reilly, 2000. ISBN: 3897211637
- [ZIK09] Internetdokument: N. N.: Wikipediaartikel: Zikula, <http://de.wikipedia.org/wiki/Zikula>, Februar 2009.
- [ZUG09] Internetdokument: N. N.: Zikula community: Zugriffsrechte, <http://code.zikula.org/community-german/wiki/System/Zugriffsrechte>, 2009.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Abgrenzung zwischen Daten, Informationen und Wissen [REH96].....	5
Abbildung 2.2: Stufenmodell des Wissensmanagements – frei nach [VOE07].....	6
Abbildung 2.3: Überführung von Wissen in die organisationale Wissensbasis [GEN01], S. 52.....	7
Abbildung 2.4: Übertragungsmöglichkeiten Wissen [NON97], S. 75.....	7
Abbildung 2.5: Die lernende Organisation [WIS08], [DUE07].....	8
Abbildung 2.6: Wissensspirale nach Nonaka und Takeuchi [NON95]	9
Abbildung 2.7: Kernprozesse des Wissensmanagements [VDI5610].....	10
Abbildung 2.8: Wissensmanagement nach Probst [PRO03].....	11
Abbildung 2.9: Implementierungsablauf nach der VDI-Richtlinie 5610 [VDI5610].....	14
Abbildung 2.10: Beispielhaftes semantisches Netz nach [KAR01], S. 81.....	15
Abbildung 2.11: Einordnung von Wissensmanagementwerkzeugen [BOE01].....	20
Abbildung 2.12: Exemplarische Softwarearchitektur eines Lernmanagement-Systems [STR08] ...	23
Abbildung 2.13: Prinzipieller Aufbau eines Web-Contentmanagementsystems [CON08].....	27
Abbildung 2.14: Rechte in Abhängigkeit der Rolle im Content-Managementsystem.....	29
Abbildung 2.15: Referenzarchitektur einer Portalsoftware [GUR03]	30
Abbildung 2.16: Wiki-Syntax.....	33
Abbildung 2.17: Ajax-Technologie [AJA09].....	42
Abbildung 2.18: Schichten an der Oberfläche eines Bauteils nach B. Haase [KUH09].....	45
Abbildung 2.19: Einteilung der Reinigungsverfahren nach der DIN 8592 [DIN8592].....	47
Abbildung 2.20: Marktanteile der unterschiedlichen Reinigungsverfahren [KRIE07].....	48
Abbildung 2.21: Sinner'scher Kreis.....	48
Abbildung 2.22: Belagablösung in wässriger Natronlauge ohne Zusätze [GRA95].....	49
Abbildung 2.23: Reinigungsverlauf [HOF07].....	49
Abbildung 2.24: Marktanteile unterschiedlicher Reingertypen [KRIE07].....	50
Abbildung 2.25: Wirkungsweise der Tenside und Builder wässriger Reinigungsmittel [GRU06]....	51
Abbildung 2.26: Wandschubspannung an der Grenzfläche [CYC09].....	53
Abbildung 2.27: Qualitative Entwicklung der Grenzschichtendicke für verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten, frei nach [HER06].....	54
Abbildung 2.28: Abtransport von Verschmutzungen durch Strömung.....	56
Abbildung 3.1: Kostenverantwortung und -entstehung nach [EHR95].....	59
Abbildung 4.1: Ausschnitt aus dem Eingabeformular des Auswahlsystems.....	62
Abbildung 4.2: Suchergebnis mit Möglichkeit der direkten Kontaktaufnahme zum Anbieter.....	62
Abbildung 4.3: Datenbank-Design Wissenspeicher.....	71
Abbildung 4.4: Startseite des Wissensspeichers.....	73
Abbildung 4.5: Suchfunktion im prototypischen Wissenspeicher.....	73
Abbildung 4.6: Ansicht eines Artikels im prototypischen Wissenspeicher.....	74
Abbildung 4.7: Anlegen eines neuen Artikels.....	75
Abbildung 4.8: Bearbeitung eines Artikels im Testsystems.....	76
Abbildung 4.9: Beispiel für die Anwendung der PHP-Funktion „explode()“.....	77
Abbildung 4.10: Hochladen eines neuen Bildes.....	77
Abbildung 4.11: Workflow der Inhaltsgenerierung.....	85
Abbildung 4.12: Bekanntheitsgrad präventiver QM-Methoden [PFE99], S. 642.....	86
Abbildung 4.13: Typischer Aufbau des House of Quality [SAA98], S. 5.....	88
Abbildung 4.14: Gewichtungsmatrix.....	91
Abbildung 4.15: House of Quality der Portallösung.....	93
Abbildung 4.16: Relative Bedeutung der Portalmerkmale	94
Abbildung 4.17: Wirkungsweise einer Template Engine nach [WEB09].....	97

Abbildung 4.18: Architektur von Zikula [ZIK09].....	99
Abbildung 4.19: Aufbau eines Themes in Zikula.....	100
Abbildung 4.20: Modulverwaltung im Framework Zikula.....	101
Abbildung 4.21: Einstellung von Berechtigungen in Zikula.....	102
Abbildung 4.22: Datenbanktabelle des Moduls "Wissensspeicher".....	103
Abbildung 4.23: Workflow nach dem Vier-Augen-Prinzip.....	106
Abbildung 4.24: Eingangsbildschirm des Portals.....	107
Abbildung 4.25: Erweiterter Eingangsbildschirm des Portals.....	108
Abbildung 4.26: Onlineditor des Portals.....	109
Abbildung 4.27: Piktogramm Workflow.....	110
Abbildung 4.28: Bildbearbeitung innerhalb des Portals.....	110
Abbildung 4.29: Blockverwaltung des Portals.....	111
Abbildung 4.30: Nutzerverwaltung des Portals.....	111
Abbildung 4.31: Kategorienorganisation.....	113
Abbildung 4.32: Administration der Ergänzungsmodule.....	113
Abbildung 4.33: LDAP-Schnittstelle des Frameworks.....	114
Abbildung 4.34: Definition eines Workflowstatus.....	116
Abbildung 4.35: Definition einer Statusänderung.....	116
Abbildung 4.36: Spannungsfeld der Reinigungsgerechtigkeit.....	119
Abbildung 4.37: Systematik zur Berücksichtigung der reinigungsrelevanten Einflussfaktoren.....	121
Abbildung 4.38: Druckumlaufschmierung eines Otto-Motors [KRA07].....	122
Abbildung 4.39: Funktionsstruktur mit Erweiterungen zum Verschmutzungszustand.....	123
Abbildung 4.40: Abscheidegrad eines Haupt- und Nebenstromfilters [KRA07].....	124
Abbildung 4.41: Funktion der Ablösung des Restschmutzes.....	126
Abbildung 4.42: Normierte Funktion der Ablösung des Restschmutzes.....	127
Abbildung 4.43: Schmutzquellen während der Produktentstehungsphase.....	132
Abbildung 4.44: Die fünf Schritte zur Erstellung einer FMEA [VDA03].....	133
Abbildung 4.45: Strukturanalyse.....	134
Abbildung 4.46: Gut-Schlecht-Beispiele nach DIN EN 1672-2 [DIN 1672].....	135
Abbildung 4.47: Qualitative Strömungssimulation einer Welle im Reinigungsbad.....	138
Abbildung 4.48: Bereiche einer Welle im Reinigungsbad mit zu niedriger Wandschubspannung (rot gekennzeichnet).....	139
Abbildung 4.49: Visualisierung von Bereichen geringer Wandschubspannung bei der Reinigungssimulation (Grundplatte, Drosselventil).....	140
Abbildung 4.50: Visualisierung der Partikellaufzeit (Rottöne entsprechen längeren Laufzeiten) ...	140
Abbildung 4.51: Simulation der Reinigbarkeit eines Flansches (Rote Fläche bedeutet zu geringe Wandschubspannung).....	141
Abbildung 4.52: Simulation der Reinigung des optimierten Flansches (Rote Fläche bedeutet zu geringe Wandschubspannung).....	142
Abbildung 4.53: Vergleichsspannung beim ursprünglichen und modifizierten Flansch.....	142
Abbildung 6.1: Semantisches Netz der Konstruktion.....	146

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
ADL	Advanced Distributed Learning
AICC	Aviation Industry CBT Committee
AJAX	Asynchronous JavaScript and XML
API	application programming interface
CIP	Cleaning-In-Place
CMS	Content-Management-System
CSS	Cascading Style Sheets
EHEDG	European Hygienic Engineering & Design Group
ERP	Enterprise Resource Planning
FAQ	Frequently Asked Questions
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
HTML	Hypertext Markup Language
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LAMP	Linux, Apache, MySQL und PHP (Serversystem bestehend aus den vier aufgeführten Komponenten)
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
LCMS	Learning Content Management System
LMS	Learning Management System
LOM	Learning Objects Metadata
OWL	Web Ontology Language
PAS	Publicly Available Specification
PDF	Portable Document Format
PHP	Hypertext Preprocessor
QFD	Quality Function Deployment
RDF	Resource Description Framework
RPZ	Risikoprioritätszahl
SCORM	Sharable Content Object Reference Model
TRIZ	Russ.: Teoria reschenija isobretatjelskich sadatsch (Theorie des erfinderischen Problemlösens)
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
WAP	Wireless Application Protocol

Abkürzung	Bedeutung
WCMS	Web-Content-Management-System
WLAN	Wireless Local Area Network
WWW	World Wide Web
WYSIWYG	What You See Is What You Get
XML	Extensible Markup Language

Verwendete Formelzeichen

Formelzeichen	Bedeutung
c	Konzentration eines Stoffes
d_R	Tröpfchengröße einer noch verbleibenden Verschmutzung
δ	Grenzschichtdicke
$f(t)_{\text{Ablösung}}$	Ablösefunktion des Restschmutzes
$f(t)_{\text{Ablösung}}^{\text{normiert}}$	Normierte Ablösefunktion des Restschmutzes
$F_{\text{tangential}}$	Tangential auf eine Schmutzschicht wirkende Kraft
η	Viskosität des Fluids
J	Teilchenfluss
K_p	Erlaubte Partikelkonzentration
$(\widehat{K_p})$	Kritische erlaubte Partikelkonzentration
p	Druck
P	Partikelgrößenklasse
Q	Verschmutzungsquelle
R	Restschmutzmenge
S	Verschmutzungssenke
τ_w	Wandschubspannung
u	Geschwindigkeit des Fluids
u_∞	Außengeschwindigkeit des Fluids (in ausreichendem Abstand zur Wandung)
\dot{V}	Volumenstrom des Mediums

Lebenslauf

Persönliche Angaben:	Geburtsort: Schwerte Geburtstag: 07.03.1978 Familienstand: Ledig, keine Kinder Staatsangehörigkeit: Deutsch
Schulbildung:	
Aug. 1984-Juni 1988	Gemeinschaftsgrundschule Schwerte-Villigst
Aug. 1988-Juni 1997	Friedrich-Bährens-Gymnasium, Schwerte Abitur
Wehrdienst:	
Nov. 1997-Aug. 1998	Wehrdienst in Emmerich und Wuppertal Schwerpunkt: Stabsdienst
Ausbildung:	
Okt. 1998-Aug. 2003	Studium des Maschinenbaus an der Universität Dortmund Diplomarbeit: „Untersuchung von Einsatzmöglichkeiten evolutionärer Algorithmen in der Konstruktion“
Praktika:	
Januar 1995	Hoesch Hohenlimburg AG, Schwerte <ul style="list-style-type: none"> • Mitarbeit in der Qualitätsstelle
Juli 1997-Sept. 1997	Hoesch Hohenlimburg AG, Letmathe <ul style="list-style-type: none"> • Grundpraktikum in der Ausbildungswerkstatt • Mitarbeit im Bereich Wärmebehandlung • Mitarbeit im Bereich Montage
Aug. 1999-Okt. 1999	Hoesch Hohenlimburg AG, Schwerte <ul style="list-style-type: none"> • Mitarbeit im Werkzeugbau • Mitarbeit in der Instandhaltung
März 2001-April 2001	Deutsche Nickel AG (EuroCoin), Schwerte <ul style="list-style-type: none"> • Mitarbeit im Bereich Qualität
Jan. 2003-Febr. 2003	Bosch Rexroth – Lohmann & Stolterfoth, Witten <ul style="list-style-type: none"> • Mitarbeit in der Arbeitsvorbereitung und Getriebemontage
Berufl. Werdegang	
seit September 2003	Technische Universität Dortmund <ul style="list-style-type: none"> • Wissenschaftlicher Angestellter am Fachgebiet Maschinenelemente
Sonstiges	
	Vorsitzender des Fachausschusses Reinigen des Fachverbandes industrielle Teilereinigung

Marl, 26. Oktober 2009