
Unterstützung der innovativen Arbeitsmittelgestaltung im Bereich der Mensch- Maschine-Systeme durch Technologiekataloge

Vom Fachbereich Maschinenbau an der Technischen Universität Darmstadt
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigte DISSERTATION

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Andreas Röbig

aus Fulda,

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder
Mitberichterstatter: Prof. Dr. h. c. Dr. h. c. Dr.-Ing. Herbert Birkhofer

Tag der Einreichung: 25.02.2014
Tag der mündlichen Prüfung: 03.06.2014

Darmstadt 2014

D17

Hof & Wengenroth, 2007

„Eine Situation wird nur besser, wenn man sie verändert; und Innovationen sind der Versuch, dies auf eine Art und Weise zu tun, die bisher nicht erprobt wurde. Sei es, dass sie völlig neu sind, sei es, dass sie im jeweiligen Kontext erstmalig angewendet werden.“

Vorwort und Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt.

In diesem Zusammenhang möchte ich meinem ehemaligen Vorgesetzten, Doktorvater und geschätzten Lehrer Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder für die Förderung meiner wissenschaftlichen Tätigkeit und für die anhaltende Unterstützung während meiner gesamten Promotionsphase danken. Weiterhin möchte ich Prof. Dr. h. c. Dr. h. c. Dr.-Ing. Herbert Birkhofer als meinem Co-Betreuer für seine Zeit und die unermesslich wertvollen Diskussionen zu meiner Arbeit danken.

Dank gilt auch meinen Freunden und Kollegen, welche bei Problemen immer ein offenes Ohr für mich hatten und mir mit Rat und Tat zur Seite standen. Insbesondere möchte ich hierbei Christina König für die gemeinsamen Projekte zusammen mit der Deutschen Flugsicherung sowie ihre Expertise in diesem Arbeitssystem hervorheben. Liebe Christina, danke für Deine Sichtweisen und die spannende Zusammenarbeit in diversen Projekten. Weiterhin gilt mein Dank Bastian Kaiser, welcher mich beim Aufbau der Datenbank trotz eigener zeitlicher Discrepanzen aktiv unterstützt hat. Vielen Dank, Bastian, für Deine Unterstützung mit MySQL.

Auch gilt mein Dank den Studenten, welche ich im Laufe meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft betreut habe. Auch wenn ich Euch hier nicht alle namentlich erwähnen kann, so möchte ich anmerken, dass Ihr alle durch Eure Arbeiten und die regelmäßigen Diskussionsrunden mit mir einen wesentlichen Beitrag zum Gelingen dieser Arbeit geleistet habt.

Selbstverständlich möchte ich mich auch bei all denen bedanken, die hier nicht erwähnt werden, die aber dennoch einen aktiven oder passiven Beitrag zu dieser Arbeit geleistet haben. Auch wenn Euer Beitrag noch so klein gewesen war, letztendlich hat auch dieser zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beigetragen.

Zuletzt, aber allen voran, möchte ich mich bei meiner Familie für die andauernde Unterstützung bedanken, insbesondere bei meiner Frau, die mir die Zeit zum Schreiben dieser Arbeit geschenkt hat. Ich möchte mich bei ihr auch für ihre unendliche Geduld, die strenge Kritik und die Anmerkungen bedanken – ich bin mir sicher, dass die sich daraus entwickelten Diskussionen die Arbeit weiter vorangebracht haben.

Weiterhin danke ich meinen Sohn Finn. Danke für die zeitweise notwendigen Ablenkungen und die andauernde Ermutigung zur Fertigstellung der Arbeit.

Zu guter Letzt gilt mein Dank meinen Eltern, welche mir meine Ausbildung ermöglicht haben. Auch wenn es nichts direkt mit dieser Arbeit zu tun hat, so möchte ich mich bei Euch darüber hinaus für all das bedanken, wofür man seinen Eltern danken kann. Insbesondere, da ich mittlerweile gelernt habe, dass viele Dinge, die man für selbstverständlich hält, es nicht unbedingt sind.

Vielen Dank Euch allen für die großartige Unterstützung.

Zusammenfassung

Innovationen werden als Notwendigkeit des freien Markts betrachtet (Koudal, 2004). Sie dienen dazu, den Unternehmenserfolg in einem zunehmenden Verdrängungswettbewerb langfristig zu sichern.

Die aktuellen Veränderungen des Arbeitsmarkts durch demografische Entwicklungen fordern einen Schutz der Ressource Mensch. Auch der Arbeitsmarkt wird aufgrund von Phänomenen wie beispielsweise dem Fachkräftemangel zukünftig von Unternehmen härter umkämpft werden, um den Personalbedarf decken zu können. Unternehmen müssen demnach attraktiver für Arbeitnehmer werden. Die angesprochenen Entwicklungen deuten auf eine Verschiebung der notwendigen Kriterien zur Sicherung des wirtschaftlichen Erfolgs hin.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird der Ansatz verfolgt, die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen durch den Einsatz innovativer Arbeitsmittel zu sichern. Das Arbeitsmittel stellt das Bindeglied zwischen der Arbeitsperson, dem Arbeitsobjekt und der zu erfüllenden Arbeitsaufgabe dar. Der Begriff der Innovation wird in der Regel zwischen Unternehmen, Markt und Kunde diskutiert und baut auf einem verbesserten Verständnis der Kundenbelange auf. Die vorliegende Arbeit überträgt diese Betrachtungsweise auf den Arbeitnehmer als Kunden und zeigt die daraus entstehenden Chancen auf.

Auf Basis des beschriebenen Ansatzes wird ein Tool zur Unterstützung der innovativen Arbeitsmittelgestaltung definiert. Bei dem Tool handelt es sich um einen Technologiekatalog, welcher den Entwickler des neuen Arbeitsmittels in allen relevanten Phasen bestmöglich unterstützen soll. Die relevanten Phasen werden anhand einer Analyse vorhandener Entwicklungs- und Innovationsprozesse ermittelt.

Die Analyse zeigt, dass keiner der gefundenen Prozesse ohne Anpassung für die Entwicklung von innovativen Arbeitsmitteln geeignet ist. Weiterhin wird der primäre Unterstützungsbedarf, auf den auch der entwickelte Katalog fokussiert, in den Phasen der Ideengenerierung und -bewertung identifiziert. Der gewählte Lösungsansatz des Katalogs basiert auf einem Wissenstransfer durch Analogiebildung.

Das entwickelte System wurde exemplarisch umgesetzt und mit Daten gefüllt. Die Anwendung wird anhand eines Projektes in Kooperation mit der Deutschen Flugsicherung GmbH dargelegt. Die Anwendung sowie einige der mithilfe des Technologiekatalogs erarbeiteten Ergebnisse werden dargestellt. Die Arbeit schließt mit einer Diskussion und einem Ausblick.

Inhaltsverzeichnis

VORWORT UND DANKSAGUNG	I
ZUSAMMENFASSUNG	II
INHALTSVERZEICHNIS.....	III
1. EINLEITUNG	1
1.1. INNOVATION ALS WETTBEWERBSFAKTOR FÜR MODERNE UNTERNEHMEN.....	2
1.2. INNOVATIONSDIFFUSION IN DIE ARBEITSWELT UND DEREN FOLGEN	5
1.3. INNOVATIONSTRÄGHEIT IN DER ARBEITSWELT	7
1.4. MAßNAHMEN ZUR INNOVATIVEN ARBEITSMITTELGESTALTUNG	10
1.5. ZIELE DER ARBEIT	12
1.6. AUFBAU DER ARBEIT.....	13
2. STAND DER TECHNIK	15
2.1. INNOVATION IM ARBEITSKONTEXT.....	16
2.1.1. <i>Definitionen des allgemeinen Innovationsbegriffs</i>	16
2.1.2. <i>Innovation: Potential und Risiko</i>	19
2.1.3. <i>Übertragung von Innovation auf den Arbeitskontext</i>	20
2.1.3.1. <i>Der Arbeitskontext</i>	21
2.1.3.2. <i>Konkretisierung der vorhandenen Definitionen für den Arbeitskontext</i>	24
2.1.3.3. <i>Innovative Arbeitsmittel</i>	29
2.2. VORGEHEN BEI DER ARBEITSPLATZ- UND ARBEITSMITTELGESTALTUNG	32
2.2.1. <i>Einflussfaktoren auf das Entwicklungsergebnis</i>	33
2.2.1.1. <i>Der Mensch im Entwicklungsprozess</i>	34
2.2.1.2. <i>Entwickler</i>	34
2.2.1.3. <i>Nutzer</i>	37
2.3. UNTERSTÜTZUNG DER INNOVATIVEN ARBEITSMITTELGESTALTUNG DURCH PROZESSE UND METHODEN	40
2.3.1. <i>Anforderungen an den Prozess</i>	40
2.3.2. <i>VDI 2221 – Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte</i>	43
2.3.3. <i>Menschzentrierter Gestaltungsprozess nach DIN EN ISO 9241-210</i>	50
2.3.4. <i>Innovationsprozess nach Pleschak & Sabisch</i>	56
2.3.5. <i>3-Zyklen-Modell nach Gausemeier et al.</i>	61
2.4. KATALOGE	65
2.4.1. <i>Produktkataloge</i>	65
2.4.1.1. <i>Aufbau und Systematisierung von Produktkatalogen</i>	66
2.4.1.2. <i>Zusammenfassung von Produktkatalogen</i>	68
2.4.2. <i>Konstruktionskataloge</i>	69
2.4.2.1. <i>Aufbau und Systematisierung von Konstruktionskatalogen</i>	70
2.4.2.2. <i>Zusammenfassung von Konstruktionskatalogen</i>	74
2.4.3. <i>Rechnergestützte Katalogsysteme zur Unterstützung von Innovationen</i>	75
2.4.3.1. <i>Innovationsdatenbanken des Heinz Nixdorf Instituts</i>	76
2.4.3.2. <i>Zusammenfassung der Innovationsdatenbank des Heinz Nixdorf Instituts</i>	80
2.4.3.3. <i>Datenbank „Methods“ des Verbundprojekts Gina</i>	81
2.4.3.4. <i>intraPRO Innovation</i>	84
2.5. DEFIZITE DES BESTEHENDEN UNTERSTÜTZUNGSBEDARFS (PROZESSE UND METHODEN) HINSICHTLICH DER ANWENDUNG AUF DIE ENTWICKLUNG VON INNOVATIVEN ARBEITSMITTELN	89

2.5.1.	<i>Defizite bestehender Entwicklungsprozesse</i>	89
2.5.2.	<i>Defizite bestehender Kataloge</i>	91
3.	PROZESS ZUR GESTALTUNG INNOVATIVER ARBEITSMITTEL	94
3.1.	ANFORDERUNGEN AN DEN PROZESS ZUR GESTALTUNG INNOVATIVER ARBEITSMITTEL	95
3.2.	DEFINITION DES PROZESSES ZUR GESTALTUNG INNOVATIVER ARBEITSMITTEL	97
3.3.	BESCHREIBUNG DES PROZESSES ZUR GESTALTUNG INNOVATIVER ARBEITSMITTEL	99
4.	TECHNOLOGIEKATALOG ZUR INNOVATIVEN ARBEITSMITTELGESTALTUNG	110
4.1.	ANFORDERUNGEN AN DEN KATALOG	111
4.1.1.	<i>Allgemeine Anforderungen</i>	111
4.1.2.	<i>Spezifische Anforderungen an den Katalog</i>	111
4.1.3.	<i>Zusammenfassung der Anforderungen</i>	117
4.2.	KONZEPT	119
4.2.1.	<i>Lösungsansatz</i>	119
4.2.1.1.	<i>Analogien</i>	120
4.2.1.2.	<i>Analogietransfer</i>	121
4.2.1.3.	<i>Herausforderungen bei der Nutzung von Analogien im Bezug auf die Entwicklung innovativer Produkte</i>	122
4.2.1.4.	<i>Schlussfolgerungen</i>	124
4.2.2.	<i>Prinzipieller Aufbau des Katalogs</i>	124
4.3.	UMSETZUNG	129
4.3.1.	<i>Recherche zum Aufbau der Datenbasis</i>	130
4.3.2.	<i>Gliederung der Inhalte</i>	133
4.3.2.1.	<i>Produkte</i>	134
4.3.2.2.	<i>Technologien</i>	134
4.3.2.3.	<i>Arbeitskontexte</i>	144
4.3.3.	<i>Aufgabenrelevante Kataloginhalte</i>	148
4.3.3.1.	<i>Verstehen des Nutzungskontextes</i>	148
4.3.3.2.	<i>Potentialfindung</i>	148
4.3.3.3.	<i>Produktfindung</i>	148
4.3.3.4.	<i>Nutzeranforderungen</i>	152
4.3.3.5.	<i>Gestaltungslösungen entwickeln</i>	152
4.3.3.6.	<i>Gestaltungslösungen evaluieren</i>	153
4.3.4.	<i>Das Front-End</i>	153
4.3.4.1.	<i>Header</i>	154
4.3.4.2.	<i>Produktdatenblatt</i>	155
4.3.4.3.	<i>Technologiedatenblatt</i>	159
4.3.5.	<i>Das Back-End</i>	162
5.	EXEMPLARISCHE ANWENDUNG DES KATALOGKONZEPTE ANHAND DES FALLBEISPIELS	
	FLUGSICHERUNG	166
5.1.	FESTLEGEN UND VERSTEHEN DES NUTZUNGSKONTEXTES	168
5.1.1.	<i>Arbeitsaufgabe</i>	169
5.1.2.	<i>Arbeitsperson</i>	170
5.1.3.	<i>Arbeitsobjekt</i>	174
5.1.4.	<i>Arbeitsmittel</i>	175
5.1.5.	<i>Umwelteinflüsse</i>	179
5.2.	POTENTIALFINDUNG	180
5.2.1.	<i>Aktuelle Situation</i>	180

5.2.2.	<i>Zukünftige Situation</i>	181
5.2.3.	<i>Ausgewählte Potentiale</i>	183
5.3.	PRODUKTFINDUNG	184
5.3.1.	<i>Anregen und Generieren einer ersten Idee</i>	184
5.3.2.	<i>Produktdefinition durch Ausarbeitung der Idee und durch Technologieauswahl</i>	193
5.3.3.	<i>Ideen bewerten</i>	205
5.4.	NUTZERANFORDERUNGEN SPEZIFIZIEREN	214
5.5.	ERARBEITEN VON GESTALTUNGSENTWÜRFEN, DIE DIE NUTZERANFORDERUNGEN ERFÜLLEN	220
5.6.	GESTALTUNGSLÖSUNGEN AUS NUTZERPERSPEKTIVE EVALUIEREN	222
6.	DISKUSSION UND AUSBLICK	224
6.1.	BETRACHTUNG UNTER WISSENSCHAFTLICHEN GESICHTSPUNKTEN	225
6.2.	AUSWIRKUNG AUF DIE PRAXIS	228
6.3.	AUSBLICK	230
ANHANG		232
ABBILDUNGSVERZEICHNIS		242
TABELLENVERZEICHNIS		245
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS		247
LITERATURVERZEICHNIS		248
	LITERATURQUELLEN	248
	INTERNETQUELLEN	261
	BETREUTE STUDENTISCHE ARBEITEN	266

1. Einleitung

Die Welt um uns herum befindet sich in einem ständigen Wandel. Unternehmen sind häufig gezwungen, auf diese Veränderungen zu reagieren und ehemals etablierte Strategien zu verbessern oder gar neuartige Wege zu gehen (Faber, 2009). Im Rahmen der Globalisierung haben der Konkurrenzdruck und der Verdrängungswettbewerb in einer Vielzahl von Segmenten stark zugenommen. Für Unternehmen ist es immer wichtiger, sich von anderen Mitbewerbern zu unterscheiden, um ihr Unternehmen auch in Zukunft wettbewerbsfähig zu halten. Die Veränderungen in Wirtschaft und Gesellschaft lassen sich nach dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (2001) wie folgt charakterisieren:

- verschärfter Wettbewerb und wachsendes Innovationstempo,
- Wandel von Verkäufer- zu Käufermärkten mit erhöhten Qualitätsansprüchen der Kunden,
- Fachkräftemangel in zukunftssträchtigen Bereichen bei gleichzeitig hoher Arbeitslosigkeit,
- beschleunigte Entwicklung und Verbreitung neuer Technologien, insbesondere der Anwendung der Informations- und Kommunikationstechniken in nahezu allen Bereichen des Arbeitslebens,
- Aufbrechen der Grenzen zwischen Unternehmen, Branchen und Sektoren,
- Entstehen neuer Wirtschaftsbereiche (New Economy) mit neuen Regeln und Strukturen bei wachsender Bedeutung von Wissen als Humanressource,
- zunehmende Notwendigkeit eines auf eine nachhaltige Entwicklung ausgerichteten Wirtschaftens im Sinne einer Integration von ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten in Unternehmensentscheidungen,
- Wertewandel mit geänderten Lebensstilen und Verhaltensmustern, veränderten Erwerbsbiografien sowie gestiegener Frauenerwerbstätigkeit,
- zunehmende Individualisierung; Veränderung der Altersstruktur der Bevölkerung,
- Verschwimmen der Grenzen zwischen Arbeit und Privatleben.

1.1. Innovation als Wettbewerbsfaktor für moderne Unternehmen

Innovation bezeichnet allgemein die systematische Überführung einer neuen Idee in einen wirtschaftlichen Kontext. Dabei kann es sich bei dieser Idee z. B. um ein Produkt, um eine Dienstleistung, um einen Fertigungsprozess oder um eine Organisationsstruktur handeln. Für ein Unternehmen ist es dabei wichtig, dass die in der Idee enthaltenen neuen Merkmale zu einer Nachfrage seiner Produkte oder Dienstleistungen führen, um letztendlich seine Marktanteile und den Gewinn zu sichern und ggf. zu vergrößern (Weis, 2012). Bei Innovationen handelt es sich immer auch um strategische, d. h. in die Zukunft gerichtete, Entscheidungen. Nach Porter (1998) lassen sich Innovationen wie folgt aus Unternehmenssicht in drei Klassen untergliedern:

Overall cost leadership: Hierbei dienen die Kosten als Unterscheidungsmerkmal. Ziel des Unternehmens ist es, ein Produkt zum niedrigsten Preis auf den Markt zu bringen. Dies wird durch eine Erhöhung der Produktionskapazitäten zu erreichen versucht. Zur Anwendung kommen hier vor allem Prozessinnovationen, die eine effizientere Fertigung ermöglichen. Auch die Verwendung von neuartigen Rohstoffen kann zu einer Kostenreduzierung beitragen (Porter, 1998).

Differentiation: Die Strategie stellt den Kunden und seine Bedürfnisse in den Mittelpunkt – da die Bedürfnisbefriedigung als Unterscheidungsmerkmal dienen kann. Ziel ist es so, die Bedürfnisse der Kunden deutlich effektiver zu befriedigen, als es die Konkurrenz bereits kann (Porter, 1998).

Focus: Im Rahmen dieser Strategie bemühen sich Unternehmen, gezielt neue Märkte und bislang unbeachtete Nischen zu erschließen, was sowohl mit Chancen als auch mit einem hohen Risiko verbunden sein kann (Porter, 1998). Nach Rüggeberg & Burmeister (2008) wird diese Strategie oft in kleineren bis mittelständischen Unternehmen verfolgt, um stärker kundenorientiert arbeiten zu können.

Innovationen bieten einem Unternehmen demnach die Möglichkeit, seine eigene Marktposition auf unterschiedliche Art und Weise zu stärken, neue Marktsegmente zu akquirieren oder sich von Mitbewerbern hinsichtlich Faktoren wie z. B. Preis, Leistung und Qualität abzusetzen (vgl. Porter, 1998). Es ist nachgewiesen, dass „sowohl Produkt- als auch Prozessinnovationen auf Unternehmensebene [...] zu höherem Umsatz und höherer Beschäftigung“ führen (Smolny, 1996). Innovationen sind von daher, insbesondere in rohstoffarmen Ländern ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor. Unter Berücksichtigung ihres Neuheitsgrades und den daraus resultierenden Folgen für einen Markt lassen sich Innovationen in die Kategorien inkrementell, radikal und disruptiv unterteilen.

Inkrementelle Innovationen finden nach Schulthess (2012) in bestehenden Märkten mit bekannten Anwendungsfeldern statt. Im Mittelpunkt stehen Produkte, die sich lediglich in wenigen Details vom Vorgänger abheben. In der Regel werden hier keine neuartigen Technologien eingesetzt. Dennoch besitzen die Veränderungen den nötigen Anreiz, um neue Kunden zu werben oder bestehende Kunden zu einem Neukauf zu animieren. Inkrementelle Innovationen gehen häufig aus einer verbesserten Ziel-Mittel-Beziehung hervor, die sich beim Kunden durch eine verbesserte Effizienz- oder Qualität bemerkbar macht (Pleschak & Sabisch, 1996).

Das Risiko bei inkrementellen Innovationen ist für das Unternehmen im Gegensatz zur radikalen Innovation in der Regel gering, da die Entwicklungszeiten kurz und die Kosten niedrig gehalten werden können. Bei einer radikalen Innovation handelt es sich um Entwicklungen mit einem hohen Neuartigkeitsgrad. Durch die Nutzung einer bislang unerschlossenen Technologie oder Anwendung ist die Innovation mit entsprechend langen Entwicklungszeiten, hohen Investitionskosten und entsprechendem Risiko verbunden.

Radikale Innovationen sind in der Lage, den wirtschaftlichen Unternehmenserfolg langfristig und nachhaltig zu sichern. Nach Cooper (2001) und Tushman (1986) sollten Unternehmen bestrebt sein, regelmäßig Produkte zu entwickeln, die durch Faktoren wie z. B. Neuartigkeit einzigartig sind und sich so von Wettbewerbern absetzen.

Ist eine solche Innovation in der Lage, die Gesetze des Marktes vollständig zu revolutionieren, so spricht O'Sullivan von einer disruptiven Innovation (vgl. O'Sullivan & Dooley, 2009). Disruptive Innovationen zwingen den Markt zum Handeln und sind im Gegensatz zu inkrementellen Innovationen schwer zu kopieren, so dass eine disruptive Innovation einen wesentlichen Wettbewerbsvorteil für den Inventor bedeutet.

Innovationen werden, verallgemeinert dargestellt, durch ein besseres Verständnis von Markt und Nutzer ermöglicht. Der Begriff der Innovation wird von Unternehmen vorwiegend im Rahmen ihrer Erzeugnisse und Dienstleistungen diskutiert. Die hohe Relevanz einer nach innen gerichteten Innovation wird häufig jedoch verkannt – dabei bieten Innovationen gerade hier enorme Chancen für Unternehmen und Mitarbeiter.

Aufbauend auf einem verbesserten Verständnis von Arbeitspersonen und den Abläufen im Unternehmen, sind Potentiale im Bereich der Prozessoptimierung, Mitarbeiter-Gesundheit, -Zufriedenheit und -Motivation denkbar, um nur einige wenige Chancen zu nennen. Die Bedeutung von Innovation für die Abläufe im Unternehmen wird aufgrund der sich verändernden Arbeitsmarktsituation durch Phänomene wie z. B. Fachkräftemangel und demografischen Wandel rapide ansteigen.

In einem hart umkämpften Arbeitsmarkt spielen die Befriedigung der Arbeitgeberbelange und die daraus resultierenden Vorteile für Arbeitnehmer und -geber eine entscheidende Rolle für die langfristige Sicherung des wirtschaftlichen Unternehmenserfolgs.

Innovationen sind für einen langfristigen Markterfolg eines Unternehmens nicht nur wünschenswert, sondern darüber hinaus zwingend notwendig. Damit sie jedoch aus Unternehmenssicht erfolgreich sind, ist eine Durchdringung des Marktes erforderlich. Der Begriff der Diffusion beschreibt dabei die letzte Phase des Innovationsprozesses und macht eine räumliche und zeitliche Aussage darüber, wie weit eine Innovation in der Gesellschaft verbreitet ist (Rogers, 1983).

Wird die Betrachtung der Diffusion auf das Teilsystem der Arbeitswelt reduziert, so fällt auf, dass der Zeitpunkt, in dem das Unternehmen in die Innovation investiert, von wesentlicher Bedeutung ist. Durch eine frühzeitige Adoption ist es möglich, einen Wettbewerbsvorteil zu schaffen oder Innovationspotentiale durch eine Verbesserung von Effektivität und Effizienz weiter auszubauen als andere Wettbewerber. Eine frühe Berücksichtigung von Innovationen birgt aufgrund fehlender Erfahrung im Unternehmen immer auch ein höheres wirtschaftliches Risiko. Ein zu spätes Umschwenken kann darüber hinaus sogar ein Unternehmen vom Markt

1.2. Innovationsdiffusion in die Arbeitswelt und deren Folgen

In der Arbeitswelt stehen Innovationen häufig im Spannungsfeld zwischen wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und persönlichen Interessen der Beschäftigten, da diese häufig mit umfangreichen betrieblichen Veränderungen und Anpassungen der Arbeitssysteme verbunden sind. Es steht jedoch außer Frage, dass viele Innovationen, insbesondere in Form von neuen Technologien, die Arbeitswelt nachhaltig verändert haben und viele Trends durch eine Vielzahl von neuen Gestaltungsoptionen gerade erst ermöglicht haben (Bullinger & Bauer, 2007).

Zur Identifikation dieser Veränderungen eignet sich nach Troll (2002) insbesondere das Arbeitsmittel. Diese Aussage stützt er auf die Annahme, dass die häufige Verwendung eines Arbeitsmittels die Struktur und Tätigkeit der Arbeit nachhaltig prägt.

Die Einführung neuer Arbeitsmittel kann zu einer Modifikation der Arbeitsinhalte und Methoden führen. Auch strukturelle Änderungen auf der organisatorischen Ebene sind denkbar (Rantanen, 1999). Die Einführung von Innovationen, insbesondere im Bereich der Arbeitsmittel, gehe immer auch einher mit einer Veränderung der ökonomischen Rahmenbedingungen, was sich auf die Anforderungen eines Arbeitsplatzes auswirkt.

Trotz dieses Aufwandes wird die Einführung neuer Technologien häufiger als vorteilhaft angesehen, da neue Technologien ein hohes Potential aufweisen, das arbeitsbezogene Handeln zu unterstützen (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2001). Zudem werden mit neuen Technologien Wirtschaftswachstum, gesellschaftlicher Wohlstand, internationale Anschlussfähigkeit und neue Freiräume verbunden (Arbeitswelt und Organisation). Dass sich die neu gewonnenen Freiräume in der Arbeitswelt nicht immer positiv auswirken, lässt sich an dem Forschungsgebiet „Work-Life-Balance“ erkennen.

So haben moderne Kommunikationstechnologien in den vergangenen Jahren für eine Flexibilisierung in der Arbeitswelt gesorgt. Mitarbeiter sind über Mobiltelefone erreichbar, Informationen sind mithilfe des Internets in kurzer Zeit überall auf der Welt abrufbar. Die Bedeutung des klassischen Büros als Arbeitsort verliert immer mehr an Bedeutung. Mit den neuen technischen Möglichkeiten und der Einführung des sogenannten Home-Office hat sich die Arbeitswelt verändert. Nicht nur, weil dadurch der Ort der Leistungserbringung in vielen Berufen zur Nebensache wird, sondern vielmehr deshalb, weil sich damit auch die Anforderungen an die Mitarbeiter ändern. So treten durch das neue Arbeitskonzept Eigenschaften wie Selbstständigkeit, Partizipation und Eigenverantwortlichkeit in den Vordergrund (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2001), die früher eine eher untergeordnete Rolle gespielt haben. Für das Unternehmen müssen neue Kontrollmöglichkeiten geschaffen werden, da die Arbeitszeit aufgrund der schlechten Überprüfbarkeit nun kein adäquat messbares Kriterium für die geleistete Arbeit mehr ist.

Die ständige Erreichbarkeit und der daraus resultierende Wegfall der Betriebsgrenzen bringen den Vorteil mit sich, dass Mitarbeiter hinsichtlich der Entwicklungen von z. B. Projekten immer auf dem Laufenden sind und bei Bedarf kurzfristig intervenieren können. Gleichzeitig führt die Erwartungshaltung der Unternehmen nach ständiger Erreichbarkeit zu einem Verschwimmen der Grenzen zwischen Arbeit und Privatleben.

In Wagner & Herlt (2010) wurden Manager gefragt, welche Auswirkungen dies auf ihr Privatleben hat. Die ständige Erreichbarkeit führt häufig zu einer Unterbrechung von Freizeitaktivi-

täten, was von den Familien als störend und belastend empfunden wird. Sie stehen „ständig unter Strom“, da sie mental nicht abschalten können. Letzteres kann zu physischen Erkrankungen wie z. B. Burnout führen.

Wie sich an den Beispielen erkennen lässt, können Innovationen tief greifende Veränderungen in der Arbeitswelt nach sich ziehen (vgl. auch Bullinger & Bauer, 2007). Um technologisches Potential gewinnbringend und verantwortungsvoll nutzen zu können, müssen zunächst entsprechende Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Problematisch wird es, wenn Unternehmen kurzfristig auf Innovationen reagieren müssen. In einem solchen Fall würde man von einer unkontrollierten Diffusion sprechen. Diese bezeichnet eine unkontrollierte Verbreitung einer neuen Technologie innerhalb eines Unternehmens, ohne dass die für die Nutzung notwendigen Voraussetzungen (z. B. Infrastruktur, Schnittstellen zu anderen Arbeitsplätzen etc.) geschaffen worden sind.

Im günstigsten Fall führt es dazu, dass das Potential der neuen Technologie nicht vollkommen ausgeschöpft wird. In ungünstigeren Fällen kommt es zu Problemen – von der Schaffung eines zusätzlichen Mehraufwandes aufgrund fehlender Schnittstellen bis hin zum Fehlen von entsprechendem Personal aufgrund von veränderten Anforderungen an Fähigkeiten und Fertigkeiten der Beschäftigten. Zwangsläufig müssen die Unternehmen jedoch auf die Probleme reagieren, was mit einer korrektiven Umgestaltung einhergeht.

1.3. Innovationsträgheit in der Arbeitswelt

Erfolgreiche Innovationen im Konsumbereich bedeuten, vereinfacht dargestellt, einen Gewinn und Markterfolg für das Unternehmen. Ähnlich wie im Konsumbereich bieten Innovationen im Bereich der Arbeitsplatzgestaltung viel Potential zum Ausbau des Markterfolges. Exemplarisch soll an dieser Stelle das Beispiel der Gewinnmaximierung durch die Verwendung effizienteren Arbeitsmitteln angeführt werden. Um die negativen Auswirkungen einer unkontrollierten Diffusion zu vermeiden, ist es notwendig, die Verbreitung der Neuerung im Arbeitssystem zu kontrolliert, d. h. strategisch neue Rahmenbedingungen für den Einsatz dieser zu schaffen und die Einführung z. B. durch ein gutes Change-Management zu begleiten.

Betrachtet man vorhandene Arbeitssysteme, so fällt auf, dass viele Arbeitssysteme als Folge von unkontrollierter Diffusion eher historisch gewachsen anstatt strategisch entwickelt worden sind (Landau, 2007). Die Arbeitssystemgestaltung, insbesondere die Arbeitsmittelgestaltung unterliegt demnach einer ausgesprochenen Innovationsträgheit. Diese Trägheit lässt sich vornehmlich darauf zurückführen, dass Unternehmen und ihre Arbeitssysteme vornehmlich technisch-ökonomisch getrieben sind. Der Fokus dabei liegt auf Faktoren wie Sicherheit und Produktivität, um das Arbeitssystem funktionsfähig und profitabel zu halten. Eine Veränderung eines laufenden und funktionierenden Systems bedeutet immer auch ein Risiko für die Produktivität des Arbeitssystems. Darüber hinaus ist die Bereitstellung zusätzlicher Ressourcen für die Entwicklung, Um- und Durchsetzung von Neuerungen notwendig.

Demnach ist es nicht verwunderlich, dass bei der Schaffung und Einführung von Innovationen in einem Unternehmen mit entsprechenden Widerständen zu rechnen ist. Nach Rüggeberg (2009) kann dabei zwischen inner- und außerbetrieblichen Innovationswiderständen unterschieden werden. Die dabei entstehenden innerbetrieblichen Innovationsbarrieren lassen sich auf individuelle, organisations- und ressourcenspezifische Widerstände zurückführen, wohingegen man außerbetriebliche Widerstände in zwischenbetriebliche und umweltbezogene Barrieren untergliedern kann.

Meifert & Kienbaum (2009) weisen darauf hin, dass dem Menschen eine große Rolle bei der Entwicklung und Umsetzung von innovativen Neuerungen zukommt. Dies begründen sie dadurch, dass Menschen als Ideengeber zum einen die Quelle von Innovationen sind, zum anderen aber auch Hindernisse, da sie an der Umsetzung beteiligt und ggf. sogar von der Umsetzung betroffen werden können. Unter Berücksichtigung dieses Aspekts ist der Entwickler des Arbeitssystems (z. B. in Form eines Arbeitsplaners, Konstrukteur etc.) besonders hervorzuheben, da dieser für die Entwicklung und Einführung des innovativen Arbeitsmittels verantwortlich ist.

Der Entwickler als Gestalter des Arbeitssystems hat die Aufgabe, das Arbeitssystem nach technischen, ökonomischen und ergonomischen Gesichtspunkten bestmöglich auszulegen. Dabei liegt der Fokus auf der

„Schaffung eines aufgabengerechten optimalen Zusammenwirkens von arbeitenden Menschen, Betriebsmitteln und Arbeitsgegenständen durch zweckmäßige Organisation von Arbeitssystemen ...“ (Landau, 2007)

Die Zielsetzung beschreibt, allgemein betrachtet, die Lösung eines hochgradig komplexen und vernetzten Problems. Zur Lösung des Problems steht dem Entwickler lediglich eine begrenzte

Anzahl von Ressourcen (Zeit, Kapazität, Budget etc.) zur Verfügung. Deren Verfügbarkeit beeinflusst das Entwicklungsergebnis und die Arbeitsweise maßgeblich.

Durch die hohe Komplexität der Tätigkeit wird das Gesamtproblem häufig in kleine, für den Entwickler handhabbare Teilprobleme untergliedert, die der Entwickler im Laufe der Auslegung bearbeiten muss. In Anbetracht der begrenzten Ressourcen ist klar, dass er hierbei nicht in der Lage sein wird, jedes Teilproblem entsprechend intensiv zu bearbeiten. Der Entwickler muss also Prioritäten setzen, um seine Aufgaben zu erfüllen. Dabei spielt das erwartete Verhältnis zwischen dem Denkergebnis und dem Denkaufwand eine entscheidende Rolle.

$$\text{Denkökonomie} = \frac{\text{Denkergebnis (Nutzen; Qualität)}}{\text{Denkaufwand (-zeit)}} \quad (\text{Ehrlenspiel, 2009})$$

In der Praxis führt dies dazu, dass (Teil-)Problemfelder mit z. B. hoher Wichtigkeit, Komplexität, Dringlichkeit oder Neuheit intensiver bearbeitet werden als andere, da hier ein besseres Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand erwartet wird. Zum Einsatz kommt eher methodisches, rationales Vorgehen, wohingegen bei (Teil-)Problemen mit eher niedriger Denkökonomie eine intuitive und unbewusste Vorgehensweise zu beobachten ist (vgl. Tabelle 1).

	Vorgehen, Arbeiten	intuitiv, unbewusst , wenn...	methodisch, rational, bewusst , wenn ...
Kriterien			
Wichtigkeit des Problems		Problem nicht so wichtig Fehlentscheidung leicht korrigierbar	wichtiges Problem (z. B. hoher zu erwartender Umsatz) Entscheidung von großer Tragweite
Komplexität des Problems		eher einfach, klar zu durchschauen zeitlich konstant, „statisch“ klares, eindeutiges Ziel	hohe Komplexität, schwer durchschaubar zeitlich sich ändernd, „dynamisch“ unklare, widersprüchliche Ziele
Dringlichkeit des Problems (verfügbare Zeit)		es eilt Aufwand lohnt nicht	bei wichtigem und/oder neuem Problem sollte selbst unter Zeitdruck ein Minimum an Methodik angewandt werden
Neuheit des Problems		altes Problem, es genügt, übliche Lösungen zu verwenden	vollkommen neue Lösung gesucht keine ähnliche Lösung bekannt
Organisation der Problembearbeitung		nur wenige aufeinander eingespielte Mitarbeiter, die kaum wechseln	Koordination von vielen oder im Lauf der Zeit wechselnden Mitarbeitern erforderlich

Tabelle 1: Bevorzugte Arbeitsweisen in Anlehnung an (Ehrlenspiel, 2009)

Die Investition in Arbeitsmittel und die sich daraus ergebenden Effekte für das Arbeitssystem sind häufig nur schwer feststellbar. Daher ist die Auswahl und Gestaltung von Arbeitsmitteln ein Problemfeld mit untergeordneter Priorität. Sie wird, wie aus Tabelle 1 hervorgeht, eher intuitiv bearbeitet, da häufig kein offensichtlicher Bedarf an einer Änderung des Arbeitsmittels besteht. Phrasen wie „Das wurde schon immer so gemacht“ oder „Daran gewöhnt man sich“ deuten auf eine starke Betriebsblindheit und Gewohnheitsbremsen bei der Auswahl und Gestaltung von Arbeitsmitteln hin. Dies lässt sich damit begründen, dass ein umfangreiches Wissen erforderlich ist, um ein Arbeitsmittel optimal auszulegen. Der Entwickler benötigt neben einer ausgeprägten Kenntnis des Arbeitssystems auch Wissen aus diversen Fachdisziplinen, um die komplexen Zusammenhänge im System erkennen zu können. Fehlendes Fachwissen kann zu Fehlentscheidungen bei der Selektion oder Auslegung der Systemkomponenten (z. B. Arbeits- oder Betriebsmittel) führen. Da die Entwickler häufig nicht mit entsprechendem Fachwissen aus allen notwendigen Bereichen – der Ingenieurs- und Betriebswirtschaft, Arbeitspsychologie, -physiologie, -soziologie etc. (Landau, 2007), um nur einige zu nennen – aufwarten können, werden von ihnen Maßnahmen zur Sicherheitsmaximierung getroffen. Der Mangel an Risikobereitschaft aufgrund der weitreichenden Konsequenzen einer fehlerhaften Auslegung macht sich durch kleine und inkrementelle Veränderungen bemerkbar. Zudem kann ein Rückgriff auf dem Entwickler bekannte und etablierte Lösungen beobachtet werden.

1.4. Maßnahmen zur innovativen Arbeitsmittelgestaltung

Die vorliegende Arbeit thematisiert konkret die Gestaltung innovativer Arbeitsmittel. Unter dem Begriff des Arbeitsmittels lassen sich nach DIN EN ISO 6385 (2004) alle Gerätschaften, Werkzeuge und Hilfsmittel zusammenfassen, die zur Verrichtung einer Arbeit notwendig sind. Aktuell spielt bei der Arbeitsmittelgestaltung die Forderung nach innovativen Lösungen aufgrund der eher praktisch-ökonomischen Triebfeder eine eher unterordnete Rolle. Fehlendes Wissen, das Bedürfnis nach Sicherheitsmaximierung, die Zerlegung des Gesamtproblems in Teilprobleme sowie das Arbeiten unter Zeitdruck tragen dazu bei, dass Entwickler in ihrer Kreativität häufig stark gehemmt sind und auf altbekannte Lösungen zurückgreifen, ohne diese zu hinterfragen. Hinzu kommen pragmatische Probleme wie z. B. die Frage nach dem akzeptablen Aufwand für die Suche einer alternativen Lösung, für welche bereits eine funktionsfähige Lösung vorhanden ist. Die vorherrschende intuitive Arbeitsweise baut zusätzlich einen stark individuellen Zusammenhang zwischen Entwicklungsergebnis und der individuellen Person des Entwicklers bzw. der am Entwicklungsprozess beteiligten Personen aus. Die Bekanntheit von alternativen Lösungen, welche in der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden, ist stark vom individuellen Erfahrungsschatz abhängig.

Um die prospektive Arbeitsgestaltung zukünftig besser unterstützen zu können, ist eine Verschiebung der Arbeitsweisen vom Intuitiven zum Diskursiven notwendig. Vorhandene Lösungen müssen hinterfragt werden und bei fehlender Eignung muss eine systematische Erneuerung vorgenommen werden. Dies entspricht per definitionem dem Innovationsgedanken.

Um zukünftig erfolgreich innovative Arbeitsmittel gestalten zu können, müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden, um das fehlende Wissen im Bereich der Lösungsalternativen sowie den systemischen Zusammenhang zwischen der Gestaltung von Arbeitsmittel und Arbeitssystem zu kompensieren. Nach Schulthess (2012) eignen sich Wissensmanagement-Systeme, z. B. in Form von Datenbanken oder Katalogen, dazu, um Unternehmen einen effizienten Zugang auf Informationen zu ermöglichen. Sie ermöglichen dem Anwender unter der Verwendung von entsprechenden Suchbegriffen einen schnellen Zugriff auf Informationen, wie z. B. die Identifikation von Lösungselementen.

Eine Datenbank, gefüllt mit entsprechenden Inhalten und Aufbau, wäre demnach in der Lage, die benötigten Wissenslücken zu schließen. Hierzu ist es notwendig, dass die Inhalte alternative Lösungsvorschläge zu den bestehenden Problemfeldern aufweisen. Ein System, welches den Entwickler mit alternativen Lösungskonzepten zu dem verwendeten Arbeitsmittel konfrontiert, würde gleichzeitig den individuellen Einfluss des Entwicklers und seines Erfahrungsschatzes minimieren. Des Weiteren müsste das Wissensmanagement-System die vorhandenen Zusammenhänge zwischen Arbeitsmittel und ihren Auswirkungen auf das Arbeitssystem wiedergeben können, um die Barriere der Sicherheitsmaximierung zu minimieren. Beide Informationsinhalte müssen mit einem vertretbaren Aufwand abrufbar sein.

Ähnliche Systeme wie die hier umrissene Datenbank sind bereits aus dem Bereich von ähnlichen Problemlöseprozessen wie dem der Konstruktion bekannt. Sogenannte Konstruktionskataloge haben sich bereits über Jahre hinweg etabliert und bieten in Anlehnung an Roth (1994) folgende Vorteile:

- schneller Zugriff auf Informationen (durch ihre Systematik),

-
- bequeme Handhabung durch entsprechend aufbereitete Wissensinhalte,
 - Gültigkeit für einen großen Nutzerkreis (dank allgemeingültiger Lösungsmerkmale),
 - Möglichkeit der Anpassung an den Konstruktionsablauf und konstruktionsmethodische Gesichtspunkte sowie Verfahren,
 - interne und externe Widerspruchsfreiheit und Vollständigkeit in gesetzten Grenzen,
 - Anpassungs- und Erweiterungsfähigkeit.

Konstruktionskataloge erfüllen nach Völckers (1978) alle notwendigen problem-, nutzer- und organisationsorientierten Anforderungen an ein Hilfsmittel zur Bereitstellung von Konstruktionsdaten in der betrieblichen Praxis. Diese Vorteile entstehen durch die enge Verknüpfung von Methode (Konstruktionskatalog) und Prozess (Konstruktionsmethodik). Das Werkzeug stellt dem Konstrukteur für den jeweiligen Prozessschritt die benötigten Informationen in aufbereiteter Form zu Verfügung (VDI Richtlinie 2222, Blatt 2, 1982). Solche Kataloge beinhalten u. a. auch eine vollständige Lösungssammlung, wobei einzelne Lösungen auf mehreren Ebenen beschrieben werden können. Diese Ebenen reichen von der reinen Funktionsebene über die Beschreibung von physikalischen Wirkprinzipien bis hin zu Zeichnungen und/oder Stücklisten und sind dem methodischen Vorgehen geschuldet. Des Weiteren beinhaltet ein solcher Katalog sogenannte Zugriffsmerkmale. Mit deren Hilfe kann der Entwickler die dargebotenen Lösungen auf ihre Eignung für das von ihm betrachtete Problemfeld hin überprüfen und bewerten.

1.5. Ziele der Arbeit

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Verbesserung der Arbeitssituation durch bisher unerprobte oder unbekannte Mittel. Der Fokus liegt dabei auf der Betrachtung des Arbeitsmittels, welches als Bindeglied zwischen der Arbeitsperson und der Arbeitsaufgabe ein wesentliches Element der Wertschöpfungskette ist. Ziel der Arbeit ist es, so einen Beitrag zur Unterstützung des Entwicklers bei der innovativen Arbeitsmittelgestaltung zu leisten. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Unterstützung der eigentlichen Entwicklungsphase – die Phasen der Einführung des neuen Arbeitsmittels werden nur eingeschränkt behandelt.

Im Rahmen der Arbeit wird der Innovationsansatz, welcher sich im Consumer-Bereich bereits etabliert hat und dort erhebliche Vorteile mit sich führt, auf den Arbeitskontext übertragen. Es soll dargelegt werden, dass der Gedanke des Innovationsmanagements auch bei der Planung eines Arbeitssystems und insbesondere für die Gestaltung von Arbeitsmitteln gewinnbringend eingesetzt werden kann.

Wie aus der Einleitung bekannt, sind Entwickler in ihrer Kreativität häufig stark gehemmt und greifen auf altbekannte Lösungen zurück – und das, obwohl es dank des technischen Fortschritts häufig bereits alternative Lösungen gibt, die viele Probleme, mit dem sich die Nutzer des Arbeitssystems schon längst abgefunden haben, lösen würden. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Entwicklung eines Werkzeug-Konzepts zur Förderung der Kreativität und Unterstützung der Entwickler bei der innovativen Arbeitsmittelgestaltung nach dem Vorbild der Konstruktionskataloge.

Eine besondere Herausforderung liegt dabei auf der Übertragung des Konstruktionskatalogkonzepts auf die innovative Arbeitsmittelgestaltung. Dies liegt darin begründet, dass Konstruktionskataloge u. a. aufgrund ihrer Vollständigkeit funktionieren und die Arbeitswelt aufgrund von unterschiedlichen Rahmenbedingungen (Mensch, Aufgabe und Umgebung) zu komplex ist, um diese in allgemeingültige (Teil-)Problemfelder zu untergliedern, wie dies z. B. bei Konstruktionskatalogen aktuell der Fall ist. Des Weiteren muss das in dieser Arbeit entwickelte Konzept Zugriff auf Innovationen – sprich etwas Neues und Unbekanntes – bieten. Nach Hargadon (2002) schneiden (interne) Datenbanken bei der Identifikation von atypischen Lösungen schlecht ab. Im Rahmen der Arbeit muss u. a. die Frage beantwortet werden, wie ein Entwickler mit minimalem Ressourceneinsatz etwas suchen und finden kann, ohne genau zu wissen, wonach er eigentlich sucht. Eine weitere Herausforderung, die im Rahmen der Arbeit gelöst wird, liegt in der Identifikation und der Aufbereitung der für die Aufgabe notwendigen Kataloginhalte. Hierzu ist zunächst notwendig, einen geeigneten Prozess zu identifizieren, um daraus einheitliche Lösungsmerkmale für die einzelnen Prozessschritte abzuleiten.

Die Aufbereitung einzelner Inhalte findet exemplarisch an Arbeitsmitteln aus dem Bereich der Mensch-Maschine-Systeme statt. Im Fokus des umgesetzten Konzepts stehen hard- und softwarebasierte Produkte, die eine Kommunikation zwischen Mensch und Maschine ermöglichen.

Weiterhin wird die Verwendung des Kataloges an einem Fallbeispiel aus einem Projekt demonstriert und abschließend kritisch diskutiert. Im Rahmen des Ausblicks werden u. a. Konzepte zur weiteren Befüllung des erarbeiteten Katalog-Systems mit Inhalten und Wartungsmöglichkeiten vorgestellt.

1.6. Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist wie folgt aufgebaut.

Kapitel 2.: Stand der Technik

Der Stand der Technik besteht im Wesentlichen aus zwei Elementen. Der erste Teil befasst sich mit dem Begriff der Innovation. Wesentlicher Fokus liegt hierbei auf der Darlegung dessen, wie der Begriff der Innovation im Arbeitskontext zu verstehen ist, welche Vorteile Innovationen im Arbeitskontext mit sich führen können und welche Kriterien für eine erfolgreiche Arbeitsmittelinnovation notwendig sind. Der zweite Teil des Kapitels betrachtet die Gestaltung von Arbeitsmitteln. Da in der Praxis eine hohe Intransparenz bezüglich der bei der Arbeitsmittelgestaltung beteiligten Personen, Berufsgruppen und Schnittstellen besteht, stützt sich das Kapitel insbesondere auf die gemeinsam zu erbringende Aufgabe. Hierbei sind insbesondere die zur Erfüllung der Aufgabe verwendeten Hilfsmittel auf Ablauf und methodischer Ebene von besonderem Interesse. Das Kapitel schließt mit einer Bewertung der Prozesse und Methoden hinsichtlich der für eine erfolgreiche Innovation im Arbeitskontext notwendigen Kriterien.

Kapitel 3.: Prozess zur Gestaltung innovativer Arbeitsmittel

Auf Basis der im Kapitel 2. erfolgten Analyse wird ein Vorgehen zur innovativen Arbeitsmittelgestaltung definiert. Der ermittelte Prozess bildet die Grundlage für das weitere Vorgehen. Im Kapitel 3 wird der Prozess zunächst exakt beschrieben.

Kapitel 4.: Technologiecatalog zur innovativen Arbeitsmittelgestaltung

Aufbauend auf dem in Kapitel 3. definierten Prozess wird der konkrete Unterstützungsbedarf an die zu realisierende Methode abgeleitet. Zunächst wird der allgemeine Unterstützungsbedarf zur Bewältigung der Aufgabe der innovativen Arbeitsmittelgestaltung erläutert und auf den definierten Prozess übertragen. Aus dem ermittelten Unterstützungsbedarf lassen sich im nächsten Schritt konkrete Anforderungen an die Methode und den zu entwickelnden Katalog ableiten. Die Betrachtung beschränkt sich dabei exemplarisch auf das Anwendungsgebiet der Mensch-Maschine-Systeme. Dabei handelt es sich um zielgerichtete Interaktionen zwischen Mensch und Maschine. Der Schnittstelle obliegt dabei die Aufgabe, dem Anwender Informationen darzustellen und Eingaben zu ermöglichen, auf welche die Maschine dynamisch reagiert (Stapelkamp, 2007). Im Fokus der Arbeit stehen demzufolge Arbeitsmittel aus dem Bereich der Ein- und Ausgabegeräte sowie deren Umsetzungen (Technologien) samt Varianten.

Im Rahmen der Konzepterstellung werden Anforderungen aus Aufgabe, Prozess und Lösungsansatz berücksichtigt. Die gewonnenen Erkenntnisse bilden die Grundlage für die Ausgestaltung des Katalogs, welche ebenfalls in Kapitel 4. vorgenommen wird. Im Rahmen dieses Kapitels wird ebenfalls das Konzept des Kataloges weiter detailliert und ausgearbeitet. Dabei folgt das Vorgehen im Wesentlichen den Schritten, welche bei der Erstellung von Konstruktionskatalogen zur Anwendung kommen. Neben der inhaltlichen Ausgestaltung folgt auch eine Beschreibung der realisierten Datenbank und einiger besonderer hervorzuhebender Eigenschaften.

Kapitel 5.: Exemplarische Anwendung des Katalogkonzeptes anhand des Fallbeispiels Flugsicherung

Um die Funktionsfähigkeit des Kataloges, seine Leistungsfähigkeit und auch seine Grenzen aufzuzeigen, werden der Katalog und auch der entwickelte Prozess aus Kapitel 3. in dem vorliegenden Kapitel exemplarisch an einem Fallbeispiel angewendet. Bei dem Fallbeispiel handelt es sich um ein Projekt aus der Praxis im Arbeitsfeld der Flugsicherung. Neben der Anwendung des neu entwickelten Prozesses wird auch die Verwendung des Katalogs offengelegt und anschaulich dargestellt.

Kapitel 6.: Diskussion und Ausblick

Kapitel 6. betrachtet kritisch die im Rahmen dieser Arbeit erreichten Ziele und fasst diese zusammen. Die Arbeit schließt mit einem Ausblick auf kommende Arbeiten. Ein wesentlicher Punkt hierbei befasst sich mit Konzepten zum Ausbau der Kataloginhalte.

2. Stand der Technik

Der Aufbau von Kapitel 2. kann wie folgt beschrieben werden:

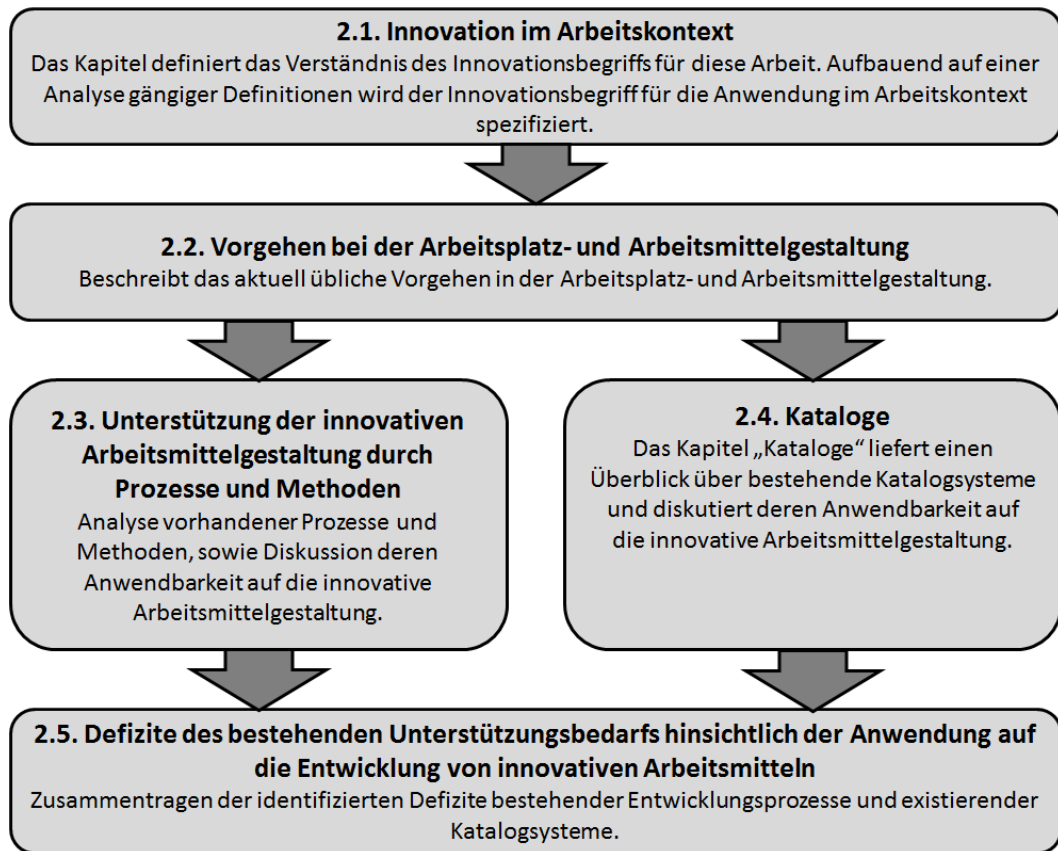


Abbildung 2: Darstellung Aufbau Kapitel 2.

2.1. Innovation im Arbeitskontext

Innovationen tragen, insbesondere in ressourcenarmen Ländern (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2009), entscheidend zum wirtschaftlichen Wohlstand bei. Darüber hinaus bestimmen und verändern sie tagtäglich unser Leben. Innovationen wie z. B. das Flugzeug, welches es uns ermöglicht, innerhalb von wenigen Stunden zwischen den Kontinenten hin und her zu reisen, Smartphones, die es uns ermöglichen, immer und überall erreichbar zu sein, Textnachrichten zu versenden oder Videochats abzuhalten, oder auch Medikamente, welche früher als tödlich geltende Krankheiten heilen, sind nur einige Beispiele dafür, wie Innovationen oder innovative Artefakte unser Leben beeinflussen.

Unser Konsumverhalten, welches den Gesetzen der freien Marktwirtschaft unterworfen ist, wird maßgeblich durch Innovationen und innovative Produkte beeinflusst. Dem gegenüber scheint es schwer vorstellbar, dass speziell die Arbeitswelt einer ausgesprochenen Innovationsträgheit unterliegt. Zurückzuführen ist dies auf die dort vorherrschenden abweichenden Rahmenbedingungen.

Die kommenden Kapitel sollen Aufschluss darüber geben, was sich hinter dem Begriff der Innovation verbirgt, wie er im Arbeitskontext zu verstehen ist und welche Vorteile aus der Verwendung von innovativen Arbeitsmitteln für ein Arbeitssystem entstehen können.

2.1.1. Definitionen des allgemeinen Innovationsbegriffs

Innovation bezeichnet einen bekannten und häufig verwendeten Begriff, um den sich in den letzten Jahrzehnten umfangreiche Modelle, Strategien und Methoden etabliert haben. Doch der Begriff der Innovation ist weitaus älter und hat sich im Laufe der Zeit auch verändert.

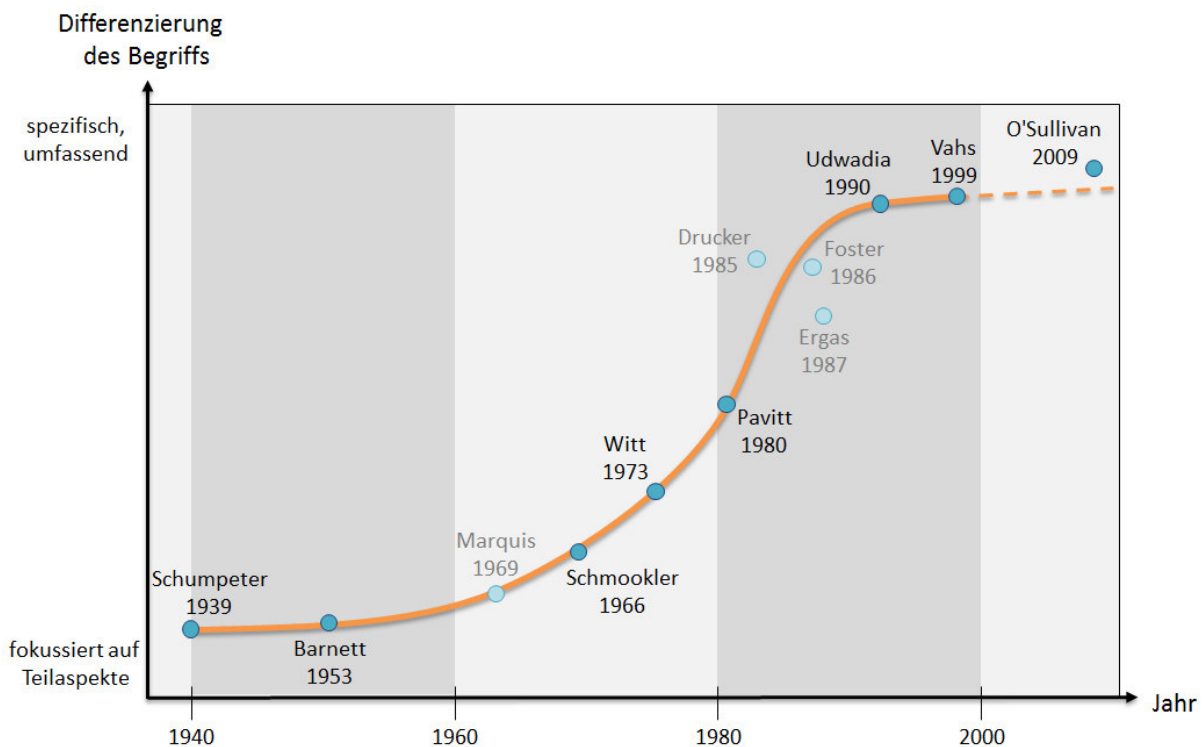


Abbildung 3: Entwicklung des Innovationsbegriffs in Anlehnung an Mitterdorfer-Schaad (2001)

Abbildung 3 beinhaltet die zeitliche Abfolge diverser Definitionen des Innovationsbegriffes, welche auf der Abszisse aufgetragen sind. Die Ordinate gibt die Differenzierung der Definitionen untereinander wieder. Im Folgenden wird auf einige der dort aufgeführten Definitionen eingegangen, um die wesentlichen Merkmale von Innovation näher erläutern zu können.

Die Definition von Schumpeter (1939) besitzt einen geringen Differenzierungsgrad und fokussiert lediglich auf den Teilaspekt der Veränderung. Schmookler (1966) spezifiziert die drei Kategorien für den Unternehmenskontext in Waren, Dienstleistungen oder Methoden. Auch sind schon erste Ansätze der Subjektivität einer Innovation zu erkennen.

*“An enterprise produces goods or services or using method of input that is new to it.”
(Schmookler, 1966)*

Nach Barnett (1953) kann es sich bei der Veränderung um einen Gedanken, ein Verhalten oder aber ein Ding handeln.

*“Innovation ist die erstmalige (ökonomische) Nutzung einer Erfindung. Das Erfundene muss nicht unbedingt aus dem Forschungs- und Entwicklungsbereich der Naturwissenschaft hervorgegangen sein, sondern schließt auch neuartige Objekte und Verfahren der Betriebswirtschaftslehre und der Sozialwissenschaften im weitesten Sinne nicht aus.”
(Witte, 1973)*

In der Definition des Innovationsbegriffs nach Witte (1973) wird erstmals die Trennung von Erfindung (engl. *invention*) und Innovation deutlich. Demnach ist für eine Innovation eine Verwertung im ökonomischen Sinne notwendig, um eine Erfindung in eine Innovation zu verwandeln. Die Nutzung der Erfindung kann hierbei für das Unternehmen oder das Umfeld erstmalig sein (Hauschildt, 2004). Pavitt (1980) geht noch einen Schritt weiter und fordert eine Vermarktung, was mit einer Markteinführung einhergehen würde.

Vahs & Burmester (1999) beschreiben Innovation als die zielgerichtete Durchsetzung neuer technischer, wirtschaftlicher, organisatorischer und sozialer Problemlösungen mit dem Ziel, Unternehmensziele auf eine neuartige Weise zu erreichen. Damit stellen sie indirekt einen Bezug zwischen Innovation und strategischer Unternehmensführung her. Demnach ist Innovation nicht das, was passiert, sondern muss auch strategisch geplant und umgesetzt werden. O’Sullivan & Dooley (2009) greifen im Buch „Applying Innovation“ den aktuellen Stand des Innovationsverständnisses auf und definieren diesen wie folgt:

“Innovation is the process of making changes, large and small, radical and incremental, to products, processes, and services that result in the introduction of something new for the organization that adds value to customers and contributes to the knowledge store of the organization.” (O’Sullivan & Dooley, 2009)

Demnach handelt es sich bei der Innovation um einen Prozess der Veränderung. In erster Linie ist die Größe (inkrementell/radikal) oder das Zielsystem (Produkt, Prozess oder Dienstleistung) der Veränderung von untergeordneter Bedeutung. Wichtig ist jedoch, dass die Veränderung einen Mehrwert für den Endnutzer (Kunden) und das Unternehmen, in Form von Wissen, mit sich führt. Durch die Erweiterung der soeben dargelegten Definition mit weiteren Schlüsselwörtern definieren O’Sullivan & Dooley (2009) den Begriff der „angewandten Inno-

vation“. Demzufolge ist bei der Anwendung von Innovation die Nutzung entsprechender Werkzeuge und Techniken unerlässlich.

Die wesentlichen Aspekte der analysierten Definitionen spiegeln sich in einer „Arbeitsdefinition“ von O’Sullivan und Dooley wider, welche lautet:

“Innovation is the process of making changes to something established by introducing something new that adds value to customers.” (O’Sullivan & Dooley, 2009)

Die Definition gibt den aktuellen Stand der Forschung gut wieder. Darüber hinaus ist die eben dargelegte Definition noch nicht zu spezifisch, so dass eine Übertragung auf den Arbeitskontext auf den ersten Blick möglich erscheint. Im Kern des Innovationsverständnisses steht somit nicht nur der Prozess der Veränderung, sondern auch der Mehrwert für den Nutzen, analog zur Verwertung oder Vermarktung. Neu an dieser Definition ist, dass O’Sullivan und Dooley allgemein den Kunden, und nicht das Unternehmen selbst, als Nutznießer der Innovation betrachten. Die Ergänzung unterliegt den Gesetzen der freien Marktwirtschaft – d. h., es wird davon ausgegangen, dass der Kunde, der den Mehrwert erleben wird, das Produkt, das Verfahren oder die Dienstleistungen weiterhin nutzen wird, oder dass sich durch die intensivere Nutzungserfahrung eine stärkere Kundenbindung zwischen Unternehmen und Nutzer einstellt. Dies bedeutet langfristig Wachstum für das Unternehmen.

Zusammenfassung

Aus der oben aufgeführten Arbeitsdefinition lassen sich vier Haupteigenschaften einer Innovation extrahieren. Diese lauten wie folgt:

- Innovation ist ein Prozess.
- Innovation bedeutet Veränderung.
- Innovation impliziert die Verdrängung von Etabliertem durch Neues.
- Der Nutzen für den Kunden steigt durch die Innovation.

Die oben genannten Punkte sollen für die Übertragung des Innovationsbegriffs auf den Arbeitskontext im Rahmen dieser Arbeit beibehalten werden. Im Rahmen der gewählten Definition bleibt offen, wie viel Veränderung für eine Innovation tatsächlich notwendig ist. O’Sullivan & Dooley (2009) unterscheiden in ihrer finalen Definition zwischen kleinen und großen, radikalen und inkrementellen Veränderungen. Darüber hinaus existieren ebenfalls *disruptive Innovationen*. Lindemann (2007) spricht im Ingenieurskontext ab einer erkennbaren Leistungssteigerung von 25 % von einer Innovation, wobei der tatsächliche Wert der „subjektiven Wahrnehmung“ unterliegt. Nach Hauschildt (2004) ist es darum ebenfalls möglich, dass ein Kunde ein Produkt als neuartig empfindet, auch wenn objektiv betrachtet keine Neuerung vorliegt. Auch in einem solchen Fall würde man von einer Innovation sprechen.

Unstrittig ist jedoch die Zunahme des Nutzens. Die Definition lässt offen, in welcher Form der Kunde den Nutzen erfährt (ökonomisch, ökologisch, sozial etc.). Darüber hinaus lässt die Definition Spielraum bei der Identität des Kunden. Dieser könnte, abhängig vom Anwendungs-

kontext der Definition, z. B. ein Konsument, ein Arbeiter, ein Unternehmen, ein Verwerter oder gar die Gesellschaft selbst sein.

Des Weiteren fällt auf, dass anhand der oben definierten Merkmale keine Aussage über den Erfolg oder Misserfolg einer innovativen Lösung möglich ist. Die Anwendung der Kriterien auf die Praxis zeigt, dass diese Kriterien ebenfalls durch Innovationen erfüllt werden, die allgemein als gescheitert gelten. Beispiele hierzu sind der Transrapid oder das Verfahren des Hydrobergbaus, bei dem Kohleflöze mithilfe von Wasser aus dem Gestein gewaschen werden sollten (vgl. Bauer, 2006).

2.1.2. Innovation: Potential und Risiko

Wie bereits aus der Einleitung bekannt, führen Innovationen große Potentiale, aber auch Risiken mit sich. Insbesondere bei der Übertragung von Innovation in den Arbeitskontext ist aufgrund der weitreichenden Konsequenzen, wie z. B. der Verlust von Arbeitsplätzen, ein „Scheitern“ tunlichst zu vermeiden.

Die in Kapitel 2.1.1. dargelegten Definitionen eignen sich dazu, Innovationen quantitativ zu identifizieren, aber nicht, um eine Aussage über einen Erfolg oder Misserfolg zu machen. Demnach stellt sich die Frage, wie oder woran man den Erfolg einer Innovation messen kann.

In der Literatur lässt sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Kriterien finden, an denen der „Erfolg“ oder der „Misserfolg“ einer Innovation diskutiert werden kann (Bauer, 2006). Dabei fällt auf, dass der Erfolg häufig abhängig von der Perspektive der bewertenden Personengruppen ist. So bewerten Ingenieure Innovationen eher anhand der Funktionalität, Aktionäre anhand des Profits und Kunden anhand von Faktoren wie die Einfachheit der Handhabung oder auch anhand von Aspekten wie Sicherheit (H.-J. Braun, 1992). Nach Cooper, Edgett & Kleinschmidt (2002) sind Innovationen häufig dann erfolgreich, wenn sie einer Systematik folgen. Dies ist nicht verwunderlich, da Innovationen sich durch einen prozesshaften Charakter mit vielen Einflussfaktoren auszeichnen. Rückwirkend lassen sich Einflussfaktoren aus den folgenden Bereichen identifizieren (vgl. Bauer, 2006):

- Markt- bzw. Konkurrenzfaktoren: d. h. die Kenntnis über die Märkte und Stärken des Wettbewerbs;
- Faktoren im Bereich Forschung und Entwicklung: verfügbare Ressourcen, Effizienz der Organisation;
- Produktfaktor: wahrgenommene Vorteile der Neuerung, Alltagstauglichkeit, Preis-Leistungs-Verhältnis;
- Absatzfaktor: Intensität der Werbung, ausreichende Kenntnis über tatsächliche Kundenwünsche, Vertriebsmöglichkeiten;
- Managementfaktoren: in Form von Unterstützung von Innovationsprojekten, Güte der Projektplanung und Kommunikationsfähigkeit der beteiligten Akteure.

Ein systematisches, planvolles und zielgerichtetes Handeln steigert daher die Erfolgsquote neuer Produkte – ist aber kein Garant dafür.

Innovationen können nach Stern & Jaberg (2010) als erfolgreich angesehen werden, wenn sie die vorgesehenen Ziele möglichst schnell und gut erreichen. Die zu erreichenden Ziele sind abhängig von einer Vielzahl an Faktoren sowie von der Art der Innovation.

So können Prozessinnovationen die interne Optimierung von Kosten, Qualität, Zeit und/oder Flexibilisierung der Leistungserbringung zum Ziel haben. Produktinnovationen können Ziele wie z. B. Unternehmenswachstum durch neue Arbeitsplätze oder Marktanteile, eine größere Gewinnspanne durch Wettbewerbsvorteile etc. im Auge haben.

Nach Bauer (2006) sind diese Veränderungen immer auch mit einem wirtschaftlichen Nutzen verbunden. Die Entwicklung von Innovationen ist immer auch an den Einsatz von Ressourcen gebunden. Bauer definiert demnach Innovationen als erfolgreich, wenn es gelingt, die Entwicklungskosten in einem akzeptablen Zeitraum zu decken und wenn sich die gewünschten Auswirkungen am Markt einstellen.

Misserfolg kann analog dazu definiert werden. Dies würde bedeuten, dass die vom Innovator geleisteten Entwicklungsanstrengungen sich nicht amortisieren lassen. Eine reine Markteinführung ist demnach kein geeignetes Kriterium, um eine Innovation als erfolgreich zu bewerten.

Laut Bauer (2006) ist eine Innovation erfolgreich, wenn die Vermarktung dieser prinzipiell gelingt. Martin, (1994) bezeichnet eine Innovation als erfolgreich, wenn *Invention* in Kombination mit *Exploitation* eintritt. O'Sullivan & Dooley (2009) schaffen eine alternative Definition für eine erfolgreiche Innovation, indem sie den Begriff der Erfindung durch Kreativität ersetzen. Die Definition lautet demnach:

$$\text{“Innovation} = \text{Creativity} + \text{Exploitation”}$$

(O'Sullivan & Dooley, 2009)

Dadurch weisen sie darauf hin, dass es viele Arten der kreativen Lösungsfindung gibt, die als Innovation angesehen werden können, ohne gleich die Dimension einer Erfindung aufzuweisen. Die Definition ist allgemeingültig, fasst alle wesentlichen Kriterien einer erfolgreichen Innovation auf und führt dies auf abstrakte Weise zusammen. Für den weiteren Fortgang dieser Arbeit dient die Definition nach (O'Sullivan & Dooley, 2009) als Basis für die Interpretation des Innovationsverständnisses.

2.1.3. Übertragung von Innovation auf den Arbeitskontext

Im Folgenden folgt eine qualitative Übertragung des Innovationsbegriffs aus Kapitel 2.1.2. auf das Arbeitsmittel. Hierzu ist es zunächst notwendig, den Arbeitskontext, samt den wesentlichen Eigenschaften, näher zu betrachten. Letztendlich wird die Definition auf das Gesamtsystem des Arbeitskontextes übertragen und später auf den Fokus des Arbeitsmittels beschränkt.

2.1.3.1. Der Arbeitskontext

Arbeit findet immer in einem Kontext statt. Die Arbeit definiert hierbei die Tätigkeit, wohingegen der Kontext die Rahmenbedingungen definiert, in dem bzw. unter denen die Tätigkeit ausgeführt wird. Um den Innovationsbegriff aus Kapitel 2.1.2. auf den Arbeitskontext und seine Komponenten hin zu übertragen, ist eine ganzheitliche Betrachtung von Arbeit und Kontext notwendig. Nach Stirn (1980) kann sie wie folgt näher spezifiziert werden:

„Unter Arbeit wird ein Tätigsein des Menschen verstanden, bei dem dieser mit anderen Menschen und (technischen) Hilfsmitteln in Interaktion tritt, wobei unter wirtschaftlichen Zielsetzungen Güter und Dienstleistungen erstellt werden, die zumeist entweder vermarktet oder von der Allgemeinheit (Steuern, Subventionen) finanziert werden.“ (Stirn, 1980)

Die Definition zeigt zum einen, dass es sich bei Arbeit um ein planmäßiges System handelt, das dem Zweck eines wirtschaftlichen Nutzens folgt. Um den wirtschaftlichen Nutzen zu erreichen, ist eine zielgerichtete Bearbeitung von konkreten Tätigkeiten/Aufgaben erforderlich. Darüber hinaus kann aus der Definition eine enge Verknüpfung zwischen Arbeit und Mensch bzw. der menschlichen Arbeitskraft herausgelesen werden. Arbeit im Sinne der Erwerbsarbeit dient zusätzlich der Sicherung und Erhaltung der Existenz. Dadurch erhält Arbeit zusätzlich eine soziale Komponente (z. B. in Form von „sicheren Arbeitsplätzen“) und steht häufig in Beziehung zur Gesellschaft.

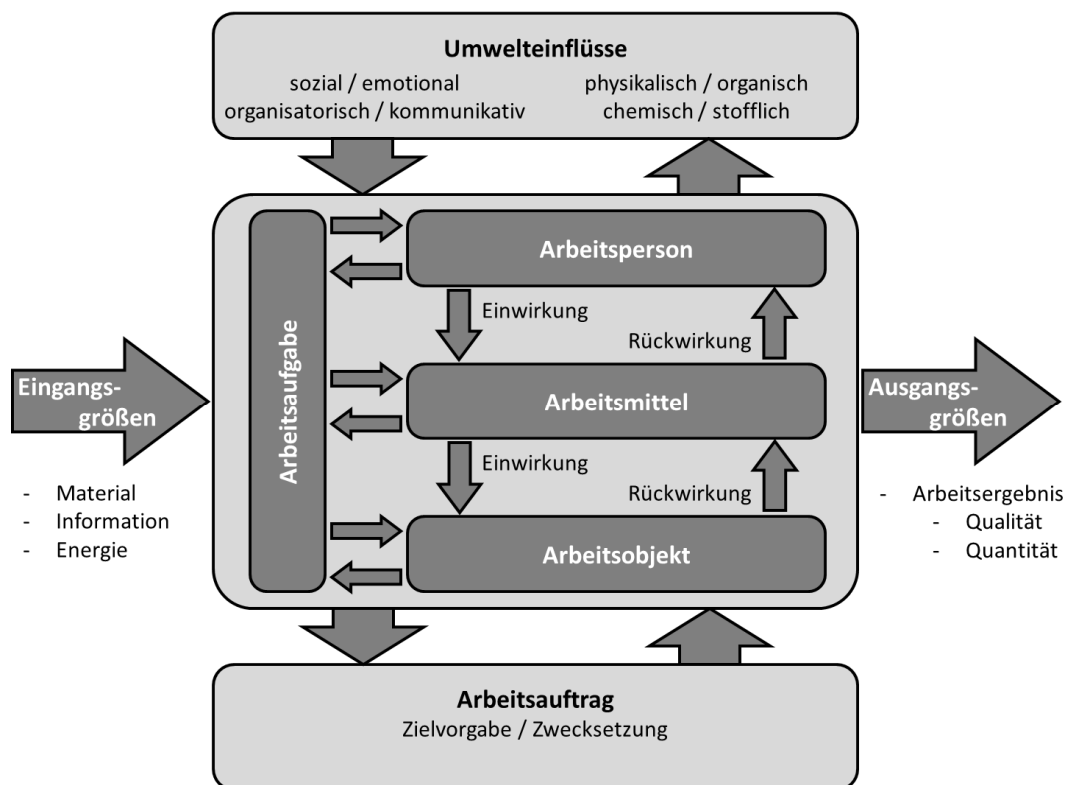


Abbildung 4: Arbeitssystemmodell in Anlehnung an Schlick, Luczak & Bruder (2010)

Zur Betrachtung und Analyse von Arbeit in ihrem Kontext hat sich in der arbeitswissenschaftlichen Literatur der Begriff des Arbeitssystems durchgesetzt (vgl. Schlick et al. 2010). Bei dem sogenannten Arbeitssystem handelt es sich jedoch um keine spezielle Betrachtungsweise, sondern es bedeutet lediglich, dass die Betrachtung auch den Menschen selbst und seine Arbeits-

aufgabe berücksichtigt (Böge, 2007). Beim Arbeitssystem handelt es sich um ein künstlich geschaffenes System, das sich durch eine frei definierbare Systemgrenze von anderen Systemen abgrenzt. Mithilfe dieser Systematik sind sowohl eine Betrachtung des gesamten Unternehmens als auch die Betrachtung einzelner Subsysteme, wie z. B. eines einzelnen Arbeitsplatzes oder einer Abteilung, möglich.

In der Literatur lässt sich eine Vielzahl an Modellen finden, welche sich primär hinsichtlich ihres Detaillierungsgrades unterscheiden.

An dieser Stelle soll das Arbeitssystem nach Schlick et al. (2010) näher erläutert werden (vgl. Abbildung 4). Das klassische Arbeitssystemmodell besitzt die folgenden Komponenten:

Eingangsgrößen

Eingangsgrößen beschreiben den sachlichen Beginn der Betrachtung und die zu Beginn bereitgestellten Stoffe in Form von Material, Information und Energie.

Umwelteinflüsse

Diese beschreiben die Umwelteinflüsse, die auf die Arbeitsperson bei der Erfüllung der Arbeitsaufgabe einwirken. Darunter sind u. a. physikalische, organische, chemische und stoffliche Belastungsfaktoren zu verstehen, aber auch soziale Gegebenheiten. Unter Umwelteinflüsse fallen auch organisationspezifische Strukturen, die sich durch räumlich-zeitliche Zusammenhänge unter den Systemelementen bemerkbar machen.

Arbeitsperson

Die Arbeitsperson beschreibt den Menschen als Individuum mit seinen Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten. Er trägt maßgeblich zur Aufgabenerfüllung bei. Die Arbeitsperson besitzt eine entsprechende Ausbildung (Schulung, Lehre, Studium), die ihn dazu befähigt, die Aufgabe zu erfüllen – darüber hinaus können die einzelnen Arbeitspersonen vollkommen unterschiedlich sein, was sich z. B. in der individuellen Arbeitsweise bemerkbar macht.

Arbeitsmittel

Unter Arbeitsmittel lassen sich allgemein die Hilfsmittel zusammenfassen, die die Arbeitsperson bei der Erfüllung der Aufgabe unterstützen. Die Interaktion zwischen Arbeitsmittel und Arbeitsperson ist integraler Bestandteil der Arbeit und stellt einen operativen Zweck zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe dar. Unter dem Begriff der Arbeitsmittel werden auch weitere Betriebseinrichtungen verstanden, die indirekt mit der Bearbeitung der Aufgabe zusammenhängen, wie z. B. Komponenten des Arbeitsplatzes, die eine wichtige Rolle bei der Bearbeitung der Aufgabe spielen. DIN EN ISO 6385 (2004) fasst Arbeitsmittel wie folgt zusammen:

„Werkzeuge, einschließlich Hardware und Software, Maschinen, Fahrzeuge, Geräte, Möbel, Einrichtungen und andere im Arbeitssystem benutzte (System-) Komponenten“.

Arbeitsobjekt

Das Arbeitsobjekt, welches auch als Arbeitsgegenstand bezeichnet werden kann, beschreibt den Gegenstand, die Sache, die Information oder das Lebewesen, welches es durch die Aufgabe zu verändern gilt.

Arbeitsaufgabe

Die Arbeitsaufgabe beschreibt, wie das Arbeitsobjekt von der Arbeitsperson verändert werden muss. Sie besitzt konkrete Zielvorgaben und dient einem Zweck.

Ausgangsgrößen

Sachlicher und bewertender Abschluss der Betrachtung in Form eines Arbeitsergebnisses.

Wesentlich ist dabei, dass die Komponenten des Arbeitssystems in komplexer Weise untereinander verbunden sind. Die Komplexität eines Arbeitssystems wird u. a. durch die Anzahl und Art der miteinander in Beziehung stehenden Elemente, unter Berücksichtigung von Dynamik und Variabilität einzelner Situationen, bestimmt (Bick & Dörner, 1994; Dörner, 2003). Nach Landau (2007) lassen sich vier Arten von Beziehungen unterscheiden:

- gewünschte Effekte auf das Arbeitsergebnis als Auswirkungen am Arbeitsobjekt;
- Einwirkungen des Menschen auf das Arbeitsobjekt – direkt oder indirekt (z. B. durch Steuerung einer Maschine);
- Rückwirkungen auf den Menschen in direkter oder indirekter Form durch das Arbeitsmittel, z. B. durch Informationsaufnahme, Beanspruchung, Gefährdung, Training oder Anpassung;
- Auswirkungen auf den Menschen durch Arbeitsobjekt, Arbeitsmittel oder andere Betriebsmittel sowie durch Umwelteinflüsse.

Nach Hoyos (1974) kann ein Arbeitsergebnis anhand eines Normsystems bewertet werden. Das zur Bewertung notwendige Wertesystem lässt sich durch die Arbeitsaufgabe definieren. Demnach besteht eine Beziehung zwischen Aufgabe und Ergebnis. Die Arbeitsperson hat eine Arbeitsaufgabe zu erfüllen. Diese besteht in der Bearbeitung des Arbeitsobjektes. Die Bearbeitung selbst kann intellektueller, physischer oder kreativer Natur sein, wobei ausschließlich Mischformen auftreten. Dabei spielt die Interaktion zwischen Arbeitsperson und Arbeitsobjekt, welche in der Regel mithilfe von entsprechenden Arbeitsmitteln vorgenommen wird, eine wesentliche Rolle und beeinflusst das Arbeitsergebnis maßgeblich. Das Arbeitsmittel ist demnach ein wesentlicher Teil der Wertschöpfungskette.

Nach dem klassischen Arbeitssystemmodell besitzt das Arbeitsergebnis eine Quantität und eine Qualität. Unter Quantität kann allgemein die Anzahl/Menge der produzierten Güter verstanden werden. Die Verwendung eines effizienteren Arbeitsmittels könnte demnach eine Steigerung der Quantität bewirken.

Mit Qualität wird im Allgemeinen der „Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt“ (DIN EN ISO 9000, 2005) bezeichnet. Sie kann dazu verwendet werden, um das Arbeitsergebnis selbst oder den Prozess, der für die Entstehung verantwortlich ist, zu be-

werten. Prozessstabilität (Ausschussquote) und -sicherheit (z. B. Unfallhäufigkeit) sind nur zwei der möglichen Gütegrade. Wird lediglich das Arbeitsergebnis im eigentlichen Sinne betrachtet, so kann der Grad der Zielerfüllung als Effektivität verstanden werden. Der Begriff beschreibt die Betrachtung des Arbeitsergebnisses unter Berücksichtigung eines optimalen Kosten-Nutzen-Verhältnisses.

Der Arbeitskontext ist ein komplexes System mit Ein-, Rück- und Auswirkungen auf die Arbeitssystemkomponenten. Er ist gekennzeichnet durch gesellschaftliche und individuelle, aber auch durch physikalische, physiologische und psychische Faktoren, welche unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten diskutiert werden.

Er unterscheidet sich von anderen Bereichen, wie z. B. Freizeit, Sport oder Spiel, durch starre Strukturen und Vorgaben bei der Bewältigung der Arbeitsaufgabe. So haben Arbeitspersonen in der Regel nur geringe Wahlmöglichkeiten bei der Auswahl ihrer Arbeitsmittel. Dies liegt darin begründet, dass es in der Arbeitswelt häufig eine Diskrepanz zwischen der Person des Entscheiders und des Nutzers eines Arbeitsmittels existiert.

Des Weiteren existieren, aufgrund der sozialen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, Gesetze, Schutzbestimmungen, Verordnungen und Regelwerke, welche den Arbeitnehmer schützen sollen. In Deutschland existieren u. a. Rahmenbedingungen auf sozialer (Betriebsverfassungen-, Kündigungsschutz-, Arbeitszeitgesetz etc.) und auf technischer Ebene (Bildschirmarbeitsplatzverordnung, Arbeitsschutzgesetz, Arbeitsstättenverordnung etc.), die bei der Gestaltung und Auslegung von Arbeitssystemen zu berücksichtigen sind.

Diese Regelungen haben weitreichende Auswirkungen auf die Arbeitswelt. So verpflichten sich Arbeitgeber, mit der Richtlinie 89/391/EWG (2008) nach Artikel 5, Absatz 1 der allgemeinen Vorschriften, dazu, für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer in Bezug auf alle Aspekte zu sorgen, die die Arbeit betreffen. Dies kann zur Folge haben, dass ökonomische Faktoren zum Schutze der Ressource Mensch in den Hintergrund rücken, indem z. B. für die Handhabung hoher Lasten zusätzliche Handhabungshilfen beschafft werden müssen, da die Arbeit ohne diese von Rechtswegen her nicht mehr ausgeführt werden dürfte. Im privaten Sektor würde die Entscheidung zur Verwendung einer Handhabungshilfe allein im Entscheidungsbereich des Anwenders liegen.

2.1.3.2. Konkretisierung der vorhandenen Definitionen für den Arbeitskontext

Im Fokus der Übertragung steht die von O'Sullivan & Dooley (2009) geprägte Definition, die eine Innovation als erfolgreich ansieht, wenn sich eine Kombination aus Kreativität und Verwertung einstellt. Dabei handelt es sich um eine notwendige Bedingung, weshalb die Arbeitsdefinition wie folgt angepasst wird:

Eine erfolgreiche Innovation benötigt:
Kreativität \wedge Verwertung
(in Anlehnung an O'Sullivan & Dooley, 2009)

2.1.3.2.1. Interpretation der Kreativität

Der gewählte Begriff der Kreativität bezeichnet dabei die Art der „Problemlösung“, welche in der Phase ihrer Entstehung in Form einer Produkt-, Prozess- oder Sozialinnovation vorliegen kann. Auch Mischformen sind denkbar. Daraus folgt, dass es sich bei einer erfolgreichen Innovation um eine kreative Problemlösung aus mindestens einem der drei Bereiche handelt. Dieses Kriterium lässt sich ohne Umschweife direkt auf den Arbeitskontext übertragen, da dieser Produkte, Prozesse und eine soziale Komponente beinhaltet. Die kommenden Beispiele sollen dies näher verdeutlichen:

Produktinnovation

Als Produktinnovation kann, neben dem hergestellten Produkt, auch der Einsatz eines neuartigen und innovativen Werkzeugs gelten. Exemplarisch ist an dieser Stelle das Da-Vinci-System zu nennen, welches minimalinvasive Eingriffe am Menschen ermöglicht. Das Robotersystem ermöglicht der Chirurgie somit völlig neue Möglichkeiten. So verbessert der Einsatz des neuen Systems nicht nur die Heilungschancen, sondern ermöglicht auch völlig neue Arbeitsweisen – so muss der Arzt z. B. nicht einmal physisch vor Ort sein, um den Telemanipulator zu bedienen (Universitäts Klinikum Heidelberg, 2013).

Prozessinnovation

Eine Prozessinnovation besteht in der Einführung neuer Prozesse, wie z. B. die Anwendung eines neuartigen Herstellungsverfahrens. Exemplarisch soll an dieser Stelle auf das im DFG-Sonderforschungsbereich 666 untersuchte Verfahren des Spaltbiegens und -profilierens hingewiesen werden (Kaune, 2013).

Sozialinnovation

Sozialinnovation beschreibt Innovationen, die sich auf das soziale Gefüge einer Gesellschaft auswirken. Die durch Otto von Bismarck vorangetriebene Einführung einer gesetzlichen Sozialversicherung ist aus damaliger Sicht als Sozialinnovation zu bezeichnen.

Es ergibt sich demnach die Definition einer erfolgreichen Innovation im Arbeitskontext, wobei lediglich eine Art der kreativen Lösungsfindung erfüllt sein muss, wie folgt:

Eine erfolgreiche Innovation benötigt:
(Kreativität_{Produkt} ∨ Kreativität_{Prozess} ∨ Kreativität_{Sozial}) ∧ Verwertung

(in Anlehnung an Büddefeld, 2013)

2.1.3.2.2. Interpretation der Verwertung

Als weiteres Kriterium für eine erfolgreiche Innovation wird eine Verwertung gefordert. Die Verwertung bezeichnet die Nutzung einer Sache mit dem Ziel, einen finanziellen Erlös zu erwirtschaften. Überträgt man dieses Kriterium auf den Arbeitskontext, so fällt auf, dass Arbeit

prinzipiell einer wirtschaftlichen Zielsetzungen unterliegt (Stirn, 1980). Die Anwendung von Innovation in einem Arbeitssystem würde demnach per se das oben genannte Kriterium erfüllen.

Vieles deutet darauf hin, dass der Begriff der Verwertung nicht direkt in den Arbeitskontext übertragen werden kann – sondern vielmehr für ihn übersetzt werden muss. Dies geschieht mittels der Zielsetzung von Innovationen. Diese besteht darin, den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens langfristig zu sichern. Innovationen verfolgen demnach den Zweck, dem Unternehmen einen langfristigen wirtschaftlichen Nutzen zu bringen.

Doch gerade bei Arbeit, welche zugleich eine soziale Komponente besitzt, ist bekannt, dass eine reine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Nutzens nicht immer ausreichend ist. So existiert die Forderung nach sozialer Sicherheit. Hierfür sind der langfristige Erhalt und die Sicherung von Arbeitsplatz- und Arbeitsfähigkeit notwendig (Kiepsch et al., 2005). Gestützt werden diese Forderungen durch das Arbeitsschutzgesetz, welches für Arbeitnehmer eine ausgewogene Belastung und die Vermeidung von arbeitsbedingten Gesundheitsgefährdungen, unter Berücksichtigung der gesamten arbeitswissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse, fordert. Die Forderungen lassen sich unter dem Begriff der menschengerechten Arbeitsgestaltung zusammenfassen.

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der menschengerechten Arbeitsgestaltung lassen sich, vereinfacht dargestellt, vier Fälle unterscheiden (Landau, 2012):

1. Einfacher Fall: Die ergriffenen Maßnahmen führen neben einer Verbesserung der Ergonomie zu einer Senkung der Personalkosten.
2. Schwierigerer Fall: Die ergriffenen Maßnahmen führen zu einer zeitverzögerten Reduktion von Fluktuation und Fehlzeiten.
3. Kritischer Fall: Die ergriffenen Maßnahmen führen zu keiner nachweisbaren Reduktion der Kosten.
4. Unlösbarer Fall: Die ergriffenen Maßnahmen sind mit einer Netto-Kostensteigerung verbunden.

Wie bereits erwähnt, unterliegt der tatsächliche Wert einer Innovation der „subjektiven Wahrnehmung“ (Lindemann, 2007), weshalb dieses Kriterium kontextabhängig interpretiert werden muss. Die Fälle verdeutlichen, dass eine reine monetäre Betrachtungsweise für die Interpretation der Verwertung nicht zielführend ist. Dies liegt darin begründet, dass sich humane Maßnahmen nicht immer finanziell beziffern lassen.



Abbildung 5: Offene und verdeckte Kosten ergonomisch ungünstiger Arbeitsgestaltung in Anlehnung an (Winter, Schaub, Landau, Großmann & Laun, 1990) – eigene Darstellung

Winter et al. (1990) weisen darauf hin, dass neben den offensichtlichen Kosten auch eine Vielzahl von sogenannten verdeckten Kosten existiert (vgl. Abbildung 5), die für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu berücksichtigen sind. So ist eine Erhöhung der Produktivität oder eine Reduzierung der Kosten nicht immer direkt ersichtlich, da Ursache (z. B. Exposition zu Risikofaktoren) und Wirkung (z. B. Beeinträchtigung der Gesundheit) zeitlich nicht unmittelbar direkt zusammenwirken (Bierwirth, 2011). Zwar geht man davon aus, dass mit einer menschengerechten Arbeitsgestaltung auch immer positive wirtschaftliche Effekte, wie z. B. die Reduzierung von arbeitsbezogenen Gesundheitsrisiken, verbunden sind (Kramer, Sockoll & Bödeker, 2009; Robson et al., 2007), die Nachweisführung selbst ist jedoch problematisch. Die Kostensenkung lässt sich häufig auf nicht stattgefundenere Ereignisse zurückführen (Kiepsch et al., 2005), und es ist daher schwierig, hierfür geeignete Kennzahlen zu definieren (Möller et al., 2008).

Kiepsch et al. (2005) gehen davon aus, dass eine menschengerechte Arbeitsgestaltung immer auch wirtschaftlich ist, auch wenn sich dies nicht immer in den Bilanzen widerspiegelt. Er argumentiert dabei auf der Ebene des gesteigerten Nutzens für Arbeitsperson und Organisation und weist auf die positiven Auswirkungen für das gesamte Arbeitssystem hin.

Er legt dar, dass sich die menschengerechte Arbeitsgestaltung positiv auf das Unternehmen auswirkt, indem die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter, die Qualität des Arbeitsergebnisses und die Marktchancen des Unternehmens durch ein verbessertes Image gesteigert werden können. Gleichzeitig nehmen Unfallhäufigkeit, arbeitsbedingte Erkrankungen, Ausschussquoten und Trainings- sowie Ausbildungszeiten ab. Aufseiten der Beschäftigten finden eine Optimierung der arbeitsbedingten Belastung sowie ein schnellerer Kompetenzaufbau statt. Zudem wird die Gesundheit und Persönlichkeit der Mitarbeiter gefördert, der Mitarbeiter wird motiviert und neue Leistungsreserven werden erschlossen.

Die von Kiepsch et al. (2005) angeführten Argumente lassen sich verallgemeinert als eine positive Beeinflussung des Arbeitssystems zusammenfassen. Aus diesem Grund wird im Folgenden der Begriff der Verwertung im Rahmen der Definition durch den der positiven Systemauswirkung ersetzt. Somit ergibt sich die Definition wie folgt:

Eine erfolgreiche Innovation benötigt:
(Kreativität_{Produkt} Kreativität_{Prozess} Kreativität_{Sozial}) positive Systemauswirkung

(in Anlehnung an Büddefeld, 2013)

Unter dem Begriff der positiven Systemauswirkung können alle Maßnahmen zusammengefasst werden, die zu einer Erhöhung von Nutzen, Wirtschaftlichkeit und/oder Humanität beitragen. Unter dem Begriff der Wirtschaftlichkeit können sowohl monetäre Kriterien verstanden werden, als auch die optimale Ausnutzung und Entfaltung der menschlichen Leistungsfähigkeit. Der humanitäre Aspekt soll dabei sicherstellen, dass sich die vom Menschen geforderte Arbeit innerhalb der Grenzen seiner Fähigkeiten bewegt.

2.1.3.2.3. Arbeitsperson und Akzeptanz

In der Praxis kommt es bei der Einführung von Innovationen häufig zu Innovationsbarrieren durch den Menschen. Neben dem Entwickler, der die innovative Entwicklung verantworten muss, spielen auch die direkt oder indirekt betroffenen Personen eine wesentliche Rolle. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Einführung von Innovationen die Positionen und Tätigkeiten der Mitarbeiter infrage stellen (vgl. Faber, 2009).

In der Praxis ist z. B. im Bereich der Lastenhandhabung häufig zu beobachten, dass zusätzlich angeschaffte Handhabungshilfen von den Arbeitspersonen nicht genutzt werden, auch wenn ihre Verwendung eine positive Systemauswirkung in Form von Leistungs- und Gesundheitssteigerung für den Nutzer mit sich bringen würde. Solche Phänomene lassen sich darauf zurückführen, dass Nutzer eine Gewohnheit besitzen und dass das Abweichen von diesen Gewohnheiten als zu aufwendig oder umständlich empfunden wird. Die positive Systemauswirkung stellt sich durch die fehlende Verwendung nicht ein.

Demzufolge muss für eine erfolgreiche Innovation auch die ordnungsgemäße Verwendung sichergestellt werden. Die Arbeitsperson, als eine von der Innovation betroffene Person, muss die Bereitschaft aufbringen, das neue Produkt wie vorgesehen zu verwenden. Umgangssprachlich lässt sich dies nach dem Fremdwörterbuch von Langenscheidt als Akzeptanz beschreiben. Diese wird dort wie folgt definiert:

Ak·zep'tanz, die; -, -en

1. Anerkennung, Anklang, den etwas oder jemand findet
2. Bereitschaft, etwas anzuerkennen, anzunehmen oder zu dulden. (zitiert nach Kraif & Wermke, 2010)

Bei der Akzeptanz handelt es sich gemäß der Drei-Komponenten-Theorie nach Kehr (Reinecke & Janz, 2007) um eine subjektive Entscheidung eines Individuums, welche sowohl auf vorhandenem Wissen (Kognitive) als auch auf Gefühlen (Affektive) begründet sein kann. Abbildung 6 fasst die wesentlichen Teilaspekte von Akzeptanz zusammen.

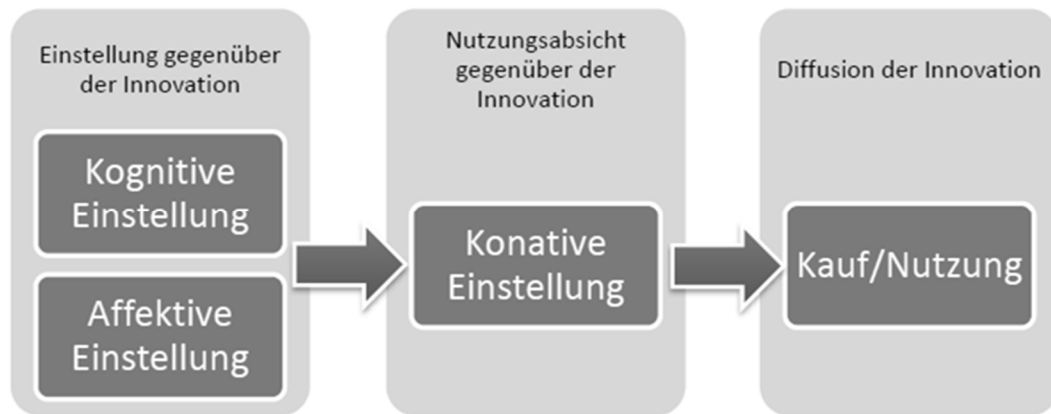


Abbildung 6: Teilaspekte der Akzeptanz, zusammengestellt von Büddefeld (2013)

Die Einstellung gegenüber dem Produkt oder, wie im vorliegenden Fall, gegenüber der Innovation definiert die entscheidungsbezogenen Absichten, welche wiederum zum Kauf oder aber im Arbeitskontext zur Nutzung des Produktes (Diffusion) führen. Die Definition einer erfolgreichen Innovation im Arbeitskontext ergänzt sich demnach wie folgt:

$$\text{Eine erfolgreiche Innovation im Arbeitskontext benötigt:} \\
(\text{Kreativität}_{\text{Produkt}} \vee \text{Kreativität}_{\text{Prozess}} \vee \text{Kreativität}_{\text{Sozial}}) \wedge \text{positive Systemauswirkung} \\
\wedge \text{Akzeptanz}$$

(in Anlehnung an Büddefeld, 2013)

Durch die Ergänzung der Akzeptanz in die Definition einer erfolgreichen Innovation ergibt sich eine Definition, mit der es sowohl möglich ist, Innovationen im Arbeitskontext zu identifizieren, als auch diese hinsichtlich ihres Erfolgs zu bewerten.

2.1.3.3. Innovative Arbeitsmittel

Bisher wurde für die Übertragung der Innovation der gesamte Arbeitskontext betrachtet. Der Fokus dieser Arbeit liegt, wie zu Beginn erwähnt, jedoch auf der Gestaltung von innovativen Arbeitsmitteln – also lediglich auf einem Teil des Arbeitssystems, weshalb die für Arbeit allgemeingültige Definition, welche in den vorangegangenen Kapiteln hergeleitet wurde, nun auf das Arbeitsmittel angepasst werden muss.

Wie in Kapitel 2.1.3.1. beschrieben, kann es sich dabei um jede Art von Hilfsmitteln handeln, die den Arbeiter bei der Erfüllung seiner Aufgabe unterstützen. Demnach kann es sich bei einem Arbeitsmittel, abhängig von der Aufgabe, um alles handeln, sofern es zur Erfüllung der Arbeitsaufgabe beiträgt. Der Begriff des „Produktes“ wird in der Regel als Wirtschafts- oder Konsumgut verstanden. Etwas allgemeiner interpretiert handelt es sich hierbei um ein Erzeugnis, das einen bestimmten Nutzen erfüllt. Ähnliches gilt für ein Arbeitsmittel – lediglich ist der Nutzen, den das Produkt erfüllt, durch die Arbeit bestimmt. Demzufolge handelt es sich bei einem Produkt um ein Arbeitsmittel, wenn das Produkt zur Erfüllung einer Arbeitsaufgabe eingesetzt wird. D. h., ein Smartphone ist bei der Nutzung im privaten Umfeld als Produkt zu betrachten – wird jedoch zu einem Arbeitsmittel, wenn es zum Lesen und Beantworten von geschäftlichen E-Mails genutzt wird.

Daraus folgt, dass es sich bei einem innovativen Arbeitsmittel zum Zeitpunkt seiner Entstehung um ein kreatives Produkt handelt. Die weiteren Rahmenbedingungen (positive Systemauswirkung und Akzeptanz) bleiben davon unberührt, da diese für alle Teile des Arbeitssystems im gleichen Maße gelten.

Ein innovatives Arbeitsmittel ist dann erfolgreich, wenn sich durch die Nutzung eine positive Systemauswirkung einstellt. Diese muss sich nicht immer direkt in monetären Faktoren durch Effektivität oder Effizienz ausdrücken lassen. Auch eine Erhöhung der Flexibilität, der Motivation oder eine verbesserte Ergonomie kann beispielsweise als positive Systemauswirkung gesehen werden. Um eine planmäßige Verwendung im Sinne des Entwicklers gewährleisten zu können, ist die Akzeptanz der späteren Nutzer notwendig. Daraus ergibt sich eine Definition wie folgt:

Eine erfolgreiche Innovation im Bereich der Arbeitsmittel benötigt:
 $\text{Kreativität}_{\text{Produkt}} \wedge \text{positive Systemauswirkung} \wedge \text{Akzeptanz}$

(in Anlehnung an Büddefeld, 2013)

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass die Definition den Ursprung der Innovation betrachtet, da sich Innovationen häufig nur zum Zeitpunkt ihrer Entstehung einer einzigen Innovationsart eindeutig zuordnen lassen. Eine Innovation in einem Bereich ist in der Lage, andere Innovationsarten zu initiieren (Reichert, 1993). Im Arbeitskontext sind ähnliche Zusammenhänge zu erwarten – so schließt diese Definition nicht aus, dass die Einführung eines neuen Arbeitsmittels die Grundlagen für eine Prozess- oder Sozialinnovation schafft, oder auch auf diesen Ebenen zu Veränderungen führt.

Zusammenfassung

In den vorangegangenen Kapiteln wurde der Innovationsbegriff auf den Arbeitskontext übertragen. Final ergibt sich die Definition für eine erfolgreiche Arbeitsmittel-Innovation. Bei Innovationen handelt es sich um einen definierten Veränderungsprozess, der etwas Etabliertes durch etwas Neues verdrängt. Zusätzlich sind drei Kriterien zu erfüllen:

1. Kreativität – als Art der Lösung: Die „Kreativität“ ist eine schöpferische Tätigkeit, die den Entwickler dazu anhalten soll, bei der Lösungsfindung vom Altbekanntem abzuweichen, neue Wege zu gehen und auch unkonventionelle Lösungen zu betrachten – etwas Neues zu schaffen.
2. Positive Systemauswirkung – als Entwicklungsziel: Eine Innovation muss für eine Erhöhung des Nutzens sorgen, eine rein monetäre Betrachtungsweise ist nicht ausreichend. Das Arbeitsmittel, welches das Bindeglied zwischen Arbeitsperson und -objekt darstellt, bietet umfangreiche Möglichkeiten, den Nutzen über mehrere Bewertungsebenen hinweg sowohl für die Arbeitsperson als auch für das gesamte System zu erhöhen.
3. Akzeptanz – als Erfolgsfaktor: Eine hohe Akzeptanz soll die ordnungsgemäße Verwendung der Innovation im Unternehmen sicherstellen und so für die Erreichung der geplanten Ziele sorgen.

Die entwickelte Definition soll im Rahmen dieser Arbeit die Grundlage für das Verständnis eines innovativen Arbeitsmittels darstellen. Sie umreißt indirekt die Aufgabe und die Rahmenbedingungen, unter denen die Gestaltung innovativer Arbeitsmittel möglich ist.

2.2. Vorgehen bei der Arbeitsplatz- und Arbeitsmittelgestaltung

Ziel der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung ist es, Gesundheit, Wohlbefinden, Sicherheit und Leistung des Arbeitssystems zu steigern. Erreicht werden soll dies durch eine Optimierung der Arbeitsbeanspruchung. Hierzu ist es notwendig, den Menschen als Hauptfaktor und integralen Bestandteil des zu gestaltenden Arbeitssystems zu verstehen. Als weiterer wesentlicher Faktor wird in der Literatur (u. a. DIN EN ISO 6385, 2004) die Berücksichtigung der vorhandenen Wechselbeziehungen zwischen Personen und Komponenten des Arbeitssystems untereinander angeführt.

DIN EN ISO 6385 (2004) definiert die Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen und stellt hierfür ein Vorgehen bereit. Sie beschreibt einen iterativen und strukturierten Prozess, bestehend aus fünf Schritten:

Formulierung von Zielen

Anforderungsanalyse bezüglich Produktions- und Leistungsanforderungen auf Basis von Informationen über den Arbeitsablauf als Wissen über ergonomische Probleme bei den vorhandenen bzw. diesen ähnelnden Arbeitssystemen. Hierfür können arbeitswissenschaftliche Erhebungen zur Bewertung der Arbeitsbedingungen, wie z. B. Beobachtungen vor Ort, notwendig sein. Das Ergebnis dieser Phase ist ein Lastenheft, in dem alle Bedingungen hinsichtlich Leistung, Sicherheit, Gesundheit und Wohlbefinden sowie technische Leistungsanforderungen des neuen Systems beschrieben werden.

Analyse und Zuordnung der Funktionen

Festlegen der Funktionen, die die Anforderungen erfüllen. Aufbauend auf einer Analyse der Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten der Zielpopulation ist eine Funktionsallokation durchzuführen.

Konzeption der Gestaltung

Im Rahmen dieser Phase sind die ermittelten Funktionen und Anforderungen in konkrete Gestaltungskonzepte der einzelnen Elemente zu überführen. Die der Arbeitsperson zugeordneten Funktionen und Anforderungen werden innerhalb der Aufgaben, der Tätigkeiten und der Arbeitsorganisation entsprechend berücksichtigt. Ansprüche an Arbeitsmittel werden auf einzelne Elemente wie Arbeitsumgebung, Werkzeuge inkl. Software und Arbeitsplätze verteilt. Dadurch schafft der Entwickler die Basis für die Auswahl oder Gestaltung von geeigneten Arbeitsmitteln, die in den kommenden Schritten weiter detailliert werden müssen.

Realisierung, Einführung und Validierung

In der 4. Phase werden im Rahmen der Realisierung Tätigkeiten wie Konstruktion, Herstellung oder Erwerb der Arbeitssystemkomponenten samt deren Aufbau, Inbetriebnahme und, falls notwendig, deren Konfiguration am späteren Einsatzort ausgeführt. Anschließend muss eine Begleitung aller Betroffenen in das neue Arbeitssystem erfolgen. Hierzu kann eine Einweisung, Schulung oder die Bereitstellung von zusätzlichen Informationen notwendig sein. Abschließend ist eine Validierung des Arbeitssys-

tems durchzuführen, mit der die vorgesehene Funktionsfähigkeit nachgewiesen werden kann.

Abschließende Bewertung

Final ist eine Bewertung des stabilisierten Gesamtsystems durchzuführen. Ziel ist eine kritische Betrachtung des Projektergebnisses. Diese Bewertung sollte kontinuierlich in Form einer Überwachung zur Prüfung der Wirksamkeit des Systems erfolgen, um, sofern sich unerwünschte Zustände einstellen, geeignete Maßnahmen zur Verbesserung des Systems ergreifen zu können.

Der Prozess der Arbeitsgestaltung berücksichtigt dabei alle Prozesse zur Gestaltung und Auslegung aller Bestandteile des Arbeitssystems, so auch des Arbeitsmittels. Auch empfiehlt DIN EN ISO 6385 (2004) einen Einbezug der späteren Nutzer in den Entwicklungsprozess.

Bei der Realisierung der Arbeitsmittel existiert ein Kontinuum zwischen zwei Extremen. Bei dem einen handelt es sich um den Kauf eines entsprechenden Arbeitsmittels. Dabei wird davon ausgegangen, dass ein passendes Arbeitsmittel auf dem freien Markt erhältlich ist. Das Unternehmen nimmt dabei die Rolle eines gewöhnlichen Käufers ein. Das andere Extrem beschäftigt sich mit der kompletten Gestaltung und Herstellung eines Arbeitsmittels durch das Unternehmen selbst. Zwischen den beiden Punkten existiert eine Vielzahl an denkbaren Varianten. Beginnend beim Kauf eines entsprechenden Arbeitsmittels, welches durch das Unternehmen selbst modifiziert wird, bis hin zur Beauftragung von Subunternehmen, die die gewünschten Komponenten des Arbeitsmittels oder gar das komplette Arbeitsmittel nach Vorgaben des Unternehmens produzieren.

In der Regel kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Produktion der Arbeitsmittel extern vorgenommen wird, da das Kerngeschäft vieler Unternehmen weder alle notwendigen Maschinen noch das notwendige Know-how für eine Realisierung mit sich führt. Zum jetzigen Zeitpunkt fehlt ein konkretes Vorgehen zur Gestaltung von Arbeitsmitteln. Gleiches gilt für die in dieser Arbeit betrachteten „innovativen“ Arbeitsmittel.

Dennoch lässt sich die Aufgabe der Um- oder Neugestaltung von Arbeitsmitteln auf einer Metaebene mit einem Problemlöseprozess vergleichen. So ist es auch bei der Arbeitsmittelgestaltung der Fall, dass die Ziele nicht vollständig und eindeutig definiert sind, was häufig auf das Fehlen von harten Kenngrößen, insbesondere in den relevanten Bereichen der Gesundheit und des Wohlbefindens, zurückgeführt werden kann. Darüber hinaus ist eine Lösung häufig nicht direkt ersichtlich, weshalb der Entwickler hierfür zunächst eine Lösung erarbeiten muss. Bei Innovationen geht es zudem darum, etwas Neues und Unbekanntes zu verwenden. Dies erklärt auch, warum Ziele, die am Anfang sehr schwammig formuliert sind, erst im Laufe des Prozesses, nach der Festlegung auf eine konkrete Lösung, näher konkretisiert werden.

2.2.1. Einflussfaktoren auf das Entwicklungsergebnis

Im Folgenden wird die Entwicklung oder Überarbeitung von Arbeitsmitteln verallgemeinert als Problemlöseprozess verstanden. Dieser besitzt das Ziel, ein Produkt für den Einsatz im Arbeitskontext zu entwickeln. Das Arbeitssystem und dessen Komponenten bilden dabei die Rahmenbedingungen, innerhalb derer die Funktionsfähigkeit des zu entwickelnden Produktes

nachgewiesen werden muss. An das zu entwickelnde Arbeitsmittel besteht der Anspruch, dass es sich um eine erfolgreiche Produktinnovation handelt, was anhand der Kriterien der kreativen Problemlösung, der positiven Beeinflussung des Arbeitssystems und der Akzeptanz durch die zukünftigen Nutzer nachgewiesen werden kann.

Das Entwicklungsergebnis wird maßgeblich durch die am Entwicklungsprozess beteiligten Personen durch die verwendeten Prozesse und Methoden beeinflusst, weshalb diese im Folgenden näher betrachtet werden sollen.

2.2.1.1. Der Mensch im Entwicklungsprozess

Auch wenn der Entwicklungsprozess nach außen hin durch explizite Entscheidungen und rationale Methodik bestimmt wird, so besitzen die am Entwicklungsprozess beteiligten Personen einen hohen Einfluss auf das Entwicklungsergebnis (Ehrlenspiel, 2009). Die an einem Entwicklungsprozess beteiligten Akteure lassen sich grob in zwei Personengruppen untergliedern.

1. Der Entwickler:

Er ist die mit der Entwicklungsaufgabe betraute Person, welche das Entwicklungsergebnis zu verantworten hat.

2. Der Nutzer:

Er ist die Person, welche das innovative Arbeitsmittel später verwenden soll oder welche von der vorgenommenen Veränderung indirekt betroffen ist.

Im Folgenden werden diese Personengruppen näher beschrieben und ihre Rollen im Hinblick auf das Entwicklungsergebnis diskutiert.

2.2.1.2. Entwickler

Der Entwickler, der für die Entwicklung, Umsetzung und Einführung der neuen Arbeitsmittel verantwortlich ist, beeinflusst das Entwicklungsergebnis maßgeblich. Abhängig vom Unternehmen, von dessen Größe, von Produkten, Komplexität und Struktur, kann der Entwickler dabei diverse Rollen einnehmen; Konstrukteur, Betriebsmittelplaner und Sicherheitsingenieur sind nur einige davon. DIN EN ISO 6385 (2004) verweist auf weitere Rollen, welche die Arbeitsmittelgestaltung vornehmen oder beeinflussen können. Dabei handelt es sich u. a. um Führungskräfte, Arbeiter, deren Repräsentanten und Fachleute aus den Bereichen der Arbeitswissenschaft, der Projektleitung oder des Designs.

2.2.1.2.1. Wissen

Ausgangspunkt der Entwicklungen ist in der Regel eine unscharfe, wenig detaillierte, qualitative Idee. Die Aufgabe des Entwicklers besteht darin, die günstigste Variante für die konkrete Problemlösung zu bestimmen. Hierbei wird streng genommen ein Abgleich der präferierten Lösung mit allen anderen möglichen, denkbaren Varianten erforderlich. Die Intensität, mit der

dieser Abgleich betrieben wird, ist abhängig von äußeren Faktoren, die sich primär in Verfügbarkeit von Ressourcen (Geld, Zeit, Personen und Informationen) zusammenfassen lassen. Aber auch individuelle Eigenschaften des Entwicklers, wie z. B. sein Wertesystem, seine Motivation und seine Leistungsfähigkeit, spiegeln sich im Entwicklungsergebnis wider (Dylla, 1991). Bei der Produktentwicklung handelt es sich um eine besonders wissensfordernde Denkaufgabe (Hacker, 2002). Sowohl die Erfahrung des Entwicklers als auch sein Denk- und Handlungsstil (Dylla, 1991) spielen dabei eine wesentliche Rolle bei der Bewältigung der Aufgabe.

Die Erfahrung des Entwicklers ist deshalb von besonderer Bedeutung, da die Aufgabe zunächst zu einem Durchmustern des vorhandenen Wissens nach ähnlichen, bereits gelösten Problemfeldern führt. Diese dienen anschließend als Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung. Kann ein Entwickler nicht auf entsprechende Lösungen zurückgreifen, so muss er bekannte Lösungen verändern oder neue Lösungen generieren. Dabei handelt es sich um eine informatorische Arbeit, welche großteils aus kombinativen und kreativen Elementen besteht (Luczak, 1997). Die Fähigkeiten der kreativen Arbeit, bei der es um die Generierung von Informationen geht, sind wesentlich, wenn es um die Entwicklung neuer Ideen und Lösungen geht. Das kombinatorische Element ist hauptsächlich für die Phasen der Ausgestaltung relevant. Beide Tätigkeiten basieren auf dem im Gedächtnis gespeicherten Wissen, das mit neuen Informationen ergänzt und neu verknüpft werden muss. Prinzipiell lassen sich drei Kategorien von Wissen unterscheiden:

Faktenwissen

Faktenwissen bezüglich des zu lösenden Problems ist ein wichtiger Bestandteil der Problemlösung. Ausreichend Faktenwissen ermöglicht einen Wissensvorsprung, da die Informationen nicht erst beschafft oder erlernt werden müssen. Darüber hinaus bringt es Vorteile bei der Einschätzung von Situationen und bei dem Erkennen von komplexen Zusammenhängen mit sich. Das Faktenwissen des Bearbeiters reicht, aufgrund der notwendigen Vielfältigkeit bei der Arbeitsplatzgestaltung, häufig nicht aus. Daher wird das gesamte Problem in der Regel in kleinere, handhabbare Stücke unterteilt, die zeitlich sequenziell bearbeitet werden können. Dabei läuft der Entwickler Gefahr, die Zusammenhänge der Parameter untereinander aus dem Auge zu verlieren. Aufgrund der hohen Komplexität und der daraus resultierenden Überforderung werden in der Praxis häufig Entscheidungen unbewusst auf Basis der Erfahrungen des Entwicklers getroffen. Der Erfahrungsschatz, das problembezogene Wissen (Was hat gut funktioniert? Wo gab es Fehlschläge und warum?) des Entwicklers, ist demnach maßgeblich an der Qualität des Gesamtergebnisses beteiligt (Ehrlenspiel, 2009).

Methodenwissen

Das Methodenwissen beschreibt das Wissen über Methoden und deren Anwendung. Auch wenn das Methodenwissen das Faktenwissen nicht kompensieren kann, so beeinflusst es dennoch die Arbeitsweise des Entwicklers maßgeblich. So wird Methodenwissen häufig nur implizit, unbewusst angewandt. So werden beispielsweise zur Entscheidungsfindung gedankliche Pro- und Kontra-Listen erstellt, was auf das unbewusste Methodenkönnen zurückzuführen ist (Ehrlenspiel, 2009).

Heuristische Kompetenz

Hierbei handelt es sich um einen Sammelbegriff, der die menschliche Problemlösungsfähigkeit betrifft. Hierzu zählen u. a. die innere Flexibilität sowie die zielgerichtete Kreativität, welche zur Erarbeitung von neuen Lösungen besonders hervorzuheben sind. Darüber hinaus beschreibt die heuristische Kompetenz sowohl die Planungs- und Steuerfähigkeit des Entwicklers als auch die Fähigkeit, dringliche und wichtige Aufgaben erkennen zu können (Ehrlenspiel, 2009).

2.2.1.2.2. Arbeitsweisen des Entwicklers

Entwicklungen sind immer bestimmten Rahmenbedingungen unterworfen. Im Rahmen der Entwicklung muss der Entwickler die vorhandenen Ressourcen sinnvoll einsetzen. Das Wissen über Methoden und die vorhandene Erfahrung beeinflusst dabei die Arbeitsweise.

In der Praxis kann eine Kombination aus opportunistischem und systematischem Vorgehen beobachtet werden. Das Vorgehen beschreibt eine Zerlegung des Gesamtproblems in kleinere Problemfelder, bis nützliche Bezüge zu bekannten Lösungen festgestellt werden können. Ziel ist es, so Problemfelder zu schaffen, die durch den Einsatz von bereits vorhandenem Vorwissen ohne viel Nacharbeit gelöst werden können. Der opportunistische Teil steht dabei im Widerspruch zu konstruktionswissenschaftlichen Empfehlungen (Hacker, 2002). Bei dem Vorgehen handelt es sich, wie Hacker (1989a, 1989b) feststellte, um die Umsetzung des Prinzips der kognitiven Ökonomie.

Ziel ist es dabei, Denkleistung gezielt dort einzusetzen, wo der Aufwand durch den erwarteten Nutzen gerechtfertigt werden kann. Dies ist insbesondere dann von hoher Bedeutung, wenn man berücksichtigt, dass bei einer Konstruktionsaufgabe rund 8–15 % des Gesamtzeitaufwandes einer Konstruktionsaufgabe aus Tätigkeiten der Informationsbeschaffung bestehen (VDI Richtlinie 2222, Blatt 2, 1982). Bei der Umsetzung des denkökonomischen Prinzips können zwei Arbeitsweisen unterschieden werden.

Intuitives Denken und Arbeiten

Beim intuitiven Denken handelt es sich um ein äußerst sprunghaftes Denken, das durch das Auftreten von spontanen Einfällen gekennzeichnet ist. Es kann innerhalb von kurzer Zeit zu einer guten Lösung für komplexe Probleme führen. Der Weg dorthin sowie die Entscheidungsfindung sind oft nicht nachvollziehbar dokumentiert. Die Lösung basiert auf dem im Gedächtnis gespeicherten Wissen (sowohl fachlich als auch unbewusst methodisch) und der Erfahrung des Entwicklers (Ehrlenspiel, 2009). Da die Erfahrung, und damit der vorhandene Lösungsraum, von Mensch zu Mensch variiert, ist das Ergebnis zum einen beschränkt und zum anderen stark vom Bearbeiter abhängig. Es besteht die Gefahr der vorfixierten Lösung.

Diskursives Denken und Arbeiten

Die Anwendung von diskursivem Denken (rational und planvoll) kann ebenfalls keine gute Lösung garantieren. Die zielgerichtete und planvolle Anwendung von Methoden soll jedoch eine größere Menge an Lösungsalternativen erzeugen. Durch Verwendung

von Methoden sollen Ideenfixierung, Gewohnheitsbremsen und Betriebsblindheit (Ehrlenspiel, 2009) abgebaut werden, wodurch die Wahrscheinlichkeit, eine gute Lösung zu identifizieren, gegenüber dem intuitiven Denken erhöht wird. Der Abbau von Gewohnheitsbremsen erhöht somit auch gleichzeitig die Chance auf eine innovative Lösung. Entgegen dem intuitiven ist das diskursive Arbeiten dokumentierbar. Das wiederum ermöglicht eine nachgelagerte Betrachtung des angewandten Prozesses und die Extraktion von Lerneffekten für nachfolgende „Projekte“. Als nachteilig ist der erhöhte Zeitaufwand anzumerken. Laut Ehrlenspiel (2009) existiert darüber hinaus ein Mangel an geeigneten Methoden zur Lösung von komplexen Problemen, was zur Folge hat, dass die existierenden Methoden häufig auf das vorhandene Problem, Produkt etc. spezialisiert sind. Abschließend sei zu erwähnen, dass diskursives Arbeiten Intuition, wie sie beim intuitiven Denken verwendet wird, nicht gänzlich ausschließt. Vielmehr versuchen viele Methoden, gerade die Intuition der Entwickler anzuregen (vgl. Ehrlenspiel, 2009) und diese zielgerichtet einzusetzen.

2.2.1.3. Nutzer

Neben dem Entwickler spielt ebenfalls der spätere Nutzer der Entwicklung eine wesentliche Rolle, denn er ist es, der letztendlich über den Erfolg oder Misserfolg der Innovation entscheidet, indem er die Neuentwicklung ordnungsgemäß verwendet. Im Rahmen der Entwicklung hat der Entwickler Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz bei den späteren Nutzern zu treffen. DIN EN ISO 6385 (2004) empfiehlt, den Nutzer am Entwicklungsprozess mit einzubeziehen, zumal Arbeitnehmer bei größeren betrieblichen Veränderungen ein Recht auf Mitbestimmung besitzen.

Im Folgenden sollen die Chancen, aber auch die Risiken, die eine Einbeziehung des Nutzers auf das Entwicklungsergebnis eines innovativen Arbeitsmittels besitzt, diskutiert werden.

2.2.1.3.1. Nutzerpartizipation

Partizipation zur Gestaltung von Arbeit kann in unterschiedlichen Bereichen stattfinden. Bahlow & Kötter (2006) unterscheiden dabei insgesamt acht Felder. Diese reichen von der reinen Mitarbeiterinformation zur Schaffung von Transparenz über die partizipative Produkt- und Prozessoptimierung zur Berücksichtigung der Mitarbeiterkreativität und -erfahrung bis hin zur partizipativen Unternehmensentwicklung, welche die Übergabe von Verantwortung darstellt. Die partizipative Einbindung von Arbeitnehmern wurde bereits vielfach empirisch untersucht (vgl. u. a. Klein, Wesson, Hollenbeck & Alge, 1999; Pritchard & Paquin, 1997; Zink, Ritter & Thul, 1993). Dabei konnten u. a. positive Auswirkungen auf die Einstellung und Motivation der Mitarbeiter, Arbeitszufriedenheit und Leistung festgestellt werden (Zink et al., 1993).

Dies ist auch der Grund, weshalb Aspekte der partizipativen Arbeitsgestaltung in vielen Unternehmen bereits heute Teil der Unternehmenskultur geworden sind (Frieling, Bernard & Bigalk, 2006). Dies lässt sich exemplarisch auf organisatorischer Ebene am Beispiel des be-

trieblichen Vorschlagwesens oder anhand der Mitarbeiterführung durch Zielvereinbarungen zeigen.

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Gestaltung von Arbeitsmitteln, weshalb im Folgenden lediglich auf die Nutzerpartizipation als Teil der partizipativen Arbeitsgestaltung eingegangen wird. Der Begriff der Nutzerpartizipation bezeichnet allgemein das Leisten eines Beitrags von zukünftigen Nutzern zu einem Entwicklungsergebnis. Dabei existiert eine Vielzahl von unterschiedlichen Formen.

So kann Partizipation z. B. hinsichtlich des Grads der Intensität unterschieden werden, in dem diese betrieben wird. Holz auf der Heide & Ortlieb (1993) unterscheiden dabei zwischen aktiver und passiver Nutzerbeteiligung. Bei der aktiven Beteiligung nehmen die Nutzer eine gestalterische Rolle ein, indem sie im Rahmen des Entscheidungsprozesses ein Mitbestimmungsrecht besitzen. Bei der passiven Partizipation wird zwar die Meinung der Nutzer erhoben, inwieweit diese im weiteren Vorgehen berücksichtigt wird, obliegt aber allein der Entscheidungsgewalt des Entwicklerteams. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal liegt in der zeitlichen Einbindung der Nutzer. Heilmann (1981) stellt eine kontinuierliche Einbindung der Nutzer in allen Phasen des Produktentwicklungsprozesses einer phasenabhängigen Unterstützung gegenüber.

Das Ziel der Partizipation liegt darin, die Passung zwischen der späteren Nutzergruppe und dem neuen Produkt zu erhöhen. Es wird davon ausgegangen, dass der zukünftige Nutzer, z. B. in der Rolle des Arbeitnehmers, ein Experte für die zu entwickelnde Anwendung ist, denn er kennt seine Eigenschaften, Motive und Ziele selbst am besten (Nielsen, 1993).

Die Berücksichtigung des „Nutzerwissens“ in der Entwicklung deckt bisher unbeachtete Aspekte und Beziehungen zwischen einzelnen Komponenten des Arbeitssystems auf, die dem Entwickler ohne den Nutzer verborgen geblieben wären (Nielsen, 1993). Dies führt zu einer Verringerung der Defizite zwischen dem tatsächlichen Bedarf des Nutzers und dem zu entwickelnden Produkt. Nach Kujala (2003) steigt die Nutzerzufriedenheit aufgrund des erhöhten Erfüllungsgrades der Nutzerbedürfnisse.

Auf Basis von Nutzerpartizipation entwickelte Produkte weisen eine höhere Aufgabenangemessenheit auf als andere (Kujala, 2003; Nielsen, 1993; Rauterberg, Menge & Ritz, 1994). Dies bedeutet zugleich auch immer eine Erhöhung der Produktivität (Gieth, Menge & Ritz, 1996). Gleichzeitig bringt die Einbindung von Nutzern aus Sicht des Entwicklers auch eine Erhöhung der Sicherheit bei der Lösungsfindung mit sich (Gieth et al., 1996). Ein weiterer angenehmer Nebenaspekt von Partizipation liegt in dem Einsparpotential von Kosten. So ist es möglich, die Kosten durch Fehlentwicklungen und nachträgliche Korrekturen durch einen frühzeitigen Einbezug der Nutzer gering zu halten (Gieth et al., 1996; Rauterberg et al., 1994).

Hinsichtlich des zuvor definierten Innovationsbegriffs für den Arbeitskontext führt die Partizipation von betroffenen Personen zu einer erhöhten Identifikation der Personen mit dem Ergebnis. Rauterberg et al. (1994) und Gieth et al. (1996) weisen eine erhöhte Motivation in der Bereitschaft nach, das neue System zu nutzen. Dahm (2006), Shneiderman & Plaisant (2005) und Jackson (1980) prognostizieren eine Erhöhung der Akzeptanz durch Nutzerpartizipation.

2.2.1.3.2. Innovationsbarrieren durch Nutzer

Nach Rauterberg et al. (1994) eignet sich Nutzerpartizipation dazu, innovative Lösungen zu entwickeln. Er interpretiert Innovation dabei als das gleichzeitige Einfließen von Entwickler- und Nutzerwissen in ein Produkt. Die Einbindung von Nutzern in den Entwicklungsprozess führt ohne Frage viele Vorteile mit sich. Die Einbindung von Nutzern birgt bei der Entwicklung von innovativen Lösungen jedoch auch potenzielle Gefahren. Nutzer können bei Einbindung in den Entwicklungsprozess zusätzliche Innovationsbarrieren sein, die es zu überwinden gilt.

Studien von Wickens & Colcombe (2007) haben gezeigt, dass sich Nutzer bereits in frühen Stadien auf Detaillösungen fokussieren. Die Folge sind kleine, inkrementelle Verbesserungen des Produktes. Ihnen fällt es leichter zu sagen, was ihnen nicht gefällt, als ein Optimum zu beschreiben. Dies hat zur Folge, dass das Erheben von Anforderungen auf Nutzerseite in der Regel zu eher inkrementellen Produktverbesserungen anstelle von großen innovativen Visionen führt.

Ein weiteres potenzielles Risiko besteht in der Gewöhnung der Nutzer, wodurch diese innerhalb der ihnen bekannten Grenzen interagieren. Das Abweichen vom Gewohnten ist mit Unsicherheiten und einem zusätzlichen Aufwand verbunden. Norman (2010) zufolge wissen Nutzer häufig nicht, was sie eigentlich brauchen. Erschwerend kommt hinzu, dass der Nutzer die Auswirkung einer Veränderung sowie die technischen Gestaltungsmöglichkeiten häufig nicht einschätzen kann. Die Folge ist eine symmetrische Ignoranz (Brödner, Hamburg & Kirli, 1997), die dazu führt, dass Nutzer bei einer Entscheidung eher konservativ interagieren und innovative Lösungen ablehnen.

2.3. Unterstützung der innovativen Arbeitsmittelgestaltung durch Prozesse und Methoden

Bei einem Prozess handelt es sich im Allgemeinen um die Gesamtheit aufeinander einwirkender Vorgänge innerhalb eines Systems. Im hier betrachteten Kontext soll die Untergruppe der Vorgehensmodelle näher betrachtet werden, da diese die Aufgaben, welche der Entwickler zu bewältigen hat, in einem theoretisch optimalen Prozess beschreiben. Ziel ist es, so den Anwender durch einen zielgerichteten und effizienten formalen Ablauf mit standardisierten Aktivitäten zu unterstützen.

Ziel der Betrachtung ist die Identifikation eines geeigneten Prozesses, der die erfolgreiche Entwicklung von Arbeitsmittelinnovationen ermöglicht. Diese Betrachtung ist notwendig, da die auszuführenden Aktivitäten die Rahmenbedingungen, welche die zu entwickelnde Methode unterstützen soll/muss, definieren. Zudem bestimmen die Teilaufgaben, welche sich aus den Prozessen extrahieren lassen, die Form, in der die Kataloginhalte aufbereitet werden müssen.

2.3.1. Anforderungen an den Prozess

Im Folgenden werden existierende Innovations- und Produktentwicklungsprozesse näher betrachtet und auf ihre Eignung für die bestehende Aufgabe diskutiert. Es wird davon ausgegangen, dass Innovationsprozesse alle wesentlichen Merkmale für die Entwicklung einer kreativen Lösung mit sich führen. Bei den Produktentwicklungsprozessen liegt die Annahme einer hohen Passung auf das Zielsystem des Arbeitsmittels zugrunde, da Arbeitsmittel auch als ein spezielles Produkt betrachtet werden können. Um die Eignung der Prozesse feststellen zu können, ist die Definition von entsprechenden Bewertungskriterien notwendig. Diese Kriterien können wie folgt definiert werden:

Vollständigkeit der Unterstützung und Detaillierungsgrad

Die Besonderheit von Innovationsprozessen gegenüber anderen Produktentwicklungsprozessen liegt in der globalen Betrachtungsweise. Für einen Innovationsprozess ist es notwendig, alle Aktivitäten, von der Idee bis hin zur praktischen Umsetzung und der Einführung der Innovation auf dem Markt, zu betrachten (Seidel, 2005).

Die frühen Phasen der Ideengenerierung und -bewertung sowie die Konzeptentwicklung und Planung, welche häufig auch als „Front-End“ bezeichnet werden (vgl. Abbildung 7), sind für das Gelingen einer Innovation von besonderer Bedeutung. Als „Back-End“ bezeichnet man analog dazu die Phase der Entwicklung, die Phase des Prototypen bzw. Pilottests sowie die Phase der Einführung (vgl. Verworn & Herstatt, 2007). Häufig scheitern Innovationen an in diesen Phasen getroffenen strategischen produktbezogenen Entscheidungen, zumal eine Korrektur zu einem späteren Zeitpunkt mit enormen Kosten verbunden ist. Eine methodische Unterstützung der frühen Phase ist hierbei besonders wichtig. Produktentwicklungsprozesse legen einen Schwerpunkt auf die Entwicklung des Produktes, angefangen bei der Konzeptfindung bis hin zum Serienanlauf. Dennoch existieren auch ganzheitliche Betrachtungen. Bei einer oberflächlichen Analyse fällt auf, dass diese den Aspekt der Entwicklung in der Regel intensiver behandelt als es bei einem Innovationsprozess der Fall ist.

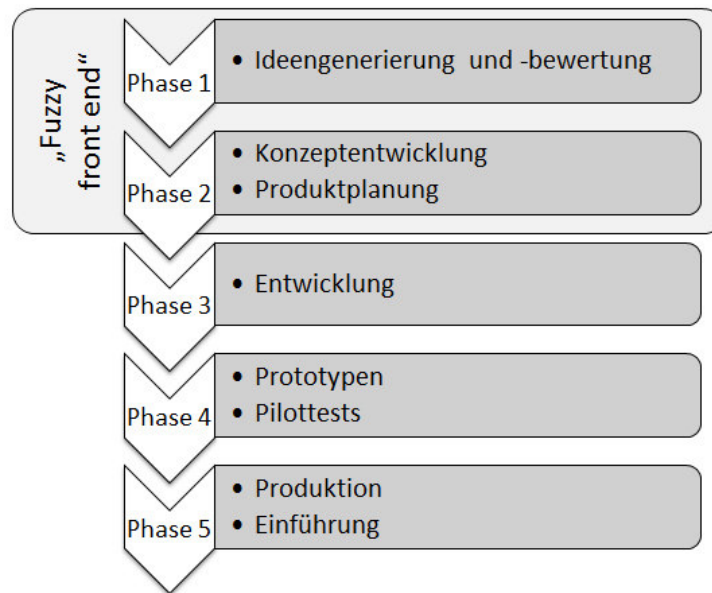


Abbildung 7: Darstellung eines vollständigen Innovationsprozesses in Anlehnung an Verworn & Herstatt (2007)

Für die Entwicklung eines innovativen Arbeitsmittels ist es notwendig, dass alle relevanten Phasen, insbesondere die des Front-Ends, ausreichend detailliert beschrieben sind, um daraus Anforderungen an den Prozess ableiten zu können. Diese Kriterien werden unter dem Aspekt der Vollständigkeit zusammengefasst. Der Detaillierungsgrad ist ein weiteres Kriterium, welches im Rahmen der Arbeit diskutiert werden muss. Wie in Kapitel 2.2.1. beschrieben, ist den Entwicklern das Vorgehen häufig nicht klar. Auf der Ebene der Tätigkeiten muss der Prozess demnach ebenfalls unterstützen. Unter dem Begriff des Detaillierungsgrades wird diskutiert, wie konkret die dem Prozess zugrunde liegenden Handlungsanweisungen aus der Sicht des Entwicklers sind.

Förderung kreativer Lösungen

Aus Kapitel 2.1.3.3. geht hervor, dass ein wesentlicher Bestandteil eines innovativen Arbeitsmittels in einer kreativen Lösung begründet liegt. Der Prozess muss demnach dazu geeignet sein, zuverlässig neue und kreative Lösungen hervorzubringen. Nach Dörner (1987) zeichnen sich kreativere Prozesse durch eine iterative Informationsgewinnung, -verarbeitung und -ausgabe aus. Hinweise hierzu können, neben dem Prozess selbst, auch durch Verweise auf konkrete Methoden gewonnen werden.

Entwicklungsziel Produkt

Das Zielsystem der betrachteten Entwicklung ist das Arbeitsmittel, welches durch ein Produkt repräsentiert wird. Der Prozess muss demnach auf die Entwicklung von Produkten oder eine Produktinnovation angewendet werden können. Dabei sind keine Beschränkungen hinsichtlich des Ausmaßes der mit ihm möglichen Innovation zulässig. Sowohl radikale als auch disruptive und inkrementelle Innovationen müssen im Rahmen des gesuchten Prozesses möglich sein.

Förderung der Akzeptanz

Für den Erfolg eines Arbeitsmittel ist die Akzeptanz der zukünftigen Nutzer maßgeblich (vgl. Kapitel 2.1.3.2.3.). Im Rahmen der Analyse wird eingeschätzt, inwieweit der Prozess akzeptanzsteigernde Maßnahmen ergreift.

Im Folgenden wird eine Auswahl von potenziell relevanten Prozessen, samt ihrer Eigenschaften und Sichtweisen, stellvertretend für die einzelnen Kategorien betrachtet.

Bezeichnung	Sichtweise	Fokus auf	Anwender
VDI 2221	Ingenieurwissenschaft	Produktentwicklung	Entwickler
DIN EN ISO 9241-210	Arbeitswissenschaft	Produktentwicklung	Entwickler; Planer/Manager
Pleschak & Sabisch	Wirtschaftswissenschaft	Innovation	Entwickler, Planer/Manager
3-Zyklen-Modell	Ingenieurwissenschaft	Innovation	Planer/Manager

Tabelle 2: Darstellung der analysierten Prozesse

2.3.2. VDI 2221 – Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte

Als Vertreter der ingenieurwissenschaftlichen Ansätze wurde die VDI 2221 ausgewählt. Die Auswahl lässt sich zum einen damit begründen, dass das Modell trotz seines Alters für die Praxis eine hohe Relevanz besitzt. Weiterhin besteht eine für diese Arbeit relevante Verbindung zwischen der Methodik der VDI 2221 und den darauf aufbauenden Konstruktionskatalogen aus VDI 2222. Letzteres ist bei anderen gängigen Entwicklungsansätzen wie z. B. dem V-Modell (vgl. u. a. Alpar, Grob, Weimann & Winter, 2005) oder dem W-Modell (vgl. u. a. Eversheim, 2003) nicht gegeben.

VDI 2221 fokussiert auf den Entwicklungs- und Konstruktionsprozess technischer Systeme und Produkte. Die Richtlinie betrachtet demnach lediglich einen kleinen Teil des Produktkreislaufs. Der vorgelagerte Prozess der Produktplanung sowie die nachgelagerten Prozesse aus den Bereichen Vertrieb, Gebrauch und Entsorgung sind nicht Bestandteil der Betrachtung.

Der im Rahmen der Richtlinie definierte Entwicklungsprozess richtet sich vornehmlich an Entwicklungs- und Konstruktionsingenieure. Er ist als Vorgehensplan zu verstehen, schreibt dabei jedoch keine konkreten Arbeitsstile oder individuelle Denkprozesse vor. Ziel ist es, dem Anwender mittels Arbeits- und Entscheidungsschritten auf operativer Ebene Handlungsempfehlungen in die Hand zu geben, um die Entwicklung effizient zu gestalten. Die Prozessbeschreibung ist dabei als allgemeingültiger Problemlöseprozess für technische Systeme formuliert, um den Anforderungen an die Vielfältigkeit der denkbaren Aufgaben, unternehmensspezifischen Bedingungen und dem marktseitigen Entwicklungsgrad gerecht zu werden. VDI 2221 betont dabei eine breite Anwendung in Maschinenbau, Feinwerktechnik, Schaltungs- und Softwareentwicklung sowie in der der Planung von verfahrenstechnischen Anlagen (VDI Richtlinie 2221, 1993).

Das Vorgehen ist gekennzeichnet durch eine Zerlegung der Gesamtfunktion in Teilfunktionen. Ziel ist es, so die Komplexität der Gesamtaufgabe zu minimieren und gleichzeitig durch die Offenlegung der Strukturen, ihrer Zusammenhänge und durch den Zwang zur Systematisierung dieser das ganzheitliche Denken zu fördern.

Der Gesamtprozess gliedert sich in sieben Abschnitte, welche sich insgesamt vier Phasen zuordnen lassen.

- Phase 1: Planen und Klären der Aufgabe
- Phase 2: Konzipieren
- Phase 3: Entwerfen
- Phase 4: Ausarbeiten

Dabei sind Iterationen innerhalb und zwischen den einzelnen Arbeitsschritten innerhalb des Prozesses zulässig. Ob es sich dabei um ein ein- oder mehrfaches, teilweises oder vollständiges Durchlaufen eines Abschnittes handelt, ist allein von der Aufgabe abhängig.

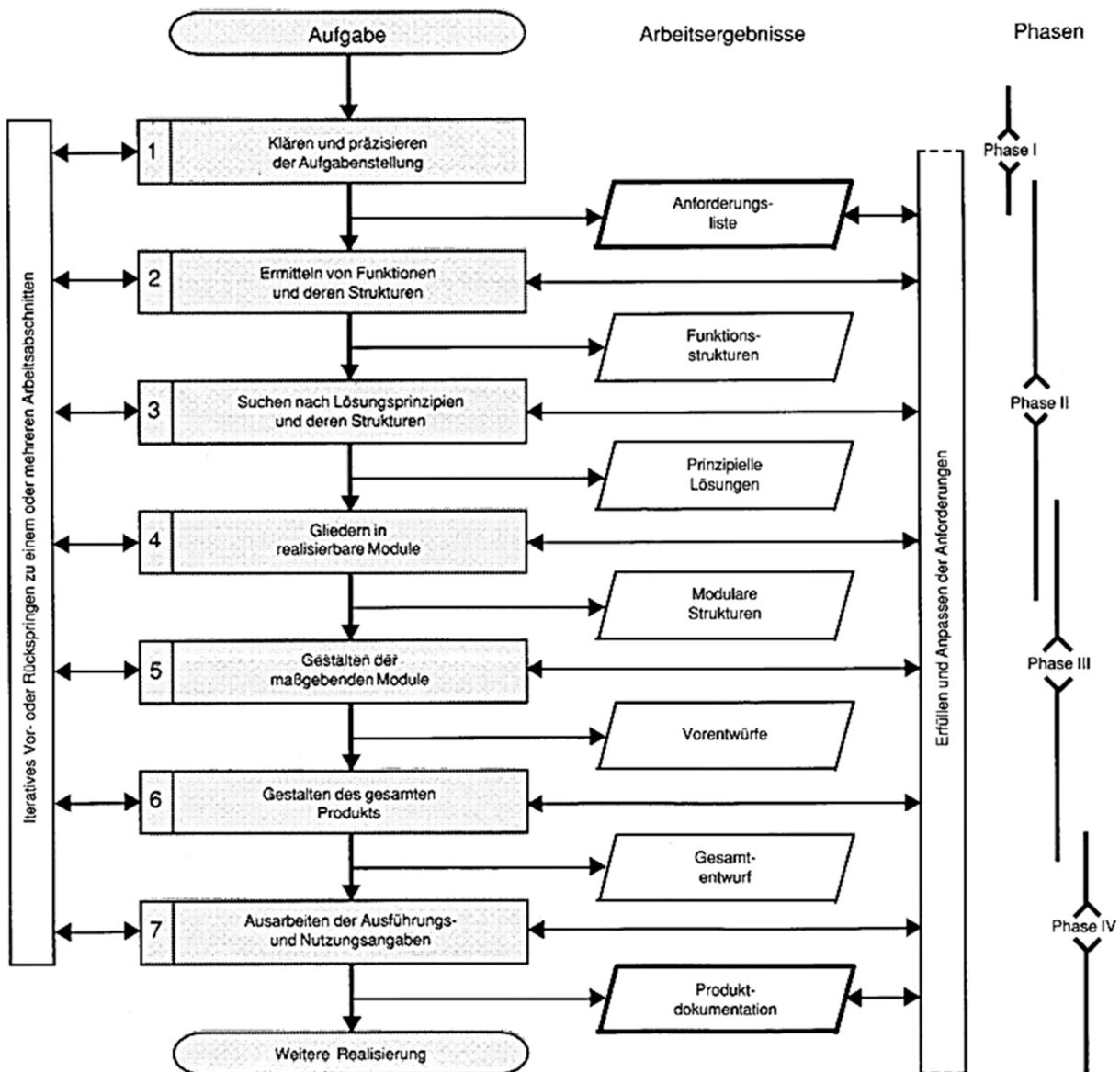


Abbildung 8: Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren (VDI Richtlinie 2221, 1993)

Im Folgenden werden die einzelnen Prozessschritte kurz beschrieben.

Arbeitsschritt 1: Klären und präzisieren der Aufgabenstellung

Der Ausgangspunkt der Entwicklung wird durch eine konkrete Aufgabenstellung oder einen Produktvorschlag durch einen Kundenauftrag definiert. Schritt 1 befasst sich mit der Klärung der Aufgabe. Schwerpunkt dieser Phase liegt in der Ermittlung von Anforderungen und dem Schließen von Wissenslücken bezüglich der in der Entwicklung vorherrschenden Rahmenbedingungen. Output dieses Abschnitts ist eine Anforderungsliste, welche im Laufe des Projektes regelmäßig als Referenzobjekt für notwendige Bewertungen herangezogen wird. Dabei ist zu bemerken, dass eine spätere Überarbeitung und Anpassung der Anforderungsliste auf neue Erkenntnisse zulässig ist.

Arbeitsschritt 2: Ermittlung von Funktionen und deren Strukturen

Der zweite Schritt befasst sich mit der Ermittlung von Funktionen auf Basis der durch das Produkt zu erfüllenden Gesamtfunktion. Die Gesamtfunktion wird anschließend in einzelne Teilfunktionen zerlegt, für die Funktionsstrukturen ermittelt werden. Sie bilden die Basis für eine spätere Lösungssuche.

Arbeitsschritt 3: Suche nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen

Schritt drei fokussiert auf die Suche nach Lösungsprinzipien, welche die Teilfunktionen der Funktionsstruktur erfüllen. Der Arbeitsschritt beruht auf der Auswahl von aufgabenrelevanten, physikalischen Effekten, geometrischen und stofflichen Merkmalen. Die Verknüpfung dieser Effekte und Merkmale mit den Funktionsstrukturen ergibt eine oder mehrere prinzipielle Lösungen in Form von Wirkstrukturen. Diese können in Form von Prinzipskizzen, Schaltungen oder Beschreibungen dargestellt werden.

Arbeitsschritt 4: Gliederung in realisierbare Module

Dieser Schritt befasst sich mit der Gliederung der prinzipiellen Lösung in realisierbare Module. Das Ergebnis bildet eine modulare Struktur, welche bereits die Aufteilung in Teilsysteme, Systemelemente und deren Schnittstellen beinhaltet. Darstellungsformen können Anforderungsskizzen, Graphen, Logikpläne, Struktogramme oder Fließbilder sein.

Arbeitsschritt 5: Gestalten der maßgebenden Module

Der Kern dieses Arbeitsschritts liegt in der Grobgestaltung der für die Produkt- oder Systemoptimierung maßgeblichen Module. Die Erfahrung zeigt, dass es empfehlenswert ist, die Gestaltung soweit voranzutreiben, bis die Auswahl eines Optimums einer Gestaltungsvariante möglich ist. Ergebnis dieses Schrittes sind Vorentwürfe mit groben, maßstäblichen Zeichnungen oder Stromlaufplänen.

Arbeitsschritt 6: Gestalten des gesamten Produkts

Ziel dieser Tätigkeit ist die Konkretisierung der Vorentwürfe auf konstruktiver Ebene. Hierzu zählt auch die Gestaltung von bisher nicht betrachteten Modulen, (Bau-) Gruppen und Elementen samt aller Verknüpfungen. Neben der Integration der Ergebnisse in ein Gesamtkonzept schließt dieser Arbeitsschritt auch die endgültige Festlegung auf ein endgültiges Gesamtkonzept mit ein. Das Arbeitsergebnis ist ein in Form von technischen Zeichnungen, Stücklisten etc. dokumentiert. Der Gesamtentwurf enthält alle Gestaltungsparameter des Produktes.

Arbeitsschritt 7: Ausarbeiten der Ausführungs- und Nutzungsangaben

Ziel des letzten Arbeitsschritts besteht in der Erstellung einer Produktdokumentation, welche u. a. Einzelteil- und Baugruppenzeichnungen, Stücklisten, Fertigungs- und Montagepläne sowie Prüfvorschriften enthält.

VDI 2221 liefert einen ausführlichen Überblick über Methoden und deren arbeitsschrittabhängige Anwendungsbereiche. Die dargelegten Methoden lassen sich in fünf Gruppen unterteilen:

-
- Analyse- und Zielvorgaben-Methoden,
 - Methoden zum Entwickeln von Lösungsideen,
 - Kosten- und Wirtschaftlichkeitsberechnungsverfahren,
 - Bewertungsverfahren und Entscheidungstechniken,
 - integrierte Methoden (Handlungsmodelle).

In den Bereichen der Analyse und der Zielvorgaben werden klassische Methoden zur Analyse von Markt und Unternehmen angeboten. Die Methoden reichen von der klassischen Marktanalyse über Prognosetechniken bis hin zu Zieldefinitionen. Die meisten dieser Methoden fokussieren auf Bedarfsanalysen sowie auf die Ermittlung aktueller und zukünftiger Entwicklungen und auf die Ermittlung der Stark- und Schwachstellen von Markt oder Unternehmen.

Die angebotenen Methoden zur Lösungssuche zielen darauf ab, möglichst viele Ideen zu generieren. VDI Richtlinie 2221 (1993) empfiehlt eine Kombination aus heuristischen und diskursiven Ideenfindungstechniken, um neben der Ideenquantität auch die -qualität zu erhöhen. Die dargelegten Methoden lassen sich in methodisch-intuitive (heuristisch), systematisch-diskursive und kombinierte Methoden unterteilen.

Die intuitiven Methoden basieren auf den klassischen Mechanismen der Kreativitätstechnik und kommen primär in den Arbeitsschritten 2 und 3 zur Anwendung. Die Methoden liefern dabei eine erste Idee, die dann in Form eines Ideenkonzeptes weiterentwickelt und konkretisiert werden muss. Die rein diskursiven Methoden beschränken sich hauptsächlich auf Methoden der systematischen oder mathematischen Variation und auf deren Hilfsmittel. In dem Bereich der kombinierten Methoden ist besonders die Methode der Synektik herauszuheben. Kern der Methode besteht in der Lösungssuche von artfremden Bereichen durch Verfremdung des Problems und Analogiebildung.

Die dargelegten Kosten- und Wirtschaftlichkeitsberechnungsverfahren beziehen sich auf die Prognose der voraussichtlichen Produktkosten. Die angebotenen Methoden legen einen rein wirtschaftlichen Fokus zugrunde. Im Fokus der Bewertungsverfahren und Entscheidungstechniken liegt die Bewertung und Auswahl von Lösungen nach technisch-wirtschaftlichen und allgemeinen Kriterien wie Funktionszielen, Kostenzielen und Sicherheit. Die angebotenen Handlungsmodelle beschreiben ergänzende Methoden zur Unterstützung der technischen Problemlösung, auf die hier jedoch nicht weiter eingegangen werden soll.

Methoden	Arbeitsabschnitte	1	2	3	4	5	6	7
Methoden zum Entwickeln von Lösungsideen Voraussetzung für das Entwickeln optimierter Lösungen ist das Vorliegen möglichst vieler Lösungsideen: Nachdem die abstrakte Darstellung mittels Funktionen das größtmögliche Suchfeld eröffnet hat, führen heuristische und diskursive Ideenfindungstechniken – am besten miteinander kombiniert – zu Ideenquantität und -qualität. Iteratives Durchlaufen der Arbeitsschritte nach – und vor – der Ideensuche ist charakteristisch gerade für diesen Arbeitsabschnitt.		Klaren und präzisieren der Aufgabenstellung	Ermitteln von Funktionen und deren Strukturen	Suchen nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen	Gliedern in realisierbare Module	Gestalten der maßgebenden Module	Gestalten des gesamten Produkts	Ausarbeiten der Ausführungs- und Nutzungsangaben
Methodisch-intuitiv (heuristisch) zum Lösen „schlechtstrukturierter“ [27; 42] also nicht algorithmisierbarer Probleme zur Stimulation der menschlichen Kreativität								
Kreativitätstechniken [41; 42; 49; 50; 59; 82]								
– Brainstorming [87] zur Ideensuche im Team mittels vielfältigster Assoziationsauslöser		○	●	●				
– Methode 66 [41] zum Einbeziehen nahezu beliebig großer Teilnehmer-Anzahlen			●	●	○			
...								
Systematisch-diskursiv [41; 42; 55; 56; 59; 82] zum Lösen „wohlstrukturierter“ [42], also algorithmisierbarer Probleme								
Morphologie [55]								
– Morphologischer Kasten [8; 55; 105; 147] in Form einer 2-(3- ...) dimensionalen Matrix zum systematischen Sammeln, Zuordnen und Kombinieren von Lösungselementen			●	●	●	○		
...								
Systematische Variation, z.B. des physikalischen Geschehens [48; 57; 71; 91; 102; 105; 125], von Struktur, Gestalt, ... [64; 96]			○	●	○	●	●	
Konstruktionskataloge/Lösungskataloge [21; 74; 105; 131] als vollständige Sammlung möglicher Lösungen bzw. Lösungselemente zum Erarbeiten von Lösungsvarianten			●	●	○	●	●	
Gestaltungsregeln und -richtlinien; Vorgehen beim Entwerfen [91], Grundregeln [91], Gestaltungsrichtlinien [91], z.B. für fertigungsgerechte [91; 130], montagegerechte [2], ergonomiegerechte [91; 128], recyclinggerechte [63; 91; 132], lärmarme [115] Gestaltung technischer Erzeugnisse, Funktionenintegration [70; 73]					●	●	●	●
Bausteinesystem/Baureihen [40; 44; 72; 91] zum terminlichen Optimieren des Entstehens sowie zum technisch-wirtschaftlichen Optimieren des Entstehens und der Nutzung von Produkten, Verfahren, organisatorischen Abläufen, Methodensystemen, Vorgehensweisen usw. durch Realisierung gleicher Teilfunktionen mittels gleicher Bausteine/Module bzw. Baureihen-Elemente			●	○	●	●	●	●
Lösungsdarstellung (Struktur, Anordnung, Gestalt) durch								
– Zeichnungen, Modelle, Bilder in Form von technischen Skizzen [119] und Zeichnungen, dreidimensionalen Modellen [140], perspektivischen Darstellungen wie in den Ingenieurwissenschaften, im Industrial Design [38; 68; 123; 135] usw. üblich		○	○	○	●	●	●	●
...								
Kombinationen (heuristisch/diskursiv)								
Kombinationen obengenannter Methoden oder Methodenelemente: Methoden-Bausteinesystem, Methoden-Baukasten [44] mit Methoden-Modulen			○	○	○	○	○	○
...								

● gut geeignet ○ geeignet

Tabelle 3: Auflistung anwendbarer Methoden für den Teilbereich „Entwicklung von Lösungsideen“ im Rahmen der VDI Richtlinie 2221 (1993) - Auszug

Eignung hinsichtlich Innovation

Der Prozess geht von einer vorangegangenen Produktplanungsphase (wie z. B. VDI 2220) aus, in der die Produktidee auf Basis von Markt, Kundenbedürfnissen oder identifizierten Problemfeldern bereits definiert wurde. Auch sind Aufgaben aus Unternehmenspotentialen oder -zielen denkbar.

Der Prozess beschreibt einen Problemlöseansatz, welcher auf die Entwicklung und Konstruktion fokussiert. Das Ziel liegt dabei auf der effektiven und effizienten Abarbeitung der Aufgabe. Die Methoden zeigen dabei, dass der Fokus hierbei eher auf technischen Aspekten liegt. Auch wenn der Fokus dieses Prozesses nicht darauf liegt, möglichst neue und innovative Lösung zu generieren, so sind Innovationen auf der Produktebene dennoch nicht ausgeschlossen.

Unter den Methoden der Lösungssuche finden sich Methoden, welche gezielt die Kreativität des Anwenders fördern sollen – auch ein iteratives Vorgehen wird nicht ausgeschlossen. Kritik besteht in der Zerlegung des Problems in Teillösungen und dem rein technisierten Vorgehen. Es wird davon ausgegangen, dass dieses Vorgehen eher Innovationen auf der Ebene der technischen Umsetzung als auf Produktebene mit sich bringt. Die Innovationen im Rahmen dieser Prozesse sind demnach eher auf inkrementeller Ebene zu verzeichnen.

Positiv ist anzumerken, dass VDI 2221 auf eine Vielzahl von internen und externen Einflussfaktoren, welche die Ergebnisqualität eines Problemlöseprozesses beeinflussen, hinweist.

Eignung hinsichtlich Arbeitsmittel

Die Richtlinie des Vereins Deutscher Ingenieure ist auf eine Vielzahl von Aufgaben anwendbar. Die Anwendung ist auf technische Systeme und Produkte fokussiert. In diesem Zusammenhang werden auch Softwareprodukte ausgeführt. Auch wenn die Anwendbarkeit auf Arbeitsmittel nicht thematisiert wird, so sollte die Anwendbarkeit trotz fehlender offensichtlicher humanitärer Bewertungskriterien in den Methoden gewährleistet sein. Einen Hinweis darauf liefert die Methode des „Industrial Design“, welche im Bereich der Handlungsmodelle erwähnt wird. Ziel dieser Methode liegt in der Optimierung des physischen und psychischen Kontaktbereichs von Mensch und Produkt.

Eignung hinsichtlich Akzeptanz

Es wurden keine konkreten Maßnahmen und Methoden zur Integration oder Akzeptanzsteigerung bei den späteren Nutzern gefunden. Der Prozess geht davon aus, dass die Erfüllung der Anforderungen die Bedürfnisse der Nutzer befriedigt. Theoretisch ist die Einbindung der Nutzer im Bereich der Anforderungsdefinition, der Funktionsdefinition und der Bewertung von Teillösungen möglich, aber nicht vorgesehen.

Die oben aufgeführten Bewertungen lassen sich wie in Tabelle 4 zusammenfassen:

Item	Bewertung	Begründung
Vollständigkeit der Unterstützung	--	Fokussiert rein auf Entwicklung und Konstruktion.
Detaillierungsgrad	-	Der Prozess ist, bedingt durch den Anspruch an Allgemeingültigkeit, lediglich grob strukturiert.
Förderung kreativer Lösungen	-	Keine gezielte Förderung.
	+	Die Anwendung von Methoden zur Förderung kreativer Lösungen ist nicht ausgeschlossen. Empfohlen wird eine Kombination aus intuitiven und diskursiven Methoden in mehrfacher Iteration.
Entwicklungsziel: Produkt	+	Der Prozess eignet sich für die Entwicklung von Produkten.
		Die Verwendung des Prozesses auf Arbeitsmittel ist unter Berücksichtigung von entsprechenden Methoden und Handlungsmodellen möglich.
	-	Die Idee des kreativen/innovativen Produkts wird außerhalb des betrachteten Prozesses definiert. Der Prozess ist daher in der Innovationsart beschränkt und ermöglicht somit primär inkrementelle Innovationen.
Akzeptanz	o	Keine akzeptanzsteigernden Maßnahmen vorgesehen. Zusätzliche Maßnahmen wären im Bereich der Anforderungs-, Funktionsdefinition und Bewertung von Teillösungen möglich. Aufgrund der starken Technisierung des Entwicklungsprozesses wird eine aktive Partizipation von Nutzern über den gesamten Prozess als nicht realistisch betrachtet.

Tabelle 4: Zusammenfassende Bewertung der VDI 2221 hinsichtlich ihrer Eignung zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel

2.3.3. Menschzentrierter Gestaltungsprozess nach DIN EN ISO 9241-210

Bei dem menschenzentrierten Gestaltungsprozess nach DIN EN ISO 9241-210 handelt es sich um einen Prozess zur Gestaltung von gebrauchstauglichen, interaktiven Systemen. Der Prozess ist sowohl auf Hard- als auch Softwarekomponenten anwendbar. Er legt „Anforderungen fest und gibt Empfehlungen für menschenzentrierte Gestaltungsgrundsätze und -aktivitäten für den gesamten Lebenszyklus rechnergestützter interaktiver Systeme (DIN EN ISO 9241-210, 2010). Explizit werden dabei die Phasen der Konzeption, Analyse, Gestaltung, Implementierung, Prüfung und Wartung genannt.

Allgemein handelt es sich bei dem menschenzentrierten Gestaltungsprozess um ein zyklisch-iteratives Vorgehen. Der Aspekt der Menschenzentrierung bezieht sich dabei auf das Berücksichtigen von Erfordernissen und Erwartungen der zukünftigen Anwender sowie auf sonstige relevante Personengruppen, die ein Anrecht, einen Anteil, einen Anspruch oder ein Interesse an dem zu entwickelnden System und dessen Merkmalen haben (ISO/IEC 15288, 2008). Basis der Gestaltung bildet eine umfassende Kenntnis des Nutzungskontextes. Dieser soll das Verständnis für die Bedürfnisse der zukünftigen Nutzergruppen, für deren Aufgaben und für die Umgebung, in welcher diese Aufgabe erfüllt werden muss, schärfen. Die Norm empfiehlt ebenfalls die Bearbeitung mit einem Team, welches über Fachwissen aus unterschiedlichen Disziplinen verfügt. Es wird davon ausgegangen, dass Multidisziplinarität zu einer höheren Kreativität und einer größeren Ideenmenge führt. Der Prozess richtet sich an die Verantwortlichen von Projekten zur Gestaltung und Entwicklung interaktiver Systeme aus den Bereichen der Planung von Rahmenbedingungen sowie an Fachleute aus den Gebieten der Arbeitswissenschaft und der Ergonomie.

Die Anwendung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses verspricht u. a.:

- ökonomische und soziale Vorteile für Nutzer, Arbeitgeber und Anbieter,
- Verringerung von Gefahren und Gesundheitsrisiken,
- erfolgreichere Produkte durch die Berücksichtigung des Aspekts der Gebrauchstauglichkeit,
- Verbesserung der Qualität durch Effekte wie z. B.
 - Steigerung der Produktivität des Nutzers und der Wirtschaftlichkeit von Organisationen,
 - Reduzierung von Unbehagen und Stress.

Der menschenzentrierte Gestaltungsprozess besteht im Wesentlichen aus vier Phasen (vgl. Abbildung 9), welche im Folgenden näher erläutert werden sollen.

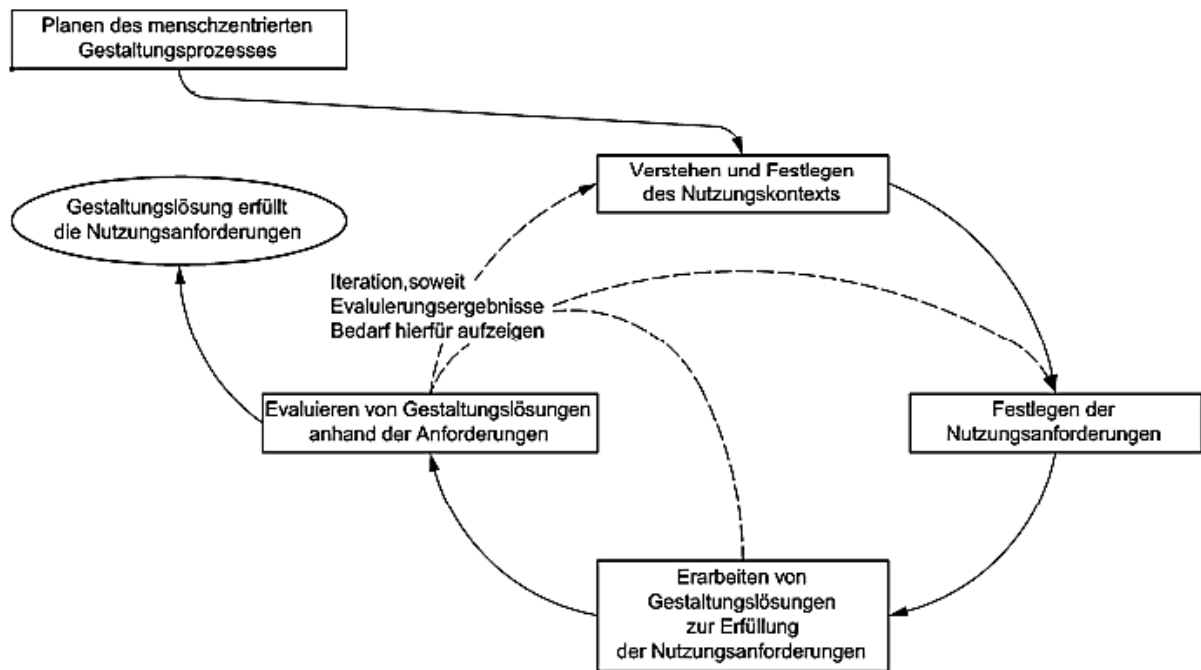


Abbildung 9: Darstellung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses inkl. wechselseitiger Abhängigkeiten (DIN EN ISO 9241-210, 2010)

Phase 0: Planen des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses

Die Planungsphase findet vor der eigentlichen Durchführung des Prozesses statt. Die Vorphase wird der Vollständigkeit halber erläutert. Das Ziel der Phase 0 besteht darin, den menschenzentrierten Gestaltungsprozess über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg zu planen. Der Fokus liegt dabei auf den folgenden Inhalten:

- Ermittlung der relevanten Aspekte aus arbeitswissenschaftlicher und ergonomischer Sicht innerhalb des Projektes, um geeignete Techniken bzw. Verfahren zur Identifikation und Verringerung von Mensch-System-Risiken zu ermitteln.
- Planungsinhalte: Identifizierung von geeigneten Methoden und Verfahren, um die Aktivitäten innerhalb des Prozesses sicherstellen zu können. Im Rahmen der Projektplanung sind zusätzlich Ressourcen und Verantwortlichkeiten festzulegen. Darüber hinaus sind Zeitpläne zu erstellen.
- Die Planungsinhalte sind in den Projektplan zu integrieren und als Teil des Projektes zu betrachten.
- Die Projektplanung ist zu kommunizieren und die Termine und Ressourcen sind abzustimmen.

Phase 1: Verstehen und Festlegen des Nutzungskontextes

Ziel der Phase 1 liegt in der Schaffung eines Verständnisses für die Bedürfnisse von Nutzern, für die Arbeitsaufgabe, für Arbeitsmittel (Hardware, Software und Materialien) sowie im Verständnis der physischen und sozialen Umgebung, in der das zu entwickelnde System zum Einsatz kommen soll. Die Analyse beinhaltet eine Identifizierung der für die Aufgabe der Entwicklung relevanten Interessengruppen und beschreibt deren Beziehungen, deren Ziele und Einschränkungen. Sie beinhaltet ebenso eine detailliertere Betrachtung der Merkmale der Nutzer bzw. Nutzergruppen. Hierzu

gehören u. a. die spezifischen körperlichen und psychischen Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten der Nutzer, ihre Aufgaben und Ziele sowie die Umgebungsbedingungen, bei welchen das Produkt letztendlich genutzt wird. Letzteres beinhaltet u. a. die technische (Hard- und Software), physikalische (Thermik, Beleuchtung, Raumgestaltung ...) und soziale (Arbeitsweisen, Organisationsstruktur, Einstellungen) Umgebung.

Phase 2: Nutzungsanforderungen spezifizieren

Im Rahmen dieser Phase werden Anforderungen auf Basis der Erkenntnisse der Nutzungskontext-Analyse ergänzt durch Fachwissen und Erfordernisse aus z. B. Normen, Richtlinien und Gesetzen, welche spezifiziert und in Form von überprüfbaren Zielen dokumentiert werden. Hierzu gehört u. a. auch das Lösen von auftretenden Zielkonflikten zwischen Anforderungen. Eine Besonderheit dabei ist, dass die ermittelten Anforderungen keineswegs statisch sind. Es ist möglich, Anforderungen im Rahmen des Iterationsprozesses zu verändern.

Phase 3: Erarbeiten von Gestaltungsentwürfen

Die Phase 3 fokussiert auf die Erarbeitung, Detaillierung und Bewertung von Gestaltungslösungen auf Basis der Anforderungen, der gewonnenen Erkenntnisse aus dem Nutzungskontext unter Berücksichtigung der gesamten User Experience durch das Entwicklerteam. Zu Beginn ist das Ergebnis dieser Phase eher ein grobes Konzept, welches in späteren Iterationen immer weiter ausgebaut wird, bis letztendlich das komplette Produkt ausgearbeitet wurde.

Phase 4: Evaluierung

Die letzte Phase beschäftigt sich mit der Evaluation der in der vorangegangenen Phase entwickelten Prototypen. Die Evaluation ist aus Nutzersicht durchzuführen. Neben einer aktiven Nutzerpartizipation ist auch die Anwendung von geeigneten Werkzeugen mithilfe von Experten, z. B. Checklisten, Heuristiken, zulässig. DIN EN ISO 9241-210 (2010) weist darauf hin, dass es sich bei der Evaluation um einen kontinuierlichen Prozess über den gesamten Produktlebenszyklus handelt, um eine nachhaltig menschenzentrierte Gestaltung gewährleisten zu können.

DIN EN ISO 9241-210 verweist auf die Methodensammlung der ISO/TR 16982 (2002). Diese stellt allgemein menschenzentrierte Methoden zur Entwicklung, Überarbeitung und Bewertung von Systemen hinsichtlich des Aspekts der Gebrauchstauglichkeit bereit. Zudem liefert sie Hinweise zur Auswahl und Integration geeigneter Methoden in den Entwicklungsprozess. Die Methoden lassen sich dabei in Methoden, die eine direkte Einbindung der Nutzer erfordern sowie Expertenmethoden unterteilen. Die zur Anwendung kommenden Methoden sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Name of the method	Direct involvement of users	Short description of methods
Observation of users	Y	Collection in a precise and systematic way of information about the behaviour and the performance of users, in the context of specific tasks during user activity.
Performance-related measurements	Y	Collection of quantifiable performance measurements in order to understand the impacts of usability issues
Critical incidents analysis	Y	Systematic collection of specific events (positive or negative).
Questionnaires	Y	Indirect evaluation methods which gather users' opinions about the user interface in predefined questionnaires.
Interviews	Y	Similar to questionnaires with greater flexibility and involving face-to-face interaction with the interviewee
Thinking aloud	Y	Involves having users continuously verbalize their ideas, beliefs, expectations, doubts, discoveries, etc. during their use of the system under test.
Collaborative design and evaluation	Y	Methods which allow different types of participants (users, product developers and human-factors specialists, etc) to collaborate in the evaluation or design of systems.
Creativity methods	Y/N	Methods which involve the elicitation of new products and systems features, usually extracted from group interactions. In the context of human-centred approaches, members of such groups are often users.
Document-based methods	N	Examination of existing documents by the usability specialist to form a professional judgement of the system
Model-based approaches	N	Use of models which are abstract representations of the evaluated product to allow the prediction of the users' performance.
Expert evaluation	N	Evaluation based upon the knowledge, expertise and practical experience in ergonomics of the usability specialist.
Automated evaluation	N	Algorithms focused on usability criteria or using ergonomic knowledge-based systems which diagnose the deficiencies of product compared to predefined rules.

Tabelle 5: Zusammenstellung geeigneter Usability-Methoden zur Unterstützung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses (ISO/TR 16982, 2002)

Eignung hinsichtlich Innovation

Der betrachtete Prozess eignet sich nur bedingt für innovative und kreative Lösungen. Er weist Defizite in den frühen Phasen auf. Es findet keine konkrete Förderung von innovativen Lösungen statt, wodurch der Innovationsgrad der Lösung stark von individuellen Eigenschaften des Entwicklerteams abhängig ist. Der Prozess zeigt eher ein problemindiziertes Vorgehen. Aufbauend auf einer Analyse soll ein Verständnis für die Bedürfnisse der Nutzer geschaffen werden, um Schwachstellen im System zu identifizieren, welche es im Laufe des Prozesses zu verbessern gilt. Dadurch bleibt wenig Raum für radikale, innovative Lösungen. Studien zeigen, dass die Orientierung an Nutzerbelangen, wie im Prozess gefordert zu eher kleineren, inkrementellen Verbesserungen führen (Norman, 2010). Positiv sind jedoch die Maßnahmen zu bewerten, die innerhalb des Prozesses zur Förderung von Ideenvielfalt und kreativen Lösungen beitragen. Diese lassen sich auf das iterative Vorgehen und den Einsatz von interdisziplinären Teams zurückführen.

Eignung hinsichtlich Arbeitsmittel

Der Prozess eignet sich zur Entwicklung von Hard- und Softwarekomponenten unterschiedlichster Zielsysteme. Der Fokus auf Interaktivität begünstigt dabei die Entwick-

lung von Arbeitsmitteln, da diese ebenfalls eine Interaktion zwischen Arbeitsperson und Arbeitsobjekt voraussetzen. Die Anwendung des Prozesses auf Arbeitssysteme wird in der Norm indirekt angesprochen. Dort wird sinngemäß auf die Anwendbarkeit kundenspezifischer Systeme, welche innerhalb der Organisation selbst zur Anwendung kommen sollen, verwiesen. Weiterhin positiv zu bemerken ist die Berücksichtigung von humanitären Aspekten, welche für Arbeitsmittel hochgradig relevant sind.

Eignung hinsichtlich Akzeptanz

Hinsichtlich des Aspektes der Akzeptanz ist zu bemerken, dass der Prozess durch seine Nutzerzentrierung sowohl direkte Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz bei dem späteren Nutzer als auch bei den Stakeholdern ergreift. Evaluation aus Nutzersicht verringert das Risiko von Fehlentwicklungen und erhöht die Chance der Gebrauchstauglichkeit, auch wenn der Prozess selbst keine Partizipation von Nutzern vorschreibt, sondern diese lediglich empfiehlt.

Die oben aufgeführten Bewertungen lassen sich wie in Tabelle 6 zusammenfassen:

Item	Bewertung	Begründung
Vollständigkeit der Unterstützung	-	Defizite in den frühen Phasen Prozess kann begleitend auf den gesamten Produktlebenszyklus angewendet werden, gibt jedoch lediglich Hinweise zur Verbesserung der Entwicklung
Detaillierungsgrad	o	Prozess aus Sicht des Managements keine konkreten Verweise auf Methoden im Bereich der Ideengenerierung und Konzeptfindung.
Förderung kreativer Lösungen	-	Keine direkte, prozessbedingte Förderung von innovativen Lösungen.
	+	Prozess ist iterativer und nutzt interdisziplinäre Teams.
Entwicklungsziel: Produkt	++	Die Anwendung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses auf Arbeitsmittel wurde u. a. von (König, 2012) am Beispiel von ATM-Systemen nachgewiesen. DIN EN ISO 9241-210 (2010) legt neben wirtschaftlichen Aspekten auch ein humanitäres Wertesystem zugrunde.
Akzeptanz	++	Der menschenzentrierte Gestaltungsprozess nimmt im Bereich der Akzeptanz eine besondere Stellung ein. Die Entwicklung aus Nutzerperspektive soll dabei eine hohe Akzeptanz bei den späteren Nutzern gewährleisten. Auch wenn eine aktive Partizipation von Nutzern empfohlen wird, so kommt der Prozess theoretisch ohne aktive Nutzerbeteiligung aus, z. B. durch den Einsatz von Experten. Auch ISO/TR 16982 (2002) weist darauf hin, dass Methoden mit Nutzerbeteiligung die besseren Ergebnisse liefern.

Tabelle 6: Zusammenfassende Bewertung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses hinsichtlich seiner Eignung zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel

2.3.4. Innovationsprozess nach Pleschak & Sabisch

Als Stellvertreter der wirtschaftswissenschaftlichen Ansätze soll der Innovationsprozess nach Pleschak & Sabisch (1996) näher erläutert werden. Dabei fokussiert der Prozess, neben der Ideenfindung, auf die Einbindung der Forschung (in Eigen- oder Fremdleistung) und anderer Unternehmen in den Innovationsprozess.

Der definierte Prozess kann in sechs Teilprozesse untergliedert werden. Er deckt alle Phasen von der Ideenfindung für die neuartige Problemlösung bis hin zur praktischen Nutzung ab (Pleschak & Sabisch, 1996). Der Prozess definiert für jeden Arbeitsprozess die zu erreichenden Prozessergebnisse, analog zu Quality-Gates. Diese bilden den Übergang in die nächste Phase. Das Nicht-Erreichen der geforderten Ergebnisse führt zur Nacharbeit oder zum Scheitern der Innovation in Form von Ausscheiden der Idee/des Projektes, Misserfolg oder Marktflop.

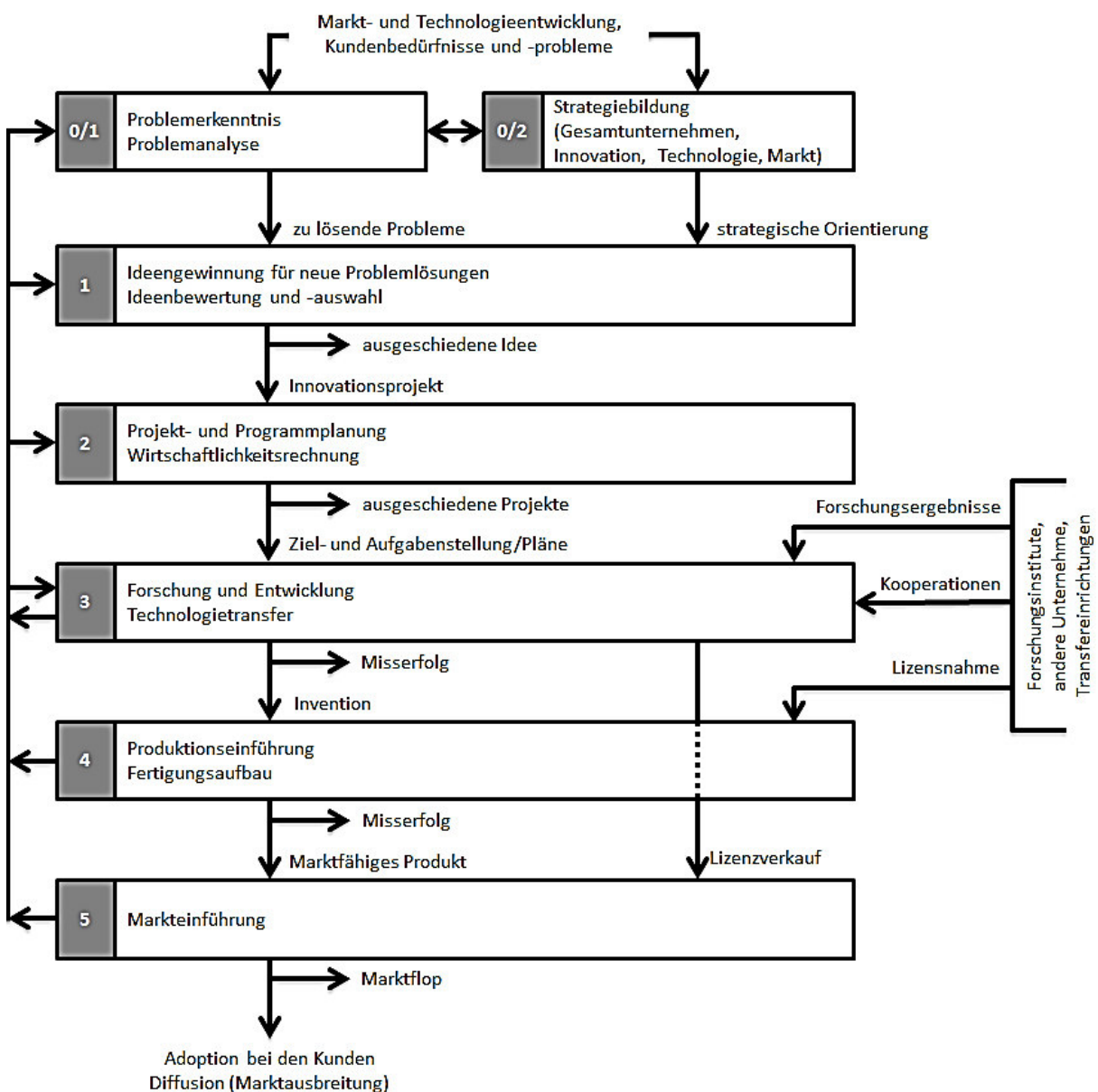


Abbildung 10: Ablauf des Innovationsprozesses nach (Pleschak & Sabisch, 1996)

Im Folgenden werden die einzelnen Stufen näher erläutert.

Stufe 0: Problemerkennntnis, -analyse und Strategiebildung

An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass der eigentliche Innovationsprozess nach Aussagen von Pleschak & Sabisch (1996) erst mit der 1. Stufe beginnt. Dennoch besitzt Stufe 0 als notwendige Analysephase eine hohe Relevanz für den Erfolg einer Innovation. Die Phase 0 darf deshalb nicht isoliert betrachtet werden und untergliedert sich in zwei Unterstufen. Stufe 0/1 befasst sich dabei mit der Identifikation und Analyse des Problems. Ziel der Unterstufe besteht darin, das zu lösende Problem als solches zu erkennen und näher zu definieren.

Die Analyse des Problems wird innerhalb der Unterstufe durch die Sichtweisen der Unternehmenssituation, des Marktes und der Technologien erweitert, woraus sich neue Impulse für eine strategische Orientierung ergeben. Beide Ergebnisse definieren wesentliche Elemente der Aufgabe sowie die Rahmenbedingungen, innerhalb derer die Aufgabe zu bewältigen ist. Das zu lösende Problem sowie die strategische Orientierung bilden die Grundlagen für Stufe 1.

Stufe 1: Ideengewinnung für neue Problemlösungen, Ideenbewertung und -auswahl

Die Stufe fokussiert auf die Erzeugung von möglichst vielen Lösungsvarianten sowie die Überprüfung dieser auf ihre technische und wirtschaftliche Eignung. Grundlage für die Suche bildet ein durch die strategische Orientierung eingeschränktes Suchfeld. Das Ziel der Phase besteht in der Auswahl der optimalen Lösung – die Chance, diese zu finden, steigt mit der Größe der überprüfbaren Variantenvielfalt. Um die daraus resultierende Variantenflut einzudämmen und die Bewertung in einem vertretbaren Rahmen zu halten, wird ein dreistufiger Selektierungsprozess vorgeschlagen. Dieser besteht aus einer Grobauswahl, einer Feinauswahl und einer detaillierten Analyse der verbleibenden Varianten mithilfe von Nutzwertmodellen bzw. Wirtschaftlichkeitsrechnungen. Werden eine oder mehrere Lösungsvarianten ausgewählt, bei denen es wertvoll erscheint, weiter verfolgt zu werden, so wird auf Basis dessen ein Innovationsprojekt initiiert.

Stufe 2: Projekt- und Programmplanung, Wirtschaftlichkeitsrechnung

Stufe 2 befasst sich mit der Planung des Innovationsprojektes. Inhaltlich bedeutet dies, dass die konkreten Ziele, Aufgaben und Plänen definiert werden, welche den Forschungs- und Entwicklungsbedarf näher spezifizieren. Die Basis liefern Wirtschaftlichkeitsrechnungen, Benchmarks und Erfahrungen.

Stufe 3: Forschung und Entwicklung, Technologietransfer

Die in Stufe 2 definierten Vorgaben werden als Auftrag an die Forschungs- und Entwicklungsabteilung übermittelt. Zur Abarbeitung des Entwicklungsauftrags steht der Entwicklungsabteilung neben eigenen Ressourcen auch die Nutzung externer Ressourcen frei. Dabei kann es sich um externe Dienstleister, Kooperationen oder den Technologietransfer durch z. B. Lizenzerwerb handeln. Abschluss der Phase ist eine Erfindung, welche das in Phase 0 definierte Problem löst.

Stufe 4: Produkteinführung, Fertigungsaufbau

Die vorletzte Stufe befasst sich mit der Produktrealisierung. Hierzu ist die Übertragung der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in die Produktion notwendig. Stufe 4 beschäftigt sich, vereinfacht dargestellt, mit der Planung, Vorbereitung und Umsetzung der für eine Produktion nötigen Aktivitäten sowie der Herstellung des marktfähigen Produkts selbst. Dabei ist anzumerken, dass die Phasen der Produktions- und Markteinführung aufgrund ihrer Komplexität und Bedeutung bereits während der dritten Stufe beginnen.

Stufe 5: Markteinführung

Die Markteinführung bildet den Abschluss des Prozesses. Die Innovation muss sich im Laufe dieser Phase auf dem Markt, unterstützt durch entsprechende Instrumente des Marketings, behaupten. Das Ziel der Stufe besteht darin, eine Diffusion auf dem Markt und eine Adoption der Innovation beim Kunden zu erreichen.

Pleschak & Sabisch (1996) verweisen im Rahmen des von ihnen definierten Prozesses selten auf konkrete Methoden. Vielmehr basieren die Verweise hinsichtlich geeigneter Methoden auf einer übergeordneten Ebene in Form von Methodenklassen und -kategorien. Dies ermöglicht eine bestmögliche Anpassung an die Erfordernisse eines konkreten Innovationsprozesses. Aufgrund des allgemeingültigen Charakters der Methodenangaben werden im Rahmen dieser Betrachtung lediglich das Front-End des Innovationsprozesses, sprich Phase 0 und 1, näher betrachtet.

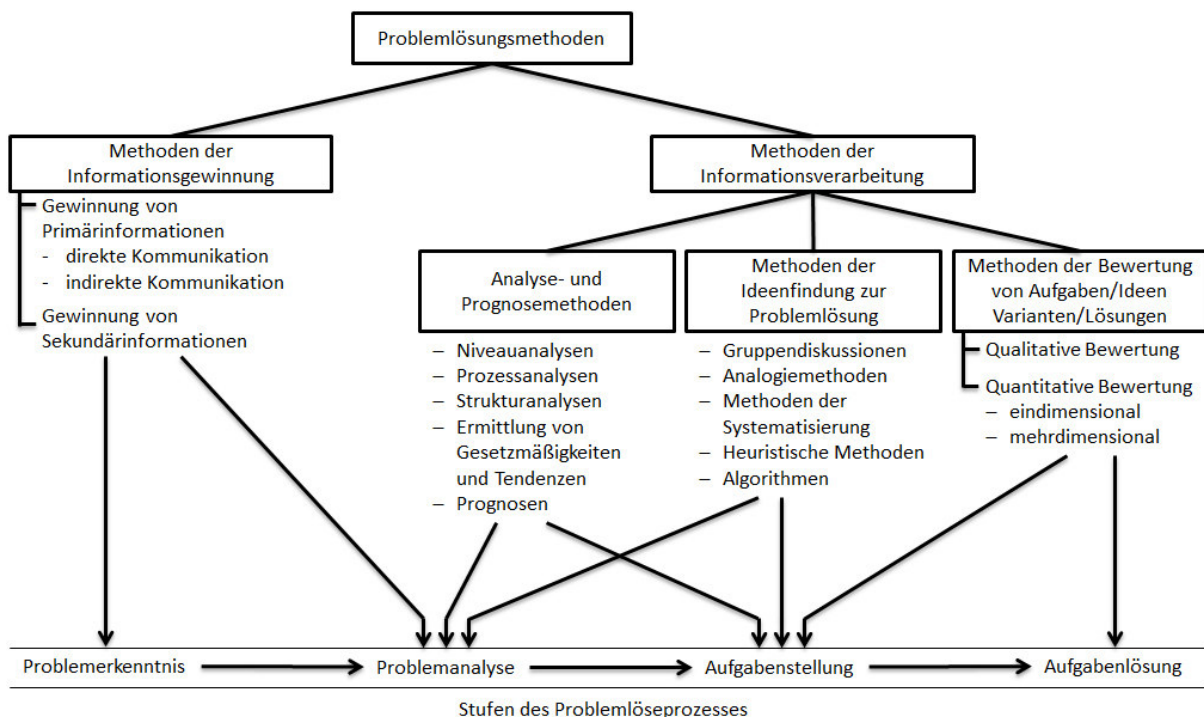


Abbildung 11: Übersicht der von Pleschak und Sabisch empfohlenen Problemlösemethoden (Pleschak & Sabisch, 1996)

Der Innovationsprozess lässt sich nach Pleschak & Sabisch (1996) als spezifischer Problemlöseprozess beschreiben (vgl. Abbildung 11). Analog dazu geht er von einem problemindizierten Anstoß des Innovationsprozesses aus. Dabei kann es sich um Probleme aufgrund von Missständen, aber auch aufgrund veränderter Rahmenbedingungen handeln. Das Vorhandensein eines Problems muss zunächst einmal bekannt sein bzw. bekannt werden, um aktiv dagegen vorgehen zu können. Hierzu verweisen Pleschak & Sabisch (1996) auf allgemeine Methoden der Informationsgewinnung.

Nachdem das Problem als solches erkannt wurde, folgt eine Analyse des Problems, wie in Phase 0/1 beschrieben. Um die Ursachen der Problemstellung zu ermitteln, wird eine Analyse des Ist-Zustandes vorgeschlagen. Die Analyse verfolgt zusätzlich das Ziel, ein Verständnis für die vorhandenen Zusammenhänge, Widersprüche und Konflikte zu schaffen. Des Weiteren sind im Rahmen der Phase 0/2 Methoden zur Definition der zukünftigen Situation anzuwenden. Letzteres kann mittels Prognosetechniken oder Methoden zur Ermittlung von Gesetzmäßigkeiten und Tendenzen geschehen.

Im Rahmen der 1. Stufe erfolgt allgemein der Verweis auf generell anwendbare Kreativitätstechniken. Diese lassen sich hinsichtlich der Prinzipien der Ideenauslösung in Konfrontation/Abwandlung und systematische/ unsystematische Methoden untergliedern.

Die Methoden der Bewertung und Auswahl lassen sich allgemein in qualitative und quantitative Methoden untergliedern. Konkret werden Methoden wie Checklisten, Ja-nein-Entscheidungen, Nutzwertanalysen und Wirtschaftlichkeitsrechnungen benannt.

Eignung hinsichtlich Innovation

Der Prozess legt einen Schwerpunkt auf die Entwicklung von neuen Ideen und berücksichtigt diese in einer eigens dafür vorgesehenen Phase. Dort existieren auch konkrete Verweise zur Anwendung von kreativitätssteigernden Methoden. Die späte Einbindung von Forschung und Entwicklung als Umsetzer der Lösung zeigt, dass die Beschreibung der Ideen in diesem Bereich auf einer eher konzeptionellen Ebene abläuft. Dies bekräftigt den innovativen Charakter der Ideenfindung.

Der Prozess ist iterativ und prinzipiell auch für die Bearbeitung durch interdisziplinäre Teams geeignet. Letzteres ist abhängig von der Auswahl geeigneter Methoden.

Eignung hinsichtlich Arbeitsmittel

Der Prozess besitzt einen allgemeinen Charakter und ist daher auch auf die Entwicklung von Produktinnovationen anwendbar. Konkret fokussiert der Prozess auf wirtschaftliche Aspekte eines freien Marktes. Andere Kriterien konnten im Rahmen der Prozessbeschreibung und Methodenverweise nicht identifiziert werden. Allerdings definieren Pleschak & Sabisch (1996) Innovationen ohne echten Mehrwert für einen Nutzer als Scheininnovation. Es kann davon ausgegangen werden, dass auch nicht-wirtschaftliche Kriterien im Rahmen der Bewertung durchaus Verwendung finden können, zumal keine Einschränkungen der Probleme existieren.

Nach Seidel (2005) existieren Einschränkungen hinsichtlich der Innovationsart. Er sieht durch die späte Einbindung der Forschungs- und Entwicklungsabteilung Defizite

bei der Entwicklung von Radikalinnovationen, da er diese als wichtige Ideengeber für radikale Ideen sieht.

Eignung hinsichtlich Akzeptanz

Im Rahmen des Prozesses konnten während der Entwicklung direkte Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz gefunden werden. Im Rahmen der Markteinführung sollen die Diffusion und Adoptionsakzeptanz hinsichtlich des neuen Produktes durch Maßnahmen des Marketings gesteigert werden.

Die oben aufgeführten Bewertungen lassen sich wie in Tabelle 7 zusammenfassen:

Item	Bewertung	Begründung
Vollständigkeit der Unterstützung	+	Unterstützt von der Idee bis zum Markteintritt.
Detaillierungsgrad	o	Prozess fokussiert nicht auf eine bestimmte Anwendergruppe und ist daher sehr allgemein gehalten. Der Prozess weist hinsichtlich seiner Detaillierung Defizite in den späteren Phasen auf.
Förderung kreative Lösungen	+	Förderung der Kreativität durch eigene Stufe der Ideenfindung und -auswahl. Der Prozess verweist auf die Anwendung von Kreativitätstechniken und ist iterativ.
	-	Interdisziplinarität durch geeignete Methoden möglich.
Entwicklungsziel: Produkt	o	Allgemein beschriebener Innovationsprozess stellt ein Problem in den Mittelpunkt – hierbei könnte es sich u. a. auch um ein Produkt oder Arbeitsmittel handeln.
Akzeptanz	+	Marketingmaßnahmen gegen Ende des Innovationsprozesses geplant – allerdings keine direkten Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung während des Entwicklungsprozesses angedacht.

Tabelle 7: Zusammenfassende Bewertung des Innovationsprozesses nach Pleschak & Sabisch (1996) hinsichtlich seiner Eignung zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel

2.3.5. 3-Zyklen-Modell nach Gausemeier et al.

Das 3-Zyklen-Modell nach Gausemeier, Stoll & Wenzelmann (2007) fokussiert auf den Prozess der Produktentstehung. Das Modell soll dabei die Entwicklung von der Produkt-/Geschäftsidee bis hin zu einem erfolgreichen Markteintritt unterstützen. Erfahrungsgemäß lässt sich die Produktentstehung in der Praxis nicht in feste, strikt voneinander getrennte Phasen unterteilen. Vielmehr handelt es sich um ein Wechselspiel von Tätigkeiten. Um der Praxis gerecht zu werden, ist das Modell in drei parallel ablaufende, überlappende Hauptzyklen gegliedert (Gausemeier, Plass & Wenzelmann, 2009). Diese umfassen die strategische Produktplanung, die Produktentwicklung sowie die Prozessentwicklung für mechatronische und interdisziplinär geprägte Produkte. Nach Bircher (2005) eignet sich der Prozess insbesondere für die integrative Planung und Entwicklung innovativer Maschinenbauerzeugnisse. Dies führt er auf die iterative Vorgehensweise sowie die ganzheitliche Sichtweise, beginnend mit unternehmerischen Überlegungen bezüglich der Generierung von Produktideen, über deren Ausarbeitung und die Planung des Produktionssystems, bis hin zum Serienanlauf, zurück (vgl. Abbildung 12).

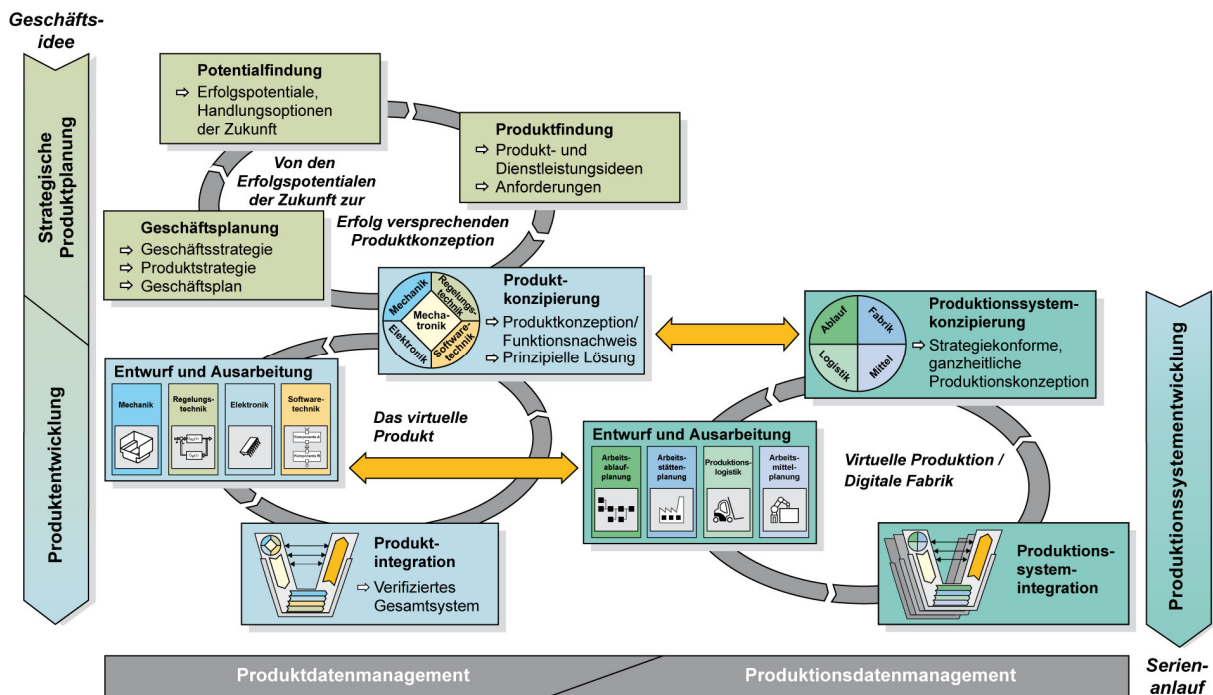


Abbildung 12: Innovationsprozess nach Gausemeier, Brandis & Kaiser (2010)

Im Folgenden werden die drei Zyklen sowie die darin enthaltenen Tätigkeitsfelder näher erläutert.

1. Zyklus: Von den Erfolgspotentialen der Zukunft zur Erfolg versprechenden Produktkonzeption

Ziel des ersten Zyklus ist die Definition einer Erfolg versprechenden Produktkonzeption in Form einer prinzipiellen Lösung. Hierzu ist die Bearbeitung der Bereiche Potentialfindung, Produktfindung, Produktkonzipierung und Geschäftsplanung notwendig.

Die **Potentialfindung** hat die Aufgabe, neue Ideen und Geschäftsfelder durch das Aufdecken zukünftiger Potentiale und Handlungsalternativen zu identifizieren. Die angeschlossene **Produktfindung** dient der Suche, Auswahl und Erschließung neuer Produkte und Dienstleistungen. Dies schließt auch die Ermittlung von Möglichkeiten mit ein, welche die zuvor identifizierten Potentiale nutzbar machen. Im Rahmen der **Produktkonzipierung** wird die Prinziplösung erstellt. Diese beruht auf der Festlegung physikalischer Eigenschaften und Funktionsweisen, aufbauend auf Anwendung, Umfeld und daraus resultierenden Anforderungen. Somit definiert dieser Schritt die wesentlichen Eigenschaften und Merkmale des zukünftigen Produkts. Letzte Phase des Zyklus bildet die sogenannte **Geschäftsplanung**. Sie dient der frühzeitigen Berücksichtigung der identifizierten Chancen und Risiken in der strategischen Ausrichtung des Unternehmens und bildet gleichzeitig einen abschließenden Kontrollmechanismus hinsichtlich des potenziellen Erfolgs. Zu den strategischen und administrativen Aufgaben gehören die Definition der grundlegenden Geschäftsstrategie und die Festlegung der zu bearbeitenden Marktsegmente. Auf Basis dessen wird eine Produktstrategie abgeleitet. Die hier zu berücksichtigenden Eckpunkte sind Aussagen zum Produktprogramm, Strategien zur wirtschaftlichen Bewältigung der vom Markt geforderten Produktvarianten, Festlegung der einzusetzenden Technologien, und die Planung der Produktpflege über den gesamten Produktlebenszyklus (Gausemeier, 2013).

2. Zyklus: Das virtuelle Produkt

Die Kernaufgabe des zweiten Zyklus ist die Entwicklung der prinzipiellen Lösung. Unter Zuhilfenahme rechnergestützter Konstruktionsprogramme, welchen dieser Zyklus seinen Namen verdankt, werden die Lösungen weiter konkretisiert. Das Entwerfen und Ausarbeiten erfolgt dabei durch Fachleute verschiedenster Disziplinen, da für moderne Maschinenbauerzeugnisse häufig interdisziplinäres Wissen aus den Bereichen der Mechanik, der Steuerungs- und Regelungstechnik, der Elektronik sowie der Softwaretechnik benötigt wird. Nach der Ausarbeitung erfolgt die Integration der ausgearbeiteten Lösung in das Gesamtsystem.

3. Zyklus: Virtuelle Produktion / Digitale Fabrik

Der letzte Zyklus befasst sich mit der Konzipierung des Produktionssystems für die prinzipielle Lösung, welche, zusammen mit der Produktlösung, immer weiter konkretisiert wird. Dieser Zyklus beinhaltet die Fertigungs- bzw. Arbeitsplanung nach AWF/REFA (REFA-Verband, 1991). Diese fordert neben der Betrachtung der Produktionslogistik eine Arbeitsablaufs-, Arbeitsmittel- und Arbeitsstättenplanung. Dabei werden die Elemente, zusammen mit der Detaillierung des Produktes, immer weiter konkretisiert. Den Abschluss des Zyklus bildet die erfolgreiche Integration des Produktionssystems, welches den Übergang zur Fertigung darstellt.

Bei dem beschriebenen Modell handelt es sich um ein Managementmodell, welches einen Überblick über alle notwendigen Tätigkeiten, von der Idee bis zum Serienanlauf, aufzeigen soll. Dabei wird der 1. Zyklus, welcher sich mit der strategischen Produktplanung befasst, ausführlich mit anwendbaren Methoden hinterlegt. Bei den anderen Zyklen liegen Verweise und Andeutungen zur Verwendung konkreterer Prozessmodelle vor. So wird für den zweiten Zyklus auf die Verwendung des in VDI-Richtlinie 2206 beschriebenen V-Modells verwiesen

(T. E. Braun, 2005) und für den dritten Zyklus auf die Fertigungs- bzw. Arbeitsplanung nach AWF/REFA. Die Prozessmodelle in diesen Zyklen scheinen jedoch austauschbar, weshalb im Folgenden lediglich auf die Methoden des ersten Zyklus eingegangen wird.

Im Rahmen der Potentialfindung verweisen Gausemeier et al. (2007) auf Methoden wie die Szenario-Technik, die Delphi-Studie und die Portfolio-Analyse. Während Letztere den Fokus auf die Kernkompetenzen des Unternehmens richtet, handelt es sich bei der Szenario-Technik und der Delphi-Vorhersage um Prognosetechniken. Ziel ist es, durch deren Anwendung ein möglichst realistisches Zukunftsszenario zu ermitteln. Hier sind enorme Kenntnisse über das globale Umfeld des Unternehmens inkl. Branchenumfeld, Markt, Lieferanten und Kunden notwendig.

In der Phase der Produktfindung erfolgt ein Verweis auf übliche Kreativitätstechniken und Methodensammlungen, wie z. B. Brainstorming, Analogiebildung, laterales Denken nach de Bono oder TRIZ. Darüber hinaus sind auch Verfahren der Technologieplanung, wie z. B. Technologie Roadmaps zur systematischen Generierung von Produktideen, geeignet (Eversheim, 2003; Westkämper & Balve, 2003).

Zur Durchführung der Geschäftsfeldplanung wird das VITOSTRA-Verfahren empfohlen. Es soll Unternehmen dabei unterstützen, Geschäfts- und Produktionsstrategien diskursiv zu entwickeln. Dabei soll die Durchführung von spezifischen Aktivitäten, wie z. B. Konsistenzanalysen, dem Unternehmen helfen, sich vorteilhaft auf dem Markt zu platzieren (Gausemeier & Bätzel, 2004).

Als Methode wird ebenfalls eine vom Heinz Nixdorf Institut entwickelte Innovationsdatenbank zur Unterstützung der strategischen Produktplanung beschrieben. Diese wird im Kapitel 2.4.3.1 ausführlich erläutert.

Eignung hinsichtlich Innovation

Der Prozess lässt die wesentlichen Elemente eines Innovationsprozesses erkennen und eignet sich nach Bircher (2005) zur Erzeugung innovativer Produkte. Dies kann insbesondere auf den ersten Zyklus, das Front-End, zurückgeführt werden. Der Prozess ist iterativ und für die Bearbeitung durch fachübergreifende Teams ausgelegt. Das strukturierte Vorgehen zur Erzeugung von Ideen und die Berücksichtigung von relevanten Umfeld-Informationen helfen dabei, Kreativität und innovative Ideen gezielt zu fördern. Durch die Fokussierung auf die Entwicklung neuerer Ideen sind alle Arten von Innovationen möglich. Der Prozess ist umfassend beschrieben und liefert einen Überblick über alle relevanten Phasen bis hin zur Markteinführung. Der erste Zyklus wird dabei weitaus intensiver thematisiert als die darauffolgenden.

Eignung hinsichtlich Arbeitsmittel

Der Prozess besitzt einen universellen Charakter und ist allgemein auf Produkte und Dienstleistungen anwendbar. Der Fokus der Produkte liegt dabei auf mechatronischen Komponenten. Der Fokus schließt die Anwendung des Prozesses auf Arbeitsmittel nicht aus. Für die Übertragbarkeit ist jedoch die Auswahl der richtigen Methoden und Strategien erforderlich. Eine direkte Übertragbarkeit scheint aktuell nicht gewährleistet zu sein, da die angebotenen Methoden stark marktgetrieben sind.

Eignung hinsichtlich Akzeptanz

Im Rahmen der Potentialfindung werden alle relevanten Stakeholder im Rahmen der Szenariotechnik berücksichtigt. Hierzu zählen auch die Kunden und deren Bedürfnisse. Müller-Stewens & Lechner, (2011) weisen darauf hin, dass die Beziehungen zu den Stakeholder aktiv zu gestalten sind und dass sie in das Zielsystem des Unternehmens aufzunehmen sind. Zudem beschreibt er den Zusammenhang von Erfolg und Bedürfnissen der relevanten Anspruchsgruppen (Stakeholder). Im Rahmen der analysierten Literatur konnten keine konkreten Hinweise gefunden werden, die aussagen, wie die Gestaltung der Kundeneinbeziehungen konkret aussehen könnte. Somit konnten auch keine akzeptanzsteigernden Maßnahmen identifiziert werden.

Die zuvor aufgeführten Bewertungen lassen sich wie in Tabelle 8 zusammenfassen:

Item	Bewertung	Begründung
Vollständigkeit der Unterstützung	+	Unterstützung aller Phasen bis hin zum Markteintritt in Form der Serienfertigung
Detaillierungsgrad	o	Prozess ist zwar umfassend beschrieben, wird aber in den einzelnen Phasen wenig konkret.
Förderung kreative Lösungen	+	Prozess der Ideengenerierung wird im Rahmen des Prozesses strukturiert aufgegriffen.
	o	Interdisziplinäre Teams und iteratives Vorgehen werden unterstützt.
Entwicklungsziel: Produkt (auch radikal)	o	Der Prozess ist anwendbar auf Produkte. Eine direkte Anwendung auf Arbeitsmittel ist aufgrund des rein wirtschaftlichen Wertesystems nicht möglich. Eine Berücksichtigung von humanitären Zielen kann im Rahmen der Strategie erfolgen.
Akzeptanz	o	Keine konkreten akzeptanzsteigernden Maßnahmen vorhanden – die Anwendung dieser ist jedoch theoretisch möglich.

Tabelle 8: Zusammenfassende Bewertung des 3-Zyklus-Modells hinsichtlich seiner Eignung zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel

2.4. Kataloge

Allgemein handelt es sich bei Katalogen um ein Synonym für einen Informationsspeicher oder eine Lösungssammlung (VDI Richtlinie 2222, Blatt 2, 1982), welche nach einem bestimmten System oder Verzeichnis geordnet ist (Duden, 2013). Systematisch aufbereitete Lösungssammlungen und Systeme mit ähnlichem Charakter sind beliebte Hilfsmittel zur Unterstützung des Entwicklungsprozesses.

Im Rahmen des folgenden Kapitels werden sowohl Konstruktionskataloge als auch mit Systematisierungen verknüpfte Lösungssammlungen aus den Bereichen der Produktentwicklung, des Technologiemanagements und des Innovationsmanagements betrachtet. Für die Arbeit sind insbesondere die Aufbereitung des Lösungsraums, die Strukturierung sowie die Anpassung an die Methodik relevant.

2.4.1. Produktkataloge

Bei Produktkatalogen wie z. B. Zuliefererkatalogen handelt es sich um eine geordnete Sammlung von Produkten oder auch Dienstleistungen. Sie existieren in diversen Erscheinungsformen, etwa in Form von Blätterkatalogen, digitalen Katalogen oder Datenbanken. Die den Katalogen zugrunde liegenden Ordnungssysteme haben beschreibenden und gliedernden Charakter. Ziel aller Kataloge ist es, einen potenziellen Kaufinteressenten bei der Auswahl einer für ihn geeigneten Lösung zu unterstützen. Zur Differenzierung der einzelnen Produkte untereinander dienen geeignete Produktdaten. Dabei entsteht jedoch häufig ein Zielkonflikt zwischen Kundenindividualität und Standardisierung.

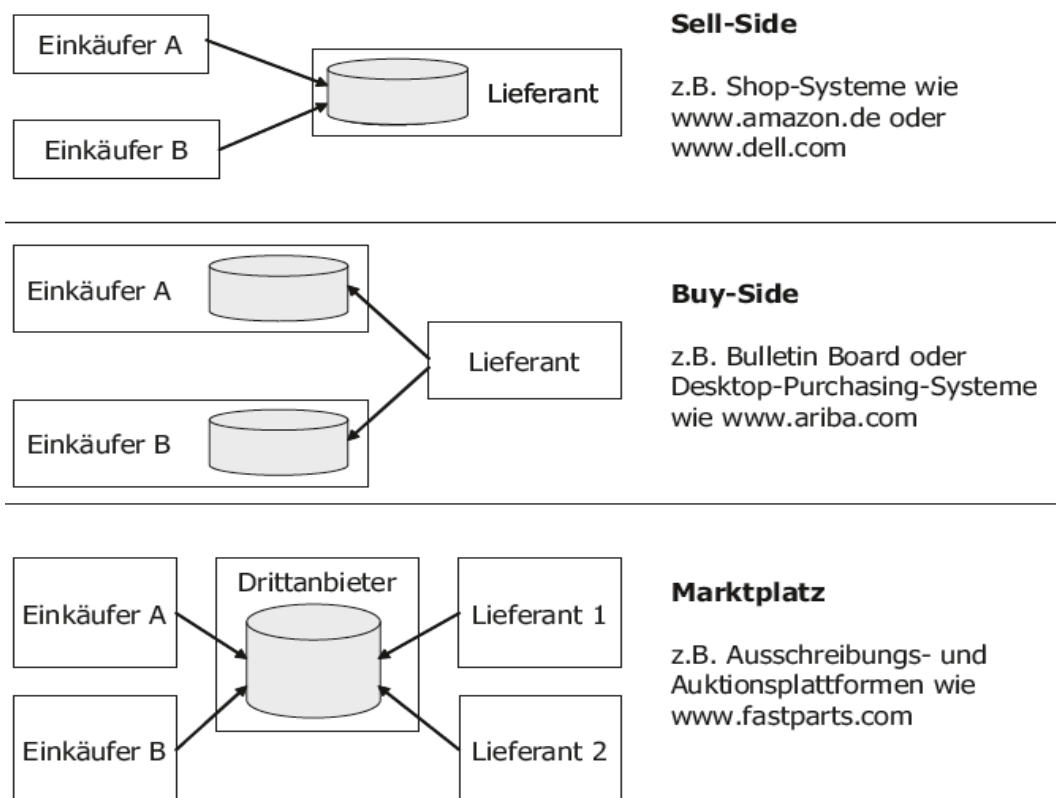


Abbildung 13: Grundlegende Marktmodelle für elektronische Katalogsysteme (Meier & Stormer, 2008)

Nach Meier & Stormer (2008) kann zwischen den Marktmodellen nach Sell- und Buy-Side sowie Marktplatz unterschieden werden. Sell- und Buy-Side beschreiben anbieterabhängige Kataloge. Die Sell-Side repräsentiert dabei die Sichtweise des Lieferanten, die Buy-Side die Kundenseite (vgl. Abbildung 13).

Anbieterabhängige Kataloge enthalten lediglich die Produkte eines einzelnen Lieferanten. Der Aufbau ist stark durch das angebotene Produktportfolio beeinflusst (Faatz, Geise, Steinacker & Steinmetz, 2004; Keutgen, 2000).

Katalogsysteme des Marktplatzes sind anbieterunabhängig aufgebaut. Ein Drittanbieter fungiert als Vermittler zwischen unterschiedlichen Kunden und Lieferanten. Der Drittanbieter versucht, ähnliche Produkte auf ähnliche Art und Weise darzustellen, sofern dies zweckdienlich und möglich ist. Es wird versucht, durch Lieferantenübergreifende Bewertungskriterien und Vergleichsmöglichkeiten einen Mehrwert gegenüber den anbieterabhängigen Katalogsystemen zu schaffen.

2.4.1.1. Aufbau und Systematisierung von Produktkatalogen

Ziel von Produktkatalogen ist es, den Kunden beim Auffinden von bestimmten Elementen, Baugruppen etc. zu unterstützen. Des Weiteren dienen Produktkataloge indirekt der Verwaltung von Elementen und Entscheidungen. Der Aufbau orientiert sich dabei an zweckgebundenen Auswahl- und Abfragekriterien, ergänzt durch relevant erscheinende Detailangaben, wie beispielsweise dem Preis (Meier & Stormer, 2008).

Häufig ist die Aufbereitung der Kataloginhalte stark technologieabhängig oder durch unternehmensspezifische Verwaltungswerkzeuge beeinflusst (Henninger, 1997; Heß & Scheer, 2002; Ostertag, Hendler, Díaz & Braun, 1992; Prieto-Diaz & Freeman, 1987). Im Folgenden werden technologieunabhängige Möglichkeiten der Beschreibung von Anwendungselementen erläutert.

2.4.1.1.1. Terminologie

Viele erfolgreiche technische Ordnungssysteme lassen sich auf die Normierung einer anwendungsspezifischen Fachsprache zurückführen. Zum Einsatz kommt ein hierarchisches Begriffssystem, bei dem zwei Hauptformen von Begriffsbeziehungen unterschieden werden können: Abstraktionsbeziehungen und Bestandsbeziehungen (DIN 2330, 2013; Keutgen, 2000).

Die Abstraktionsbeziehungen beschreiben eine „teilweise Übereinstimmung zwischen den Begriffsinhalten des engeren Begriffs (Unterbegriff) und des weiteren Begriffs (Oberbegriff)“ (DIN 2330, 2013). Bestandsbeziehungen hingegen beschreiben einen „übergeordneten Begriff (Verbandsbegriff) auf einen Gegenstand als Ganzes und die untergeordneten Begriffe (Teilbegriffe) [...] auf die Teile dieses Gegenstands“ (DIN 2330, 2013).

In der Regel werden die Beschreibungen durch Beschaffenheitseigenschaften, Eigeneigenschaften und strukturbezogene Merkmale ergänzt (Keutgen, 2000), um einen effizienten Informationszugriff gewährleisten zu können. Dabei besitzen die strukturbezogenen Merkmale einen assoziativen Charakter, der eine Vorstellung über das beschriebene Objekt vermitteln

soll. So verwendet beispielsweise das Internetkaufhaus Amazon.de, als Vertreter der Sell-Side, ein terminologiebasiertes Systematisierungssystem, wie Abbildung 14 verdeutlichen soll.



Abbildung 14: Screenshot eines Onlinekatalogs – Systematisierungen anhand von Über- und Unterbegriffen (Amazon, 2013)

2.4.1.1.2. Sachmerkmal-Leisten

Eine weitere, im Ingenieurbereich etablierte und weitverbreitete Möglichkeit zur Systematisierung von Objekten stellt die den Normen der Reihe DIN 4000 zugrunde gelegte Methodik der Sachmerkmal-Leiste dar. Sie ist der Methode der semantischen Komposition zugeordnet und bietet die Möglichkeit, genormte und nicht genormte, materielle und immaterielle Gegenstände, die einander ähnlich sind, in Klassen zusammenzufassen, diese voneinander abzugrenzen oder einzelne Elemente aufgrund ihrer Eigenschaften gezielt und effizient auszuwählen (DIN 4000-1, 2012). Der Fokus der Sachmerkmal-Leiste liegt dabei nicht auf der Darstellung in Form eines Katalogs, sondern vielmehr auf der Beschreibung von formal und begrifflich einheitlichen Eigenschaftsvektoren.

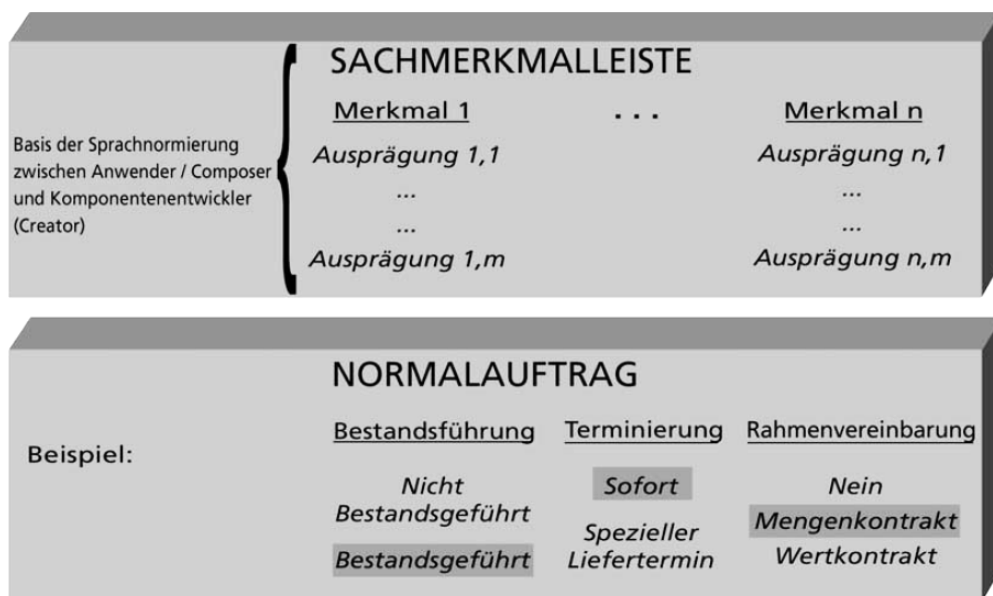


Abbildung 15: Aufbau und mögliche Inhalte einer Sachmerkmal-Leiste (Lang, 2005)

Basis einer Sachmerkmal-Leiste bilden dabei die beschreibenden und strukturbezogenen Merkmale. Jedes Merkmal repräsentiert dabei eine Gruppe von Eigenschaften, die einen zuvor definierten Zustand, eine sogenannte Merkmalsausprägung, annehmen kann (vgl. Abbildung 15). Sachmerkmal-Leisten stellen somit eine Beschreibung von Eigenschaften, ähnlich einem Eignungsprofil, dar.

Im Konstruktionsprozess wird die Auswahl durch die Festlegung von gewünschten Merkmalsausprägungen definiert. Je vollständiger die Vorstellung der Lösungseigenschaften, umso stärker ist die daraus resultierende Einschränkung des Suchraums. Sofern keine vorhandene Lösung den Anforderungen genügt, können die in der Sachmerkmal-Leiste definierten Eigenschaften einen konkreten Entwicklungsauftrag darstellen. Durch den Aufbau einer Sachmerkmal-Leiste ist implizit auch die Darstellung von alternativen Lösungen, z. B. durch gezielte Veränderungen von Wunsch-Merkmalen, möglich. Die Darstellung fokussiert dabei auf die Darstellung der für den Konstruktionsprozess relevanten, expliziten Eigenschaften. Die Anzeige von impliziten Eigenschaften ist nach Bedarf ebenfalls möglich. Die Anzahl der vorhandenen expliziten Merkmale ist dabei abhängig vom angebotenen Sortiment. Dabei ist es notwendig, dass sich die Lösungen durch die definierten Merkmalsausprägungen unterscheiden. Eine Abbildung von unterschiedlichen Produkten und Technologien ist mithilfe abhängiger Merkmalsausprägungen möglich.

Sachmerkmal-Leisten sind nach DIN 4000-1 (2012) als vollständige Spezifikation nicht ausreichend und ersetzen daher keine Anforderungsdokumente. Der Detaillierungsgrad sollte dem vorgesehenen Verwendungszweck angemessen sein. In der Praxis stellt sich die Identifikation von relevanten Merkmalen als besondere Herausforderung dar. Sie ist abhängig von vielen Faktoren, wie beispielsweise von der Erfahrung des Anwenders etc.

2.4.1.2. Zusammenfassung von Produktkatalogen

Produktkataloge sind Sammlungen von Produkten oder Dienstleistungen unterschiedlichster Art. Die meisten Kataloge werden bei Einkäufer-Lieferanten-Beziehungen eingesetzt. Demzufolge verfolgen sie das Ziel, den Anwender zum Kauf der enthaltenen Produkte anzuregen. Hierzu sind eine entsprechende Repräsentation der Produkte sowie die Darstellung von relevanten Informationen notwendig, um eine Entscheidung herbeiführen zu können.

Im Rahmen der Produktentwicklung können Produktkataloge eingesetzt werden, um kauffertige Lösungen für bestimmte Probleme zu erwerben. Um den Anwender bei der Auswahl eines geeigneten Produktes zu unterstützen, existieren diverse Ordnungsschemata. Die gebräuchlichsten lassen sich auf die Klassifizierung von Produkten mittels Terminologie und/oder mittels Produkteigenschaften zurückführen.

Die vorgestellte Systematik der Terminologien erfüllt dabei eher einen gliedernden Charakter. Sie ist insbesondere dann sinnvoll, wenn der Entwickler noch keine konkrete Vorstellung von einer bestimmten Lösung und von deren Eigenschaften hat. Eine Auswahl einer konkreten Lösung kann unter Zuhilfenahme der beigefügten Beschreibungen, welche an die Fachsprache des Anwenders angelehnt sein sollten, erfolgen.

Der analogiebasierte Ansatz der Terminologie ist nicht immer eindeutig. Ein schnelles Finden einzelner Einträge ist nur möglich, wenn das mentale Modell von Anwender und Katalog kompatibel ist. Für das Ziel einer innovativen Lösung kann diese Schwäche einen Vorteil bedeuten, da die Auswahl einzelner Lösungen über eine analogiebasierte Gliederung dazu führen kann, dass Querbeziehungen zu anderen Objekten hergestellt werden, an die ursprünglich nicht gedacht wurde.

Bei den Sachmerkmal-Leisten handelt es sich um ein genormtes und etabliertes System, das ein schnelles Filtern des Datenpools nach Produkten mit bestimmten Eigenschaften ermöglicht. Hierzu benötigt der Entwickler eine konkrete Vorstellung über die benötigten Produkteigenschaften. Dabei kann sich der Entwickler an den den Merkmalen zugeordneten Ausprägungen orientieren.

Die Auswahl führt zu einer starken Einschränkung des Suchraums und, im Idealfall, direkt zur Auswahl einer einzelnen Lösung. Sachmerkmal-Leisten sind in der Regel stark abhängig von der Unternehmensstruktur und von deren Portfolio, und besitzen dadurch keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Inwieweit sich die zugrunde gelegte Systematik der Sachmerkmal-Leiste zur Identifizierung innovativer Arbeitsmittel, insbesondere im Bereich der Radikalinnovation, eignet, ist stark von deren Umsetzung abhängig. Es müssen Mittel und Wege gefunden werden, um entwicklungsrelevante Eigenschaften technologieunabhängig in ausreichender Tiefe zu beschreiben. Dabei ist darauf zu achten, dass die Merkmale auf die entsprechende Anwendergruppe angepasst sind.

2.4.2. Konstruktionskataloge

Konstruktionskataloge gehören zu den diskursiv betonten Methoden. Sie sind Informationsspeicher, die dem Konstrukteur als Nachschlagewerk dienen sollen. Hierzu stehen kontextabhängige Inhalte, wie Checklisten oder auf mehreren Ebenen aufbereitete Lösungssammlungen, zur Verfügung. Der Aufbau ist hinsichtlich Inhalt und Zugriffsmöglichkeit der Aufgabe des methodischen Konstruierens angepasst (Roth, 1994). Durch die Anpassung der Methode an das methodische Vorgehen berücksichtigen Konstruktionskataloge alle problem-, nutzer- und organisationsorientierten Anforderungen für eine praxisgerechte Anwendung (Völckers, 1978). Dadurch sind sie in der Lage, kleinere oder größere Abschnitte des Konstruktionsprozesses zu überbrücken.

Wesentliche Vorteile von Konstruktionskatalogen sind:

- ein schneller Informationszugriff,
- bequeme Handhabung,
- Gültigkeit für einen großen Nutzerkreis,
- Anpassung an Konstruktionsablauf und konstruktionsmethodische Gesichtspunkte und Verfahren möglich,
- interne und externe Widerspruchsfreiheit und Vollständigkeit in gesetzten Grenzen,
- Anpassungs- und Erweiterungsfähigkeit.

Das Ziel von Konstruktionskatalogen liegt darin, Konstrukteuren schnellen und effizienten Zugriff auf relevante Informationen zu liefern. Die Sammlung von bekannten und umgesetzten Lösungen soll dem Entwickler bei der Lösung seiner konstruktiven Probleme helfen. Es wird davon ausgegangen, dass die Qualität der Lösung durch die Betrachtung von Alternativen (Lindemann, 2009) erhöht wird. Im Idealfall ist der Konstrukteur in der Lage, eine Lösung direkt zu übernehmen. Wenn nicht, dann kann davon ausgegangen werden, dass die Betrachtung von Lösungsalternativen anregend auf den Entwickler wirkt. Die Verwendung führt dadurch schnell zu Lösungsvorschlägen, die weiterentwickelt oder angepasst werden müssen (Czichos & Hennecke, 2008). Nach (Pahl, Beitz, Feldhusen & Grote, 2006; Roth, 2000) eignen sich Konstruktionskataloge insbesondere dann, wenn keine innovativen Ideen gefordert sind.

Darüber hinaus können sie zur Reduzierung der Aufgabenkomplexität genutzt werden. Die Verwendung von Katalogen schränkt den Umfang bei der Lösungssuche durch die Auswahl von Standardlösungen erheblich ein (Moritz, 2009).

Konstruktionskataloge existieren sowohl in papier- als auch in rechnergestützter Form (vgl. Derhake, 1990). Im letzten Fall entspräche dies einer Datenbank. Wesentlicher Vorteil dieser, gegenüber der Papierversion, liegt in der maschinellen Filterung der Lösungen, welche mehrere Kriterien gleichzeitig erfüllen.

2.4.2.1. Aufbau und Systematisierung von Konstruktionskatalogen

Konstruktionskataloge besitzen eine klar gegliederte Systematik und bestehen im Wesentlichen aus vier Elementen (vgl. Abbildung 16).

Gliederungsteil			Hauptteil			Zugriffsteil					Anhang		
1	2	3	1	2	Nr.	1	2	3	4	5	1	2	3
					1								
					2								
					3								
					4								
					5								
					6								
					7								

Abbildung 16: Eindimensionaler Konstruktionskatalog (Roth, 1994)

Gliederungsteil

Der Gliederungsteil ist wesentlicher Teil der Systematik. Er untergliedert die Lösungen in Form einer hierarchischen Struktur in ordnende Elemente. Die sich aufspannende Gliederung ist ganzheitlich vollständig. Sie dient der schnellen Einschränkung des Suchfelds.

Die der Gliederung zugrunde liegende Systematik ist dabei stark abhängig von dem betrachteten System. Aus diesem Grund schlägt VDI Richtlinie 2222, Blatt 2 (1982) vor, bei der Erstellung der Gliederung zunächst die Inhalte für den Hauptteil zu definieren und, aufbauend auf der so entstandenen Lösungssammlung, eine Analyse nach ordnenden Elementen durchzuführen und fehlende Lösungen später anhand der Gliederung gezielt zu suchen.

Hauptteil

Im Hauptteil werden die eigentlichen Inhalte des Katalogs beschrieben. Die Beschreibung kann, neben einer textuellen Beschreibung, auch Zeichnungen und Skizzen enthalten. Es können drei Arten von Konstruktionskatalogen unterschieden werden.

Objektkataloge liefern grundlegende, allgemeine Sachverhalte. Die Inhalte sind u. a. „physikalischer, geometrischer, technologischer und stoffkundlicher Natur“ (VDI Richtlinie 2222, Blatt 2, 1982). Damit lassen sich z. B. physikalische Effekte oder Oberflächeneigenschaften beschreiben.

Operationskataloge liefern Verfahren und Verfahrensschritte, welche in den entsprechenden Phasen des Konstruktionsprozesses anwendbar sind. Die Operationen sind mit notwendigen Kriterien und Bedingungen verknüpft. Inhalte können beispielsweise Verfahren zur Lösungsauswahl oder für Berechnungen sein, die im Rahmen der Konstruktion benötigt werden (VDI Richtlinie 2222, Blatt 2, 1982).

Zudem existieren sogenannte Lösungskataloge. Diese beinhalten Funktionen oder Lösungen, die zur Bewältigung einer konkreten Aufgabe benötigt werden. Sie werden häufig in Funktionsklassen aufgeteilt (VDI Richtlinie 2222, Blatt 2, 1982). Abbildung 17 zeigt die unterschiedlichen Ebenen, in denen die einzelnen Funktionsklassen für die einzelnen Phasen des Konstruktionsprozesses aufbereitet vorliegen können. Des Weiteren lässt die Abbildung das Zusammenspiel der drei Katalogarten erkennen. Dies verdeutlicht zudem, wie Konstruktionskataloge den gesamten Konstruktionsprozess unterstützen können.

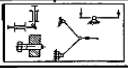
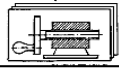
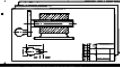
Objektkataloge	Operationskataloge	Konstruktionsablauf gemäß Vorgehensplan			Lösungskataloge
		Phase	Einzelschritte, Tätigkeiten	Ebene	
	z.B. Regeln für Analyse der Systemumgebung	Konzipieren	Aufgabenstellung klären	1	
z.B. Technische Bewertungsmerkmale					Präzise Aufgabenstellung, Anforderungsliste
	z.B. Regeln für das Abstrahieren		Gesamtfunktion abstrahieren u. aufgliedern	2	
z.B. Allgemeine Funktionen				Funktionsstruktur (Teilaufgaben)	z.B. Kraft verstärken Kraft verstärken Kraft verstärken Kraft verstärken
	z.B. Kombinationsoperationen für Effekte	Konzipieren	Physikalische Lösungsprinzipie suchen	3	
z.B. Physikalische Effekte				Physikalisches Lösungsprinzip	z.B. Hebeleffekt Keileffekt Impulseffekt
	z.B. Operationen für Gestaltvariation	Konzipieren	Anordnungsprinzipie und Material suchen	4	
z.B. Kinematische Ketten mit bis zu 10 Gliedern				Geometrisch materielles Lösungsprinzip	z.B. 
	z.B. Gestaltungsregeln für Druckgußteile	Entwerfen	Entwerfen	5	
z.B. Halbzeuge				Maßstäblicher Entwurf	z.B. 
	z.B. Regeln für Toleranzauslegung	Ausarbeiten	Ausarbeiten	6	
z.B. Wälzlager				Zeichnungen, Stückliste	z.B. 

Abbildung 17: Gegenüberstellung von Katalogarten, Inhalten und Konstruktionsablauf (VDI Richtlinie 2222, Blatt 2, 1982)

Zugriffsteile

Der Zugriffsteil beinhaltet eine Auflistung der wesentlichen Eigenschaften und Merkmale einer Lösung. Indirekt können die Zugriffsmerkmale als Sachmerkmal-Leisten betrachtet werden (Lang, 2005). Sie ermöglichen nicht nur einen direkten Zugriff auf die wesentlichen Merkmale der Lösung, sondern auch den Vergleich dieser untereinander. Die Zugriffsmerkmale ermöglichen eine schnelle und diskursive Auswahl einer Lösung.

Konstruktionskataloge lassen sich hinsichtlich der Dimensionalität des Zugriffsteils in ein-, zwei- und mehrdimensionale Kataloge untergliedern. Während bei einem eindimensionalen Katalog die Zugriffsmerkmale als Liste verstanden werden können, ist der Zugriffsteil eines zweidimensionalen Katalogs in Form einer Matrixdarstellung aufgebaut (vgl. Abbildung 18).

Gliederungs- und Zugriffsteil	I							
	II	Nr.	1	2	3	4	5	6
	1							
	2							
	3		Kataloginhalt (Hauptteil)					
	4							
	5							
	6							
	...							

Abbildung 18: Zweidimensionaler Konstruktionskatalog (Roth, 1994)

Dabei verschmelzen Gliederungs- und Zugriffsteil miteinander. So lassen sich z. B. für die Funktion „Energie wandeln“ auf der Ordinate Zugriffsmerkmale darstellen, die die Eingangsgrößen (z. B. Energieform) abbilden, wohingegen sich auf der Abszisse Eigenschaften darstellen lassen, die den Output betreffen. Die kompaktere Darstellung ermöglicht es, Lösungen, die zwei „Anforderungen“ gleichzeitig erfüllen, schneller zu identifizieren.

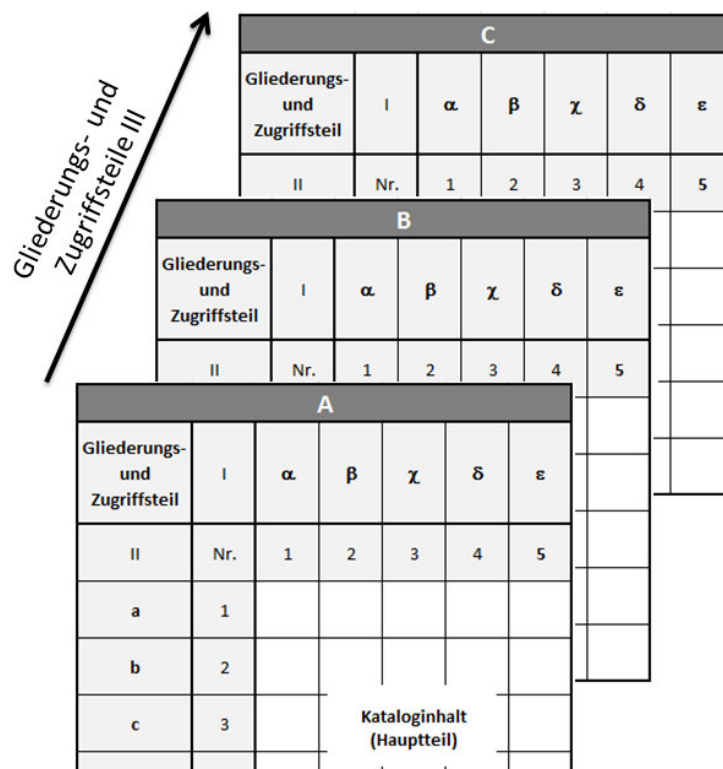


Abbildung 19: Konstruktionskatalog mit dreidimensionalem Gliederungsteil und in den Gliederungsteil aufgenommenem Zugriffsteil (Roth, 1994)

Eine Zusammenfassung aus mehreren zweidimensionalen Katalogen (Abbildung 19) zu einem neuen System wird als drei- oder mehrdimensionaler Katalog bezeichnet. Mit seiner Hilfe können Inhalte ermittelt werden, die drei oder mehr Anforderungen gleichzeitig gerecht werden.

Anhang

Letztes Element eines Konstruktionskataloges bildet ein Anhang. Dieser enthält weiterführende Informationen in Form von Verweisen zu Referenzstellen, Bemerkungen oder Ergänzungen.

2.4.2.2. Zusammenfassung von Konstruktionskatalogen

Lösungsideen für konstruktive Probleme sind in Büchern, Prospekten, Zeitschriften oder Firmenkatalogen in vielfacher Ausführung vorrätig. Das Problem liegt in der Vergleichbarkeit der Lösungen, Beschreibungen und Darstellungsweisen untereinander (Böge, 2007).

Konstruktionskataloge lösen diese Herausforderung, indem einzelne Lösungen einheitlich und in einer firmen- und branchenunabhängigen Darstellungsweise aufbereitet werden. Die Aufbereitung sieht zudem unterschiedliche Ebenen der Konkretisierung und Komplexität, angepasst an den Konstruktionsprozess, vor. Dadurch ist es möglich, einzelne Phasen des Konstruktionsprozesses an den Konstruktionskatalog auszulagern. Im Idealfall bietet der Konstruktionskatalog dem Entwickler eine fertige Lösung, die er direkt adaptieren kann. Dadurch, dass er die Lösung nicht selbst erdenken muss, sondern der Katalog dies für ihn bereits getan hat, entsteht eine Zeitersparnis. Der Konstrukteur wird demnach effizienter. Er wird effektiver, da er mehrere Lösungen betrachten und mithilfe der Zugriffsmerkmale die für das Problem geeignetste Lösung qualitativ auswählen kann. Bei der Auswahl handelt es sich um ein eher diskursives Vorgehen, was den Einfluss durch den Erfahrungsschatz des Entwicklers mindert. Zudem mindert das im Katalog enthaltene Wissen, in Form von wichtigen Merkmalen und Eigenschaften, das Risiko einer Fehlentscheidung. Die konzentrierte Darstellung der Lösungsvarianten kommt dabei der limitierten Behaltens- und Abruffähigkeit des menschlichen Gedächtnisses entgegen.

Die Gliederung der Konstruktionskataloge besitzt einen ganzheitlich vollständigen Charakter. Dadurch eignen sich Konstruktionskataloge dazu, innovative Lösungen in Form von weißen Feldern zu identifizieren. Dabei zeigen sie lediglich an, dass in diesen Bereichen keine Lösungselemente bekannt sind (Wördenweber & Wickord, 2008). Sie liefern aber keine Unterstützung bei deren Entwicklung.

Die Anwendung ist jedoch an das Vorhandensein eines entsprechenden Katalogs für das betrachtete Problem gebunden (Böge, 2007). Die aktuell existierenden Konstruktionskataloge lassen sich nach Lindemann (2009) den folgenden Bereichen zuordnen:

- Verbindungstechnik,
- physikalische Effekte und Funktionen,
- Führungen und Lagerungen,

-
- Antriebstechnik,
 - Kraftleitung,
 - Kinematik,
 - Getriebe und Getriebelehre,
 - Sicherheitstechnik,
 - Ergonomie (Anzeigen und Bedienteile).

Für die Anwendung auf Arbeitsmittel erscheinen in erster Linie die Kategorien der Sicherheitstechnik und der Ergonomie relevant. Die Kataloge der Sicherheitstechnik beschreiben dabei lediglich allgemeingültige Gefahrenstellen und Schutzeinrichtungen, wohingegen sich die Kataloge der Ergonomie allein auf Anzeigen und Bedienelemente beziehen. Letzteres kann als Teil eines Arbeitsmittels, insbesondere für den Bereich der Mensch-Maschine-Schnittstelle, angesehen werden. Die Konstruktionskataloge umfassen jedoch lediglich einen kleinen Teil des Gesamtsystems.

2.4.3. Rechnergestützte Katalogsysteme zur Unterstützung von Innovationen

Innovationsdatenbanken wurden ursprünglich dazu eingesetzt, Produktideen sinnvoll und systematisch zu erfassen.

Die Phase der Ideengenerierung liefert häufig eine Vielzahl von Ideen, von denen letztendlich nur einige wenige weiterentwickelt werden. Man geht jedoch davon aus, dass jede Idee wertvoll ist, auch wenn sich diese für das aktuelle Vorhaben als ungeeignet herausgestellt hat. Es besteht noch die Möglichkeit, dass die Idee in einem anderen Innovationsprojekt oder zu einem späteren Zeitpunkt unter anderen Bedingungen entscheidende Impulse gibt. Zudem kommt es häufig vor, dass der innovative Kern einer Idee erst zu einem späteren Zeitpunkt erkannt wird. Um Ideen dauerhaft und wiederauffindbar speichern zu können, ist eine einheitliche Struktur notwendig. Aufgrund der hohen Datenmengen und der vielseitigen Strukturierungsmöglichkeiten werden die erzeugten Ideen heutzutage häufig in Datenbanken abgelegt.

Das rechnergestützte Ablegen dieser Ideen eröffnet jedoch weitaus mehr Möglichkeiten als die des reinen Speicherns. Durch die Verwendung von automatischen Abfragen über Such- oder Filtervorgänge sind moderne Innovationsdatenbanken mehr als ein reiner Ideenspeicher. Vielmehr handelt es sich hierbei um Softwaretools, die den Innovationsprozess, im Idealfall ganzheitlich, unterstützen sollen.

Im Folgenden gilt es, rechnergestützte Katalogsysteme zur Unterstützung des Innovationsprozesses näher zu betrachten.

2.4.3.1. Innovationsdatenbanken des Heinz Nixdorf Instituts

Exemplarisch soll an dieser Stelle die vom Heinz Nixdorf Institut entworfene Datenbank als Vertreter einer reinen Innovationsdatenbank vorgestellt werden. Dabei handelt es sich um ein wissenschaftlich konzipiertes System, welches sich im Praxiseinsatz bewährt hat, auch wenn hierzu individuelle Anpassungen an das jeweilige Unternehmen als Verwender notwendig sind. Im Gegensatz zu anderen Datenbanken, wie z. B. der PLATINA Innovation Database oder der Automotive INNOVATIONS Database, ist sie auf konzeptioneller und inhaltlicher Ebene gut dokumentiert und die Informationen sind für Außenstehende frei zugänglich.

Die Innovationsdatenbank des Heinz Nixdorf Instituts verfolgt einen ganzheitlichen Managementansatz zur Entwicklung innovativer Produkte und ist an das 3-Zyklen-Modell (vgl. Kapitel 2.3.5.) angepasst. Sie verfolgt das Ziel, Informationen zu Technologien, Produkten und Produktideen erfolgreich mit der Unternehmensstrategie zu verbinden (Gausemeier et al., 2010). Dabei wird insbesondere der erste Zyklus, konkreter die Produktfindung, unterstützt.

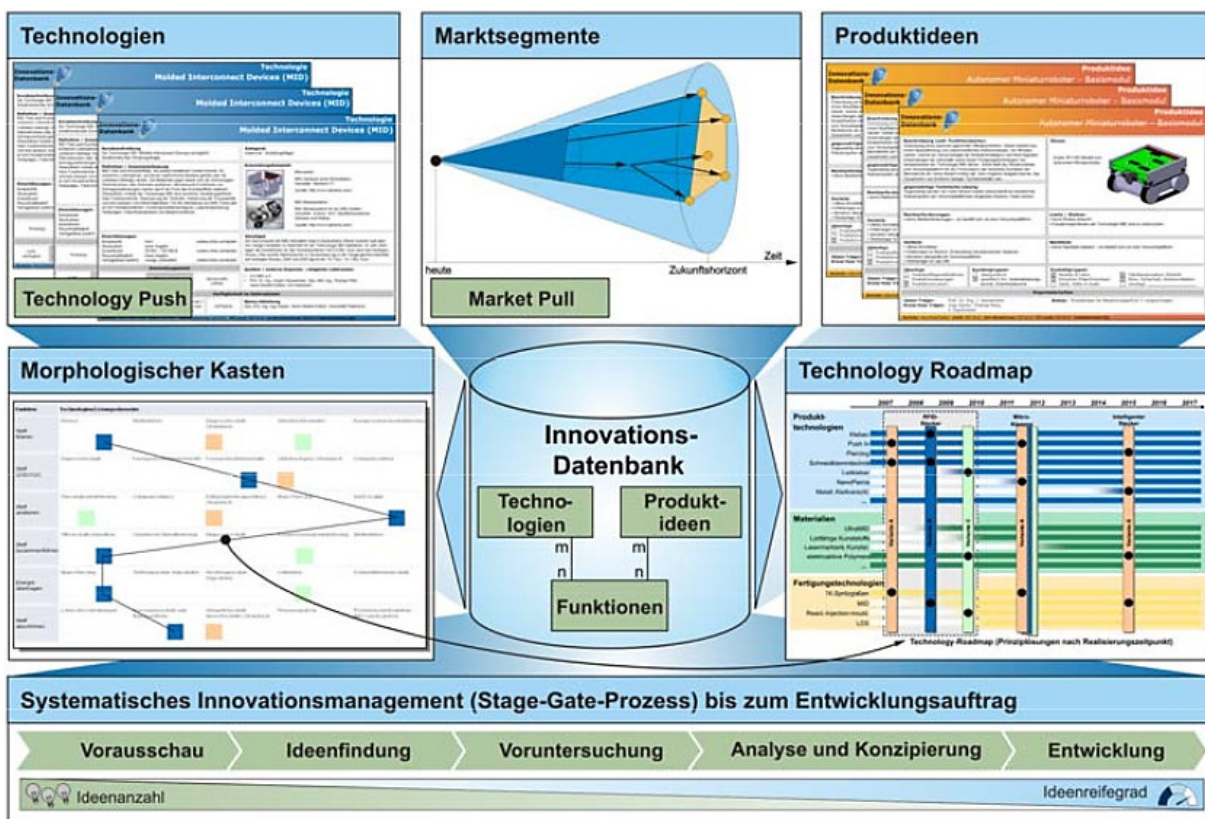


Abbildung 20: Konzeption der Innovations-Datenbank des Heinz Nixdorf Instituts (Brink & Ihmels, 2007)

2.4.3.1.1. Systematik und Aufbau der Innovationsdatenbanken des Heinz Nixdorf Instituts

Die Innovationsdatenbank (vgl. Abbildung 20) des Heinz Nixdorf Instituts lässt sich im Wesentlichen in fünf Hauptelemente untergliedern (Brink, Ihmels & Haug, 2008; Gausemeier et al., 2010; Gausemeier et al., 2009), die im Folgenden kurz vorgestellt werden.

Technologie-Datenpool

Die Aufnahme der Technologien in die Datenbank dient dem Beobachten, Überprüfen und Nachverfolgen von technologischen Entwicklungen und soll das Innovationsprinzip des Technology Push abdecken. Dabei werden Innovationen aus neuen technologischen Möglichkeiten heraus geboren. Der Datenpool liefert somit indirekt Auskunft über das technisch Machbare.

Die Betrachtung der Datenbankeinträge findet in Form von Technologiesteckbriefen statt, wie Abbildung 21 am Beispiel der Firma Faulhaber zeigt. Inhaltlich werden die Beschreibungen der Technologien durch zusätzliche Informationen wie z. B. Technologiekategorie, Definition, Anwendungsbeispiele, Prozesskennzahlen, Verfügbarkeitsinformationen und Ansprechpartner ergänzt. Die Darstellung bietet dem Betrachter somit alle wesentlichen Informationen, um sich einen Überblick über die Technologie hinsichtlich Funktionsweise und Verfügbarkeit zu verschaffen. Die Inhalte des Datenpools sind kurz und prägnant aufbereitet und können bei Bedarf über ein Menü oder eine Suche aufgerufen werden.

Technologietitel → Formgedächtnismetalle

Technologie-kategorie → Mechanik - Werkstoffe - Smart Materials

Kurzbeschreibung (1-2 Sätze) → Kurzbildung: Metalle, die nach einer Verformung ihre ursprüngliche Form durch Erwärmung wieder annehmen können.

Definition / Zusammenfassung (allgemeinverständliche Beschreibung der Technologie) → Beschreibung: Die atomare Struktur von Metallen lässt sich als ein Kristallgitter darstellen. Bei normalen Metallen lässt sich diese Gitterstruktur bei starker Dehnung auf und das Metall ändert seine Form. Formgedächtnismetalle sind mit einer Feder zu vergleichen. Werden sie stark gedehnt, ändern sie ihre Form, können jedoch ihre alte Form nachher wieder annehmen, wenn sie erwärmt werden. Die Gitterstruktur der Formgedächtnismetalle ist nicht stark verbunden, sondern eher wie mit Gummi-Bändern. Dadurch kann sich ihre Form zwar ändern, jedoch kann sich das Kristallgitter wieder in die alte Form zurückbilden. Zur Rückbildung ist lediglich eine Erwärmung erforderlich.

Einschätzungen (Bsp.: "Wie komplex ist die Technologie?") → Einschätzungen: Komplexität: keine Angabe; Stückzahlen: keine Angabe; Investitionen: keine Angabe; Prozesssicherheit: keine Angabe; Verfügbarkeit (system): keine Angabe.

Stand der Forschung (Voraussetzung für Technologie-Roadmap) → Stand der Forschung: Prototyp, Pilotanwendung (2004), Serienreife (2004).

Technologieverfügbarkeit (Ist die Technologie in der DFF-Gruppe verfügbar?) → Verfügbarkeit DFF-Gruppe: nicht verfügbar, frühe Erfindungs-/Konzeptphase, Zertifizierungs-/Qualifizierungsphase, verfügbar, DFF, FMR, MSA.

Anwendungsbeispiele / Funktionsweise (hier werden zwei Beispiele für Anwendungen der Technologie bzw. die Verfügbarkeit der Technologie mit Grafiken angezeigt) → Anwendungsbeispiele: MI Hilfe von Formgedächtnismetallen können sich Tragflächen in Zukunft an Flugleistungen anpassen. (Quelle: <http://www.tu-berlin.de/press/2002/2ip120.htm>). Formgedächtnismetalle werden beispielsweise als Schalter in Langstreckenraumsonden eingesetzt, die erst nach 10 Jahren schalten müssen. Sie sind hoch zuverlässig.

Quellen etc. (Angabe von externen Ansprechpartnern für weiterführende Informationen) → Quellen / externe Experten / mögliche Lieferanten: <http://www.nitk-technik.de/DE/450/>, TU Berlin, Info, Projekte zu Anwendungen: Info, Anwendungen: Info.

Sonstiges (Angabe sonstiger Informationen wie z.B. Prozessparameter beim Fügen) → Sonstiges: Material: normalweise NiTi Legierung.

Ansprechpartner DFF-Gruppe → Ansprechpartner DFF-Gruppe: Vorname Name, Firma.

Datenbankinformationen (automatisch erzeugt) → Datenbankinformationen: Bearbeiten, erstellt: 03.01.2007, Letzte Aktualisierung: 31.05.2007, PDF erzeugt: 12.06.2008, nächste Aktualisierung: 03.05.2007, [Einfügen](#).

Hyperlink auf Technologiesteckbrief in Innovations-Datenbank → [Einfügen](#)

Abbildung 21: Technologiesteckbrief am Beispiel eines Formgedächtnismetalls (Brink et al., 2008)

Zur Systematisierung der Inhalte verfolgt die Datenbank ein funktionsorientiertes Konzept, d. h. Technologien, und Produkte sind über nach außen hin nicht sichtbare Funktionen miteinander verknüpft, da Technologien im Produkt konkrete Funktionen erfüllen müssen. Analog dazu bilden Funktionen die Schnittstelle der einzelnen Datenbankelemente.

Für die Funktionsfähigkeit der Datenbank ist daher jeder Technologie eine Liste mit technischen Standardfunktionen zugeordnet. Dabei kann eine Technologie gleichzeitig zur Erfüllung mehrerer Standardfunktionen dienen, woraus sich datenbanktechnisch eine n:m-Beziehung ergibt. Eine konkrete Zuordnung ist aus dem Steckbrief nicht ersichtlich. Die Standardfunktionen sind in der Regel unternehmensspezifisch.

Marktsegment-Datenpool

Dieser Teil der Datenbank enthält zukunftsorientierte Beschreibungen von Marktsegmenten anhand von Markt- und Umfeldszenarien. Die Inhalte werden unter Anwendung entsprechender Prognosetechniken erstellt und in die Datenbank eingefügt. Sie dienen dem vorausschauenden Erkennen und Berücksichtigen von Chancen und Risiken. Des Weiteren lassen sich Innovationen durch das „Markt-Pull-Prinzip“ berücksichtigen und Anforderungen für zukünftige Märkte definieren.

Produktidee-Datenpool

Dieser Datenpool dient der Dokumentation von Produktideen in Form prinzipieller Lösungen. Hierzu werden Produktideen und Funktionsweisen lösungsneutral, analog zum Produktentwicklungsprozess, beschrieben. Ergänzt werden die Datenbankinhalte durch Information wie Produkthanforderungen und Nutzen. Ebenfalls erfolgt eine Zuordnung der Idee zu einem oder mehreren Marktsegmenten sowie eine detaillierte Beschreibung von Markt und Umfeld durch Szenarien aus dem Datenpool der Marktsegmente. Die Steckbriefe der Produktideen können bei Bedarf, analog zu den Technologiesteckbriefen, durch Skizzen und Schaubilder ergänzt werden.

Wie Abbildung 22 entnommen werden kann, bieten die Produktideensteckbriefe die Möglichkeit, die Idee zu kategorisieren. Hierbei wird zwischen dem Ideentyp, der Produktgruppe und der Kundengruppe unterschieden.


	
Produktidee: Innovativer Motion Controller	
Nr.: 64	
Beschreibung (evtl. Funktionsweise) Auf Basis einer komplett neuen Plattform (DSP, Leistungstreiber, etc.) sollten Motion Controller so universell gestaltet werden, dass sie jeden beliebigen Motor des Lieferprogrammes ansteuern können. Dabei sollten sie den angeschlossenen Motor automatisch erkennen und die hierfür passenden Software-Module laden. Darüber hinaus sollen die bisherigen Schnittstellen RS232 und CAN um Ethernet, USB und ggf. weitere ergänzt werden. Idealerweise lässt sich der Motion Controller in den bestehenden Gehäusesystemen unterbringen, so dass konstruktiv nur Modifikationen und keine Neukonstruktionen nötig sind.	Skizze
Marktanforderungen Einfachheit in der Bedienung und Installation ist gefordert, da dies Zeitvorteile in der Umsetzung von Kundenanwendungen bringt und damit Geld spart bzw. dem Kunden einen Wettbewerbsvorteil verschafft.	
Gegenwärtige technische Lösungen Verschiedene Ansteuerungen je nach Motortyp, mit manuellem Konfigurationsaufwand.	Limits / Randbedingungen
Vorteile (Kundennutzen) - Plug & Play, also kein Konfigurationsaufwand - Motion Controller ist automatisch auf den Motor abgestimmt... keine Einstellung dazu nötig - Kostengünstigere Gesamtlösung aufgrund des Stückzahleneffektes	Nachteile - Hoher Entwicklungsaufwand - Größerer Bauraum, da auf die anspruchsvollsten Motoren dimensioniert werden muss, auch wenn in der jeweiligen Anwendung weniger ausgereicht hätte
Ideentyp: <input checked="" type="checkbox"/> Produktinnovation <input type="checkbox"/> Produkthanpassung <input type="checkbox"/> Detaillösung	Produktgruppen: <input type="checkbox"/> Kupfergraphitkommutierte Motoren <input type="checkbox"/> Edelmetallkommutierte Motoren <input type="checkbox"/> Bürstenlose Motoren <input checked="" type="checkbox"/> Elektronik (Encoder, Ansteuerungen)
	<input type="checkbox"/> Getriebe <input type="checkbox"/> Sonstiges (z.B. Bremsen, Tachos)
	Kundengruppe: <input checked="" type="checkbox"/> übergreifend <input type="checkbox"/> spezifisch für:
Organisatorisches:	
Ideen-Träger: Jens Haug, DFF	Status:
Know-how-Träger:	
Bearbeiter: Stephan Ihmels	erstellt: 21.03.2007
Letzte Aktualisierung: 29.10.2007	PDF erzeugt: 29.10.2007
Datensatz 64	

Abbildung 22: Darstellung einer Produktidee am Beispiel „Innovativer Motion Controller“ (Brink et al., 2008)

Der Ideentyp gibt den Status der Idee über die Zuordnung zu einer der Gruppen der Produktinnovation, -anpassung oder Detaillösung wieder. Die Unterteilung der Produktgruppen ist unternehmensspezifisch. Im Fall von Faulhaber richtet sich die Kategorisierung nach den angebotenen Produktgruppen. Als letzte Kategorisierungsmöglichkeit dient die Angabe von bestimmten Kundengruppen. Dadurch wird indirekt ein Hinweis auf die zu berücksichtigenden Stakeholder für eine spätere Umsetzung gegeben.

Für die datenbanktechnische Umsetzung ist eine Verknüpfung der Produktideen zu den Technologien notwendig. Diese Verknüpfung erfolgt ebenfalls durch die Zuordnung von Standardfunktionen.

Morphologischer Kasten

Der Morphologische Kasten dient der Identifikation von Umsetzungsmöglichkeiten der einzelnen Produktideen. Dabei wird der Kasten, dank der Zuordnung der Datenpools aus Technologie und Produktidee, zu den einzelnen Funktionen automatisch mit Inhalten gefüllt. Der Entwickler wählt auf Basis dessen einzelne Lösungsvarianten aus und konkretisiert diese.

Innovations-Roadmaps

Die Innovations-Roadmaps (vgl. Abbildung 23) dienen dem Abgleich von Technology Push und Market Pull. Aus ihnen kann der früheste Realisierungszeitpunkt der weiterentwickelten Produktvarianten abgelesen werden. Des Weiteren können diese für die Planung von Markteintritt, Revisionen, Produktgenerationen etc. genutzt werden.

Technology-Roadmap – Module „Autonomer Miniaturroboter“

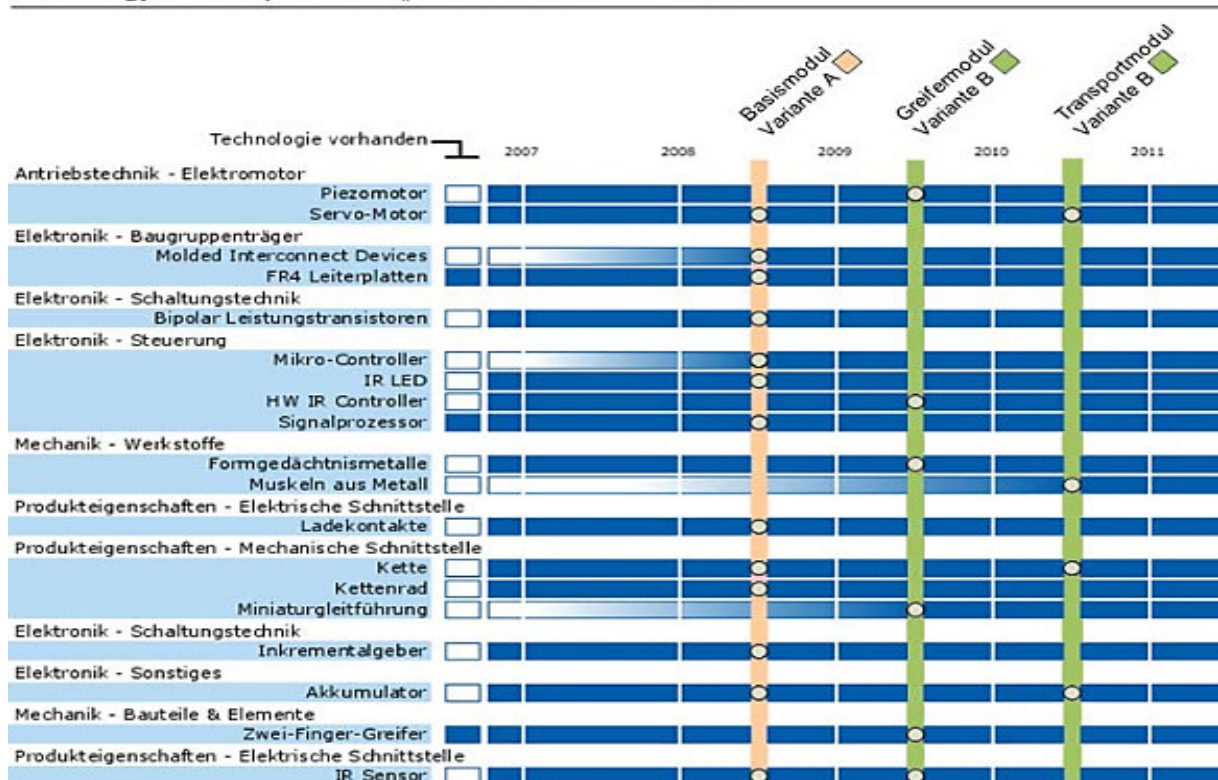


Abbildung 23: Automatisch erstellte Technology-Roadmap am Beispiel eines Miniaturroboters (Brink et al., 2008)

2.4.3.2. Zusammenfassung der Innovationsdatenbank des Heinz Nixdorf Instituts

Die Innovationsdatenbank des Heinz Nixdorf Instituts wurde in Anlehnung an das 3-Zyklus-Modell entwickelt und unterstützt insbesondere die erste Phase, welche sich mit der Produktplanung und -konzipierung befasst. Die implementierten Tools richten sich dabei sowohl an den Entwickler als auch die Manager mit Verantwortung für das Produktportfolio und die Unternehmensstrategie.

Hierzu wird ein einheitlicher Datenpool auf einer mehrdimensionalen Systematik aufgebaut. Die Datenbank baut dabei auf der Speicherung der Ideen in Form von prinzipiellen Lösungen auf. Diese, ergänzt durch die Datenpools der Technologien, die Funktionen, die Marktsegmente, die Szenarien und die potenziellen Einflussfaktoren (vgl. Abbildung 24), ermöglichen einen automatischen Abgleich von Market Pull und Technology Push. Dieser Abgleich liefert entscheidende Impulse dafür, wann eine Produktidee reif für den Markt ist.

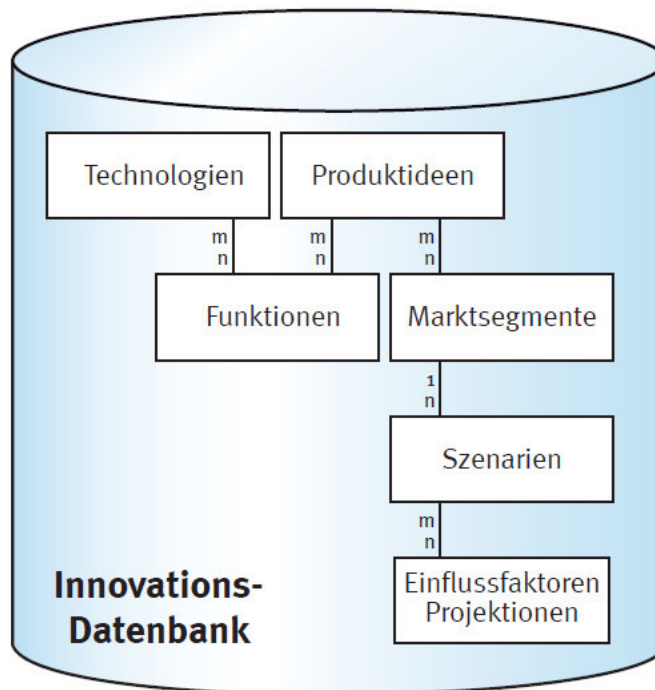


Abbildung 24: Datenbankkonzept der Innovationsdatenbank des Heinz Nixdorf Instituts (Heinz Nixdorf Institut & Lehrstuhl für Produktentstehung, 2013)

Bei der Entwicklung innovativer Erzeugnisse wird der Entwickler insbesondere bei der Umsetzung und Auswahl einer konkreten Idee unterstützt. Die Generierung der Ideen wird nicht durch die Datenbank gefördert. Durch die Einbindung des Morphologischen Kastens und durch dessen automatische Befüllung wird der Entwickler mit einer Menge von Lösungsvarianten konfrontiert. Hierdurch wird die Wahrscheinlichkeit einer innovativen Produktumsetzung gesteigert.

2.4.3.3. Datenbank „Methods“ des Verbundprojekts Gina

Im Rahmen des Verbundprojekts „Ganzheitliche Innovationsprozesse in modularen Unternehmensnetzwerken“ (GINA) wurde ebenfalls eine Datenbank zur Unterstützung des Innovationsprozesses entworfen. Aufbau und Funktionsweise werden ausführlich in Zelewski & Alparlan (2004) erläutert. Die wesentlichen Grundzüge der Datenbank werden im folgenden Kapitel aufgeführt.

Die entwickelte Datenbank namens „Methods“ fokussiert auf die operative Unterstützung der Entwickler durch den Einsatz geeigneter Methoden. Auch wenn es sich dabei nicht um eine Innovationsdatenbank im klassischen Sinne handelt, da diese nicht zum Speichern von Ideen eingesetzt wird, so können die der Datenbank zugrunde gelegten Inhalte und Systematik dennoch relevant für das weitere Vorgehen sein.

Untersuchungen von Zanker (1999) weisen auf hohe Defizite in der Praxis durch Missachtung und fehlerhafte Anwendung des methodischen Vorgehens in den frühen Phasen der Produktentwicklung hin. „Methods“ setzt dort an und versucht, durch den Einsatz eines Methodenassistenten, das methodische Arbeiten in der industriellen Praxis zu stimulieren und zu fördern. Dabei beschränkt sich „Methods“ nicht nur auf die frühen Phasen, sondern bezieht sich auf den gesamten Innovationsprozess. Die entwickelte Datenbank stellt Methoden zur Analyse, Gestaltung, Steuerung und Bewertung von betrieblichen und überbetrieblichen Innovationsprozessen in praxisgerecht aufbereiteter Form bereit.

2.4.3.3.1. Systematik und Aufbau von „Methods“

Die Datenbank besteht im Wesentlichen aus den Elementen der Methodensammlung, einer Auswahlunterstützung und einer Übertragung einzelner Methoden in rechnergestützte Werkzeuge. Die Elemente werden im Folgenden näher erläutert.

The screenshot shows the GINA - Methodos database interface. At the top left is the GINA logo. The main header is 'Gina - Methodos'. Below the header is a navigation bar with five tabs: 'Stichwortsuche', 'Methodenindex', 'Methodenklassen', 'Suche nach Grundtaetigkeiten', and 'Tätigkeiten in Konstruktionspro'. The main content area displays the entry for the 'Brainstorming' method. On the left side, there is a vertical menu with links for 'Beschreibung', 'Durchführung', 'Zielsetzungen', 'Hilfsmittel zur Durchführung', 'Software', 'Hilfreiche Internetlinks', and 'Vorteile / Nachteile'. The main content area is titled 'Methode: Brainstorming' and contains the following sections: 'Beschreibung', 'Arbeitsschritte zur Durchführung einer Methode', and 'Ziele des Methodeneinsatzes / Output'. The 'Beschreibung' section states: 'Brainstorming kann mit "Gedankenblitz" übersetzt werden. Eine Gruppe von Personen entwickelt dabei vorurteilsfrei Ideen. Hierdurch sollen die anderen Teilnehmern inspiriert werden und weitere Ideen hervorbringen. Die in den 40er-Jahren von Alex Osborn erfundene Methode ist eine der bekanntesten Kreativitätstechnik. Am besten eignet sich diese Methode vor allem für die Lösung von konkret formulierten Suchproblemen, die nicht zu komplex sind. Meist sind die ersten Ergebnisse einfache Lösungsideen, die später aufbereitet werden müssen.' The 'Arbeitsschritte zur Durchführung einer Methode' section lists: '- Durchführung moderieren', '- Problem definieren', '- Ideen sammeln', '- Ideen dokumentieren/protokollieren', '- Ideen sortieren/clustern', and '- Ideen bewerten'. The 'Ziele des Methodeneinsatzes / Output' section lists: '- Ideenfindung' and '- Ideensammlung'.

Abbildung 25: GINA: Einträge zur Methode „Brainstorming“ (Zelewski & Alparlan, 2004)

Methodensammlung

Die Methodensammlung kann als Datenpool für aufbereitete Methoden verstanden werden. Abbildung 25 zeigt die für den Anwender sichtbare Zusammenfassung am Beispiel der Methode des „Brainstormings“. Die Darstellung in Form von Methodenblättern ist dabei so gestaltet, dass sich der Anwender innerhalb kürzester Zeit einen groben Überblick über die Methode und dessen Anwendung verschaffen kann. Bei Bedarf ist es möglich, über das Datenblatt weiterführende Informationen zur betrachteten Methode zu erhalten. Die Methodensammlung erhebt dabei, aufgrund der minimalen Differenz einzelner Methoden untereinander, bewusst keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Die Methodenblätter beinhalten, neben einer praxisgerechten Kurzbeschreibung, eine detaillierte Auflistung von Arbeitsschritten, die zur Durchführung der Methode notwendig sind. Darüber hinaus wird der mit der Methode generierbare Output beschrieben, um Fehlanwendungen zu vermeiden. Auch wenn viele Methoden die gleichen Ziele verfolgen, so lassen sie sich hinsichtlich ihres Aufwands und der nötigen Qualifikation des Anwenders unterscheiden. Im Rahmen der Datenbank werden diese Faktoren durch Stärken und Schwächen an den Anwender kommuniziert. Des Weiteren lassen sich in der Methodensammlung auch Anwendungsbeispiele, Angaben und Verweise zu Richtlinien, Normen oder weiterführender Literatur entnehmen. Falls möglich und nötig, sind an die Methoden entsprechende Werkzeuge wie z. B. Checklisten, Formblätter und Tabellen angehängt.

Methodenauswahl

Die Auswahl einer Methode kann über vier unterschiedliche Wege erfolgen. Dem Entwickler stehen eine Stichwortsuche, der Zugriff über einen Methodenindex sowie die gezielte Suche nach Methodenklassen, -gruppen oder Tätigkeiten zur Verfügung. Die Datenbank soll dadurch dafür geeignet sein, unterschiedliche Nutzungsszenarien bestmöglich abzudecken. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass die beiden letzten Anwendungsszenarien für die Datenbank eine weitaus höhere Relevanz besitzen.

Der Zugriff auf Methoden mithilfe der Stichwortsuche ist für den Fall gedacht, dass Vorgaben zur Nutzung von Methoden mit bestimmten Elementen existieren. Die alphabetische Auflistung in Form des Indexes hat rein informativen Charakter und keine praktische Relevanz. Die Auflistung liefert einen Überblick über die implementierten Methoden und ermöglicht einen gezielten Zugriff auf eine einzelne Methode.

Das Filtern der Methoden nach Tätigkeiten, Klassen und Gruppen dient der schnellen Identifikation von geeigneten Methoden. Damit ein Filtern möglich ist, müssen die Datenbankeinträge der Methoden um eine Zuordnung von Tätigkeiten und Klassen ergänzt werden.

Der Innovationsprozess wurde deshalb in die Tätigkeitsklassen Zielbildung, Zukunftsanalyse, Lösungsfindung, Lösungsbewertung, Konzeptbewertung und Umsetzungsplanung unterteilt. Die Klassifizierung dient der einfachen Auswahl einer geeigneten Methode abhängig von der jeweiligen Aufgabe und Zielsetzung. Hierzu werden einzelne

Methoden zu Gruppen zusammengefasst und die Gruppen anschließend Methodenklassen zugeordnet. Somit ergeben sich die in Abbildung 26 dargestellten Methodenklassen.

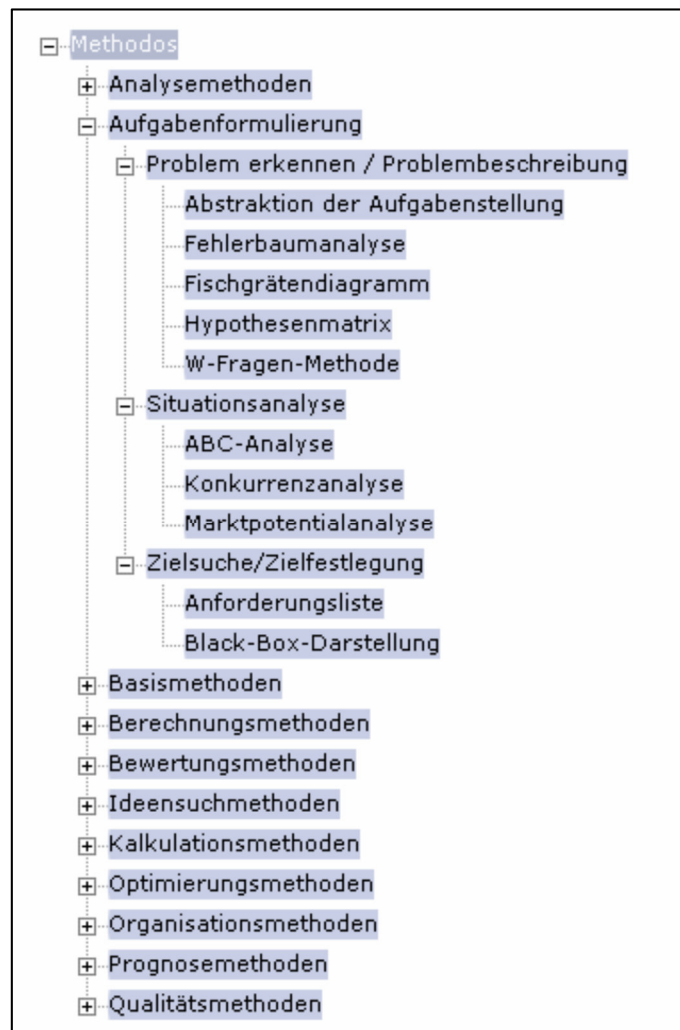


Abbildung 26: GINA – Abbildung der implementierten Methodenklassen (Zelewski & Alparslan, 2004)

Rechnergestützte Werkzeuge

Die rechnergestützte Implementierung von einzelnen Methoden soll das operative Arbeiten zusätzlich unterstützen. So wurde beispielsweise eine Funktionsgrößenmatrix zur Ermittlung von physikalischen Effekten implementiert. Des Weiteren wurde das digitale Konstruktionskatalogsystem „eKat“, welches bei der Erstellung und Speicherung von Konstruktionskatalogen unterstützen soll, ebenfalls in die Datenbank integriert.

2.4.3.3.2. Zusammenfassung von „Methods“

Bei der Datenbank „Methods“ handelt es sich um ein reines Informationssystem, welches den Entwickler gezielt auf methodischer Ebene unterstützen soll. Es enthält keine Möglichkeit zur

Speicherung von potenziellen Ideen, wie man es bei einer Innovationsdatenbank im herkömmlichen Sinne erwarten würde.

Um die Methodenauswahl zu erleichtern, wurde, neben einem Zugriff über Index und Suchfunktion, eine zweidimensionale Systematisierung zugrunde gelegt. Diese beinhaltet eine Gliederung der Methoden in Methodenklassen und Ziel. Die Ziele wurden dabei relevanten Tätigkeiten des Entwicklungsprozesses zugeordnet.

Die im Rahmen der Datenbank implementierte Unterstützung zur Erzeugung innovativer Arbeitsmittel beschränkt sich deshalb ebenfalls auf Verweise zu geeigneten Methoden. Eine an die Aufgabe angepasste Datenbank wäre in der Lage, die im Kapitel 2.1.3.2.3. erwähnten häufig fehlenden akzeptanzsteigernden Maßnahmen aufzuweisen.

2.4.3.4. intraPRO Innovation

Bei intraPro Innovation, welches von XWS Cross Wide Solutions entwickelt wurde, handelt es sich um eine datenbankbasierte Softwarefamilie, welche gezielt das Innovationsmanagement unterstützen soll. Das Ziel der Software liegt in der Unterstützung von der Ideenfindung bis hin zur Markteinführung, fokussiert dabei allerdings auf das Ideenmanagement und die Technologieplanung. Das Softwaretool soll stellvertretend für diese Kategorie der innovationsunterstützenden Kataloge beschrieben werden. Für weitere Systeme mit ähnlichen Funktionalitäten sei an dieser Stelle auf Matt (2011) verwiesen.

Der Einsatz der Software soll, durch eine Verkürzung der „time to market“, eine Minimierung der Projektabbruchgefahr sowie eine Senkung der Entwicklungsredundanzen um 10 % und eine Senkung des Vorentwicklungs-Budgets um 25 % bewirken (XWS Cross Wide Solutions GmbH, 2013c). Erreicht werden soll dies durch eine Unterstützung bei der Bewertung und Priorisierung von Produktideen sowie durch ein verbessertes Innovationscontrolling, welches aus der Vereinheitlichung des Dokumentations- und Reportwesens erfolgt. Zu den Anwendern dieser Software zählen namhafte Firmen wie z. B. die Continental Automotive GmbH.

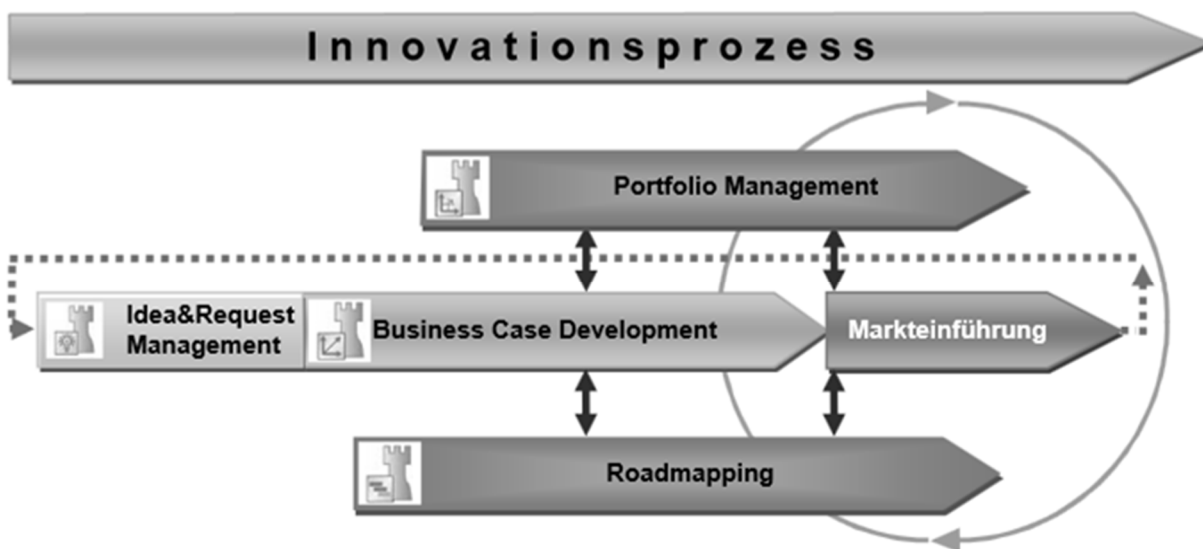


Abbildung 27: Zusammenspiel der Softwareprodukte für eine ganzheitliche Unterstützung des Innovationsprozesses (XWS Cross Wide Solutions GmbH, 2013c).

2.4.3.4.1. Systematik und Aufbau von intraPRO Innovation

Die Softwarefamilie besteht aus den in Abbildung 27 abgebildeten Elementen. Jedes Element erfüllt dabei eine eigenständige Funktion innerhalb des Innovationsprozesses. Durch entsprechende Schnittstellen können die Softwaretools untereinander Daten austauschen. Der Aufbau ist konzeptuell bedingt und aufgabenorientiert ausgelegt.

Idea & Request Management

Das Idea & Request Management dient dem Erfassen und der Konkretisierung von Ideen und deren Anforderungen. Hierzu werden die Ideen zunächst in einer Datenbank gespeichert. Das Tool ist angelehnt an das betriebliche Vorschlagswesen und richtet sich somit direkt an Mitarbeiter, Kunden und Lieferanten, welche als Ideengeber fungieren. Durch die Einbindung des „Schwarms“ sollen eine Steigerung der Ideenvielfalt und somit auch eine Steigerung der Qualität erreicht werden (XWS Cross Wide Solutions GmbH, 2013c).

Um gezielte Ideen zu einer bestimmten Thematik zu erhalten, existiert eine Darstellung, in der Nutzer der Software mit Themen, z. B. in Form von Zielen oder Problemen, für die Lösungen benötigt werden, konfrontiert werden. Durch die Kommunikation dieser Themen über die persönliche Startseite des Nutzers (vgl. Abbildung 28) steigt die Chance der Einreichung. Um die Motivation der Mitarbeiter zusätzlich zur Möglichkeit der Mitgestaltung des betrieblichen Umfelds zu steigern, setzt MWS Cross Wide Solutions auf Transparenz. Die Software ist mit einem umfangreichen Berichtswesen ausgestattet, in dem der Ideengeber über aktuelle Entwicklungen der von ihm eingereichten Ideen informiert wird.

Die Startseite kann je nach Unternehmen angepasst werden („Corporate Identity“).

Starten Sie Ideenkampagnen direkt auf der Startseite.

Persönliche Statistik über die eingereichten Ideen.

Kleine Vorschaubilder (Teaser) stehen für eine bessere Akzeptanz und Nutzung des Systems („Ein Bild sagt mehr als 1000 Worte!“).

Abbildung 28: Persönliche Startseite des Idea-&Request-Management-Tools (Stahl & Antonucci, 2013)

Viele Kreativitätstechniken (z. B. die Methode 635) basieren auf dem Prinzip, dass Ideen erzeugt und anschließend durch andere Personen mit anderen Sichtweisen, an-

derem Hintergrundwissen etc. verändert bzw. ergänzt werden. Im Rahmen des Moduls wurde das gleiche Prinzip implementiert. So findet man im unteren Bereich der Startseite einen Teaser, der eingereichte Ideen präsentiert. Die Nutzer haben die Möglichkeit, diese Ideen zu verfeinern und/oder zu bewerten. Die Veränderungen einer Idee können dabei über ein implementiertes Versionierungstool nachvollzogen werden (XWS Cross Wide Solutions GmbH, 2013b).

Sofern sich ein Nutzer dazu entschließt, eine Idee einzureichen, sei es zu einem bestimmten Thema oder allgemein, kann er dies unter Zuhilfenahme der in Abbildung 29 dargestellten Eingabemaske erledigen.

The screenshot shows the 'Create new idea' form in the IntraPRO INNOVATION system. The form is titled 'Idea' and includes the following fields and sections:

- Name:** Text input field containing 'TestIdee'.
- Status:** Dropdown menu set to 'Open'.
- Anonymous:** Check box, currently unchecked.
- CreatedOn:** Date and time field showing '10/21/2009 2:51:04 PM'.
- Category:** Dropdown menu set to '-- Audio'.
- Last Update:** Date and time field showing '10/21/2009 2:51:04 PM'.
- Suppliers:** Table with columns: Name, Structure unit, Phone, E-mail.

Name	Structure unit	Phone	E-mail
SUPPLIER IRM	Root		
- Attachments:** Table with columns: Type, Filename, Description.

Type	Filename	Description
	IdeenSkizze.png	
	Ideenbeschreibung_Mitarbeiter.pdf	
- Current Situation:** Text area with placeholder text: 'Hier kann der aktuelle Status eingegeben werden, z.B. Probleme, Nachteile,'.
- Nominal Situation:** Text area with placeholder text: 'Hier können Sie Ihre Soll-Situation eingeben, Ihre Idee und wie sie zum Einsatz kommen soll.'.
- Vorteile Ihrer Idee:** Text area for listing advantages.

At the bottom left, the current user is identified as 'SUPPLIER IRM' and the language is set to 'en-US'.

Abbildung 29: Eingabemaske zur Einreichung von neuen Ideen (Stahl & Antonucci, 2013)

Das Front-End hilft dabei, die Ideen in einheitlicher Form zu sammeln und dauerhaft in der Datenbank zu speichern. Zu den Standardeinträgen gehören, neben einer Beschreibung der Ausgangssituation, auch eine Beschreibung der Idee bzw. der Soll-Situation sowie die Beschreibung der daraus resultierenden Vorteile. Diese lassen sich durch Anhänge, wie z. B. Skizzen und Abbildungen, ergänzen. Neben der inhaltlichen Angabe zur Idee sind auch organisatorische Angaben notwendig. So müssen für jede Idee z. B. ein Name und eine die Idee betreffende Kategorie vergeben werden. Die Kategorisierung ist dabei an den Nutzer angepasst.

Die einheitliche Darstellung soll ebenfalls dabei helfen, die Ideen in effektiver und zielorientierter Weise zu sichten und zu filtern. Nur Ideen, die bestimmte Mindestanforderungen erfüllen, werden an das Modul des Business Case Development weitergeleitet und dort tief greifender untersucht. Die Vorselektion der Ideen aufgrund fest eingestellter Mindestkriterien vermeidet eine intuitive Bewertung aus dem Bauch heraus (XWS Cross Wide Solutions GmbH, 2013c).

Business Case Development

Das Modul des Business Case Development soll den Anwender dabei unterstützen, das richtige Produkt zur richtigen Zeit auf den Markt zu bringen. Hierzu stellt es eine Lösung zur Auswahl von vielversprechenden Produktideen zu Verfügung. Dabei wird die Idee im Markt betrachtet. Hierzu ist eine Anreicherung der Idee mit gezielten Informationen notwendig, um eine Aussage über Marktakzeptanz, Wirtschaftlichkeit und technisches Risiko zu treffen (XWS Cross Wide Solutions GmbH, 2013b). Die Beschaffung der Informationen wird durch unterschiedliche Fachabteilungen vorgenommen. Quellen der Informationen bilden z. B. Wettbewerbsanalysen, Machbarkeitsstudien, Kosten für die Prototypenentwicklung, Investitionsplanung, Absatzplanung (XWS Cross Wide Solutions GmbH, 2013a).

IPI BCD: ein stufenweiser Selektionsprozess

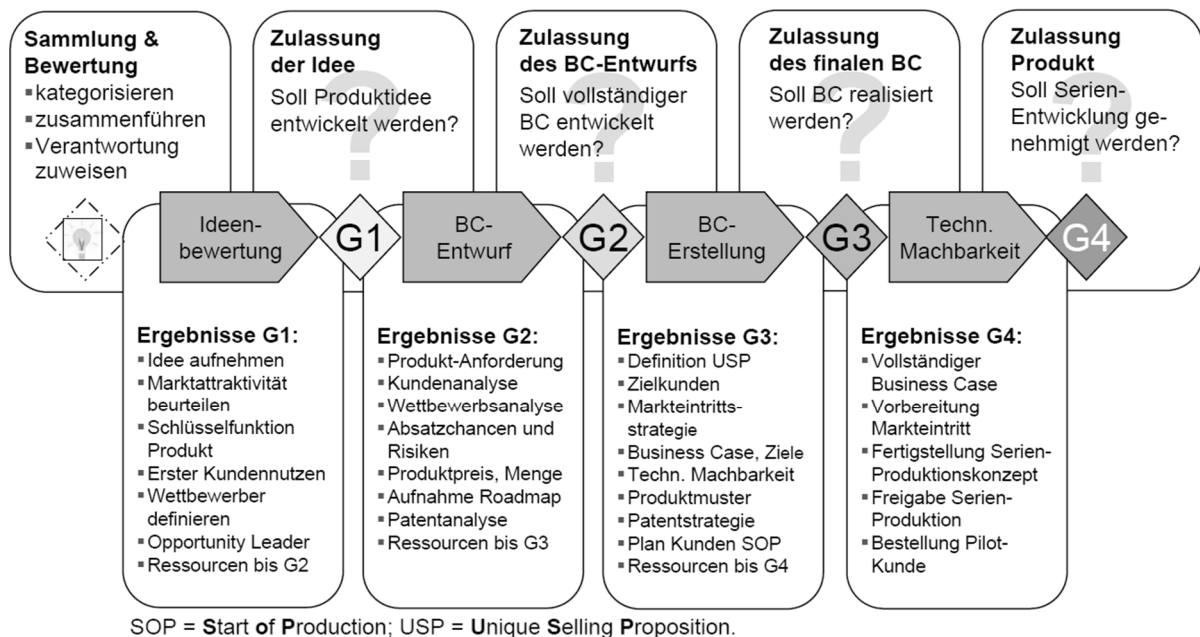


Abbildung 30: Darstellung des mehrstufigen Selektionsprozesses (Stahl & Antonucci, 2009)

Um den Aufwand der Informationsbeschaffung und das Risiko von Fehlentwicklungen möglichst gering zu halten, stützt sich die Software auf einen mehrstufigen Selektierungsprozess. Der Selektionsprozess wird durch das Erreichen entsprechender Gates realisiert (vgl. Abbildung 30). Die Ideen werden erst weiterbearbeitet, wenn die einzelnen Gates erfolgreich geprüft wurden. Die Überprüfung findet durch einen gate-spezifischen Fragebogen statt.

Portfoliomanagement

Das Modul des Portfoliomanagements fokussiert auf die systematische Bewertung und Priorisierung des gesamten Entwicklungsportfolios aus der Sicht von Markt und Unternehmen. Der Fokus liegt dabei auf dem finanziellen und zeitlichen Horizont. Das Tool unterstützt die strategische Ausrichtung von F&E sowie die Auswahl von taktisch sinnvollen Business Cases durch einen direkten Vergleich der Bewertungen. Der Output kann z. B. zur Planung und Verteilung von Ressourcen genutzt werden. Darüber hinaus liefert das Tool Erfolg versprechende Strategien, welche im Rahmen der Roadmap-Planung zu berücksichtigen sind. Ebenso liefert das Tool einen Überblick über Kosten sowie Ist- und Soll-Zustände der Portfolioentwicklung (XWS Cross Wide Solutions GmbH, 2013b).

Roadmapping

Das Modul stellt Methoden zur strategischen Produktplanung auf Basis des Roadmappings (vgl. Kapitel 2.4.3.1.) bereit. Es dient der Planung von Produktlebenszyklen von Neuentwicklungen, kann aber auch zur generationenübergreifenden Planung eingesetzt werden. Entgegen der im Kapitel 2.4.3.1.) vorgestellten Methode des Roadmappings, ist die Software der XWS Cross Wide Solutions GmbH nicht auf die Betrachtung von Technologien und Funktionen beschränkt. Sie ermöglicht eine Betrachtung der Produkte in mehreren Schichten. So ist auch eine Betrachtung von Baugruppen, Bauteilen etc. möglich.

2.4.3.4.2. Zusammenfassung von intraPRO Innovation

Bei der Softwarefamilie intraPro Innovation handelt es sich um eine Zusammenstellung von aufgabenbezogenen Softwareelementen, die auf eine einheitliche Datenbasis zurückgreifen. Die Software stellt ein ganzheitliches Konzept dar, welches den gesamten Innovationsprozess, von der Idee bis zur Markteinführung, an relevanten Punkten unterstützt. Dabei fokussiert das Idea & Request Management auf die Sammlung und Bewertung von Ideen und Anforderung. Die Ideengenerierung und Ausarbeitung wird dabei an die Nutzer der Plattform ausgelagert. Es wird davon ausgegangen, dass die Bearbeitung der Problemfelder mittels eines größeren und bunteren Personenkreises eine höhere Ideenqualität und -quantität hervorbringt. Des Weiteren hilft der Einbezug des betrieblichen Vorschlagswesens dabei, vorhandene Defizite im Unternehmen selbst zu identifizieren. Letzteres könnte auch für die Arbeitsmittelgestaltung von besonderem Interesse sein.

Das Modul des Business Case Developments unterstützt die Auswahl und die gezielte Weiterentwicklung einzelner Ideen durch einen mehrstufigen Selektierungsprozess. Der mehrstufige Auswahlprozess soll dabei das Risiko von Entwicklungen am Markt vorbei möglichst gering halten, indem der Aufwand möglichst gering gehalten wird. Die Module des Portfoliomanagements und Roadmappings befassen sich mit der Unternehmensstrategie und sollen bei der Auswahl von strategisch sinnvollen Ideen und deren Planung über Generationen hinweg helfen.

2.5. Defizite des bestehenden Unterstützungsbedarfs (Prozesse und Methoden) hinsichtlich der Anwendung auf die Entwicklung von innovativen Arbeitsmitteln

Die Analyse des Stands der Technik zeigt wesentliche Defizite und somit die Notwendigkeit der Unterstützung der innovativen Arbeitsmittelgestaltung auf. Einige Defizite lassen sich auf das Fehlen von geeigneten Strukturen und undefinierte Zuständigkeiten bei der Aufgabe der innovativen Arbeitsmittelgestaltung zurückführen. Die organisatorischen Aspekte sind jedoch nicht Teil dieser Arbeit und werden im Folgenden vernachlässigt.

2.5.1. Defizite bestehender Entwicklungsprozesse

Bei der Aufgabe der innovativen Arbeitsmittelgestaltung handelt es sich, wie in Kapitel 2.2. dargelegt, um einen Problemlöseprozess, bei dem der Weg zur Zielerreichung häufig nicht klar ist. Erschwerend kommt hinzu, dass Betriebe in der Regel keine Abteilungen zur Entwicklung eigener Arbeitsmittel unterhalten, so dass die Aufgabe von anderen Stellen mit übernommen wird. Um welche Vakanz bzw. welchen Personenkreis es sich dabei handelt, ist unternehmensspezifisch. Häufig wird die Aufgabe der Arbeitsmittelgestaltung auch nicht an eine konkrete Stelle delegiert, sondern stellt eine Querschnittsfunktion mehrerer Bereiche dar.

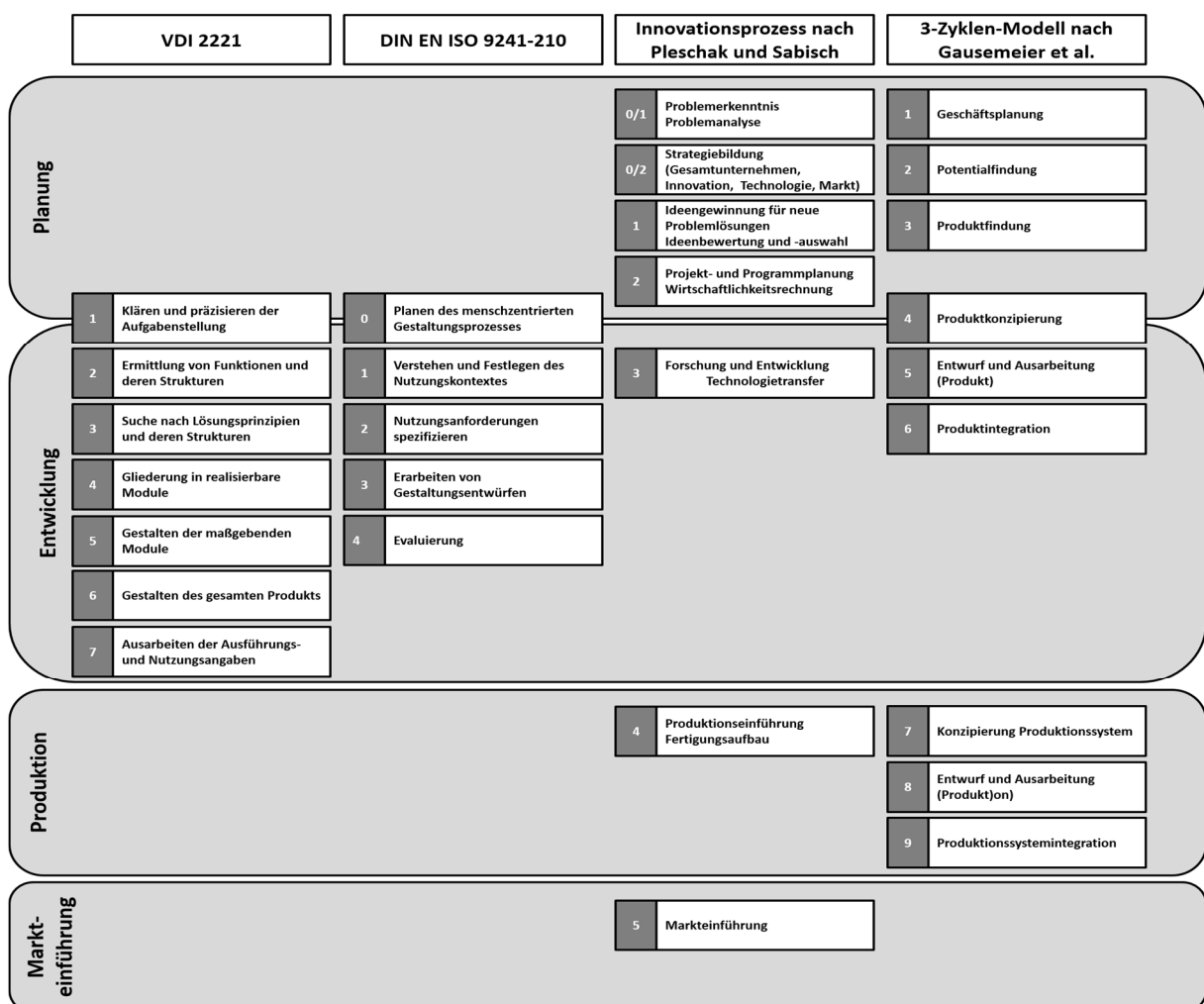


Abbildung 31: Gegenüberstellung der analysierten Prozesse (eigene Darstellung)

Das fehlende Wissen über die Vorgehensweise zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel verdeutlicht den Unterstützungsbedarf auf prozessoraler Ebene. Der gesuchte Prozess muss dabei ausreichend konkret werden, um die Entwicklung eines konkreten Produktes effektiv und effizient unterstützen zu können. Des Weiteren ist es zwingend erforderlich, dass sich der Prozess auch zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel eignet. Im Rahmen der Arbeit wurden Vertreter unterschiedlicher Entwicklungsprozesse untersucht. Die untersuchten Prozesse sind in Abbildung 31 phasenweise gegenübergestellt. Eine vergrößerte Darstellung ist im Anhang hinterlegt.

Zur Entwicklung von innovativen Arbeitsmitteln ist es notwendig, dass der Prozess die in Kapitel 2.3.1. definierten Kriterien erfüllt. Die Betrachtung zeigt, dass die Anwendung der betrachteten Prozesse auf die Entwicklung innovativer Arbeitsmittel Einschränkungen unterworfen ist, wie den einzelnen Bewertungen der Prozesse entnommen werden kann (vgl. Tabelle 9).

Item	VDI 2221	DIN EN ISO 9241-210	Pleschak & Sabisch	3-Zyklen Modell
Art	Produktentwicklung	Produktentwicklung	Innovation	Innovation
Zielgruppe	Entwickler	Entwickler, Planer/Manager	Entwickler, Planer/Manager	Planer/Manager
Vollständigkeit der Unterstützung	---	-	+	+
Detaillierungsgrad	-	0	0	0
Förderung kreativer Lösungen	0 (-/+)	0 (-/+)	0 (-/+)	+ (0/+)
Entwicklungsziel: Produkt	0 (-/+)	++	0	0
Akzeptanz	0	++	+	0

Tabelle 9: Gegenüberstellende Bewertung der analysierten Prozesse

So sind der Innovationsprozess nach Pleschak & Sabisch sowie das 3-Zyklen-Modell eher auf wirtschaftlichen Erfolg von innovativen Lösungen ausgelegt, was sich auch in den Arbeitsschritten und Methoden bemerkbar macht. VDI 2221 hingegen fokussiert auf die effiziente Ermittlung einer guten, nicht unbedingt innovativen Lösung.

Bei allen genannten Prozessen treten Defizite auf. Diese lassen sich zum einen auf das Fehlen von für die innovative Arbeitsmittelgestaltung zwingend notwendigen Phasen zurückführen. Zum anderen existieren Defizite im Bereich der akzeptanzsteigernden Maßnahmen. So wird davon ausgegangen, dass die Lösung eines Problems an sich, oder die Berücksichtigung der Bedürfnisse des Marktes, in einem vorgelagerten Prozess alleine ausreicht, um die Akzeptanz bei den späteren Nutzern sicherzustellen. Kapitel 2.2.1.2.1. zeigt jedoch die Notwendigkeit

einer kontinuierlichen Einbeziehung von Nutzern in Planung und Entwicklung zur Sicherung der Akzeptanz.

Der menschenzentrierte Gestaltungsprozess nimmt dabei eine gesonderte Rolle ein. Er fokussiert auf die Entwicklung gebrauchstauglicher Produkte und legt durch die Kriterien der Gebrauchstauglichkeit (Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit des Nutzers) ebenfalls ein humanitäres Wertesystem zugrunde. Bei richtiger Anwendung des Prozesses führt die Entwicklung aus der Nutzerperspektive zu einer erhöhten Passung von Produkt, Aufgabe und Bedürfnissen sowie zu einer Steigerung der Akzeptanz bei den späteren Nutzern. Die Vorteile entstehen vor allem durch die iterative und nutzerzentrierte Bearbeitung des Prozesses und den mit den Iterationen verbundenen Wissensgewinn und Lernprozessen. Dabei ist es nach DIN EN ISO 9241-210 möglich, den Prozess komplett ohne Nutzerbeteiligung durchzuführen.

Bei dem menschenzentrierten Gestaltungsprozess handelt es sich um einen Prozess der reinen Produktentwicklung. Er weist demnach zusätzliche Defizite bei der Generierung innovativer Ideen auf. Die Förderung von innovativen Ideen findet in den analysierten Prozessen in einer der Entwicklung vorgelagerten Phase statt. Diese Phase fehlt sowohl dem menschenzentrierten Gestaltungsprozess als auch der in VDI 2221 beschriebenen Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte.

Bei den Entwicklungsprozessen wird davon ausgegangen, dass lediglich eine Möglichkeit der Umsetzung gefunden werden muss. Innovationsprozesse beinhalten eine ganzheitlichere Betrachtung, welche im Falle des Entwicklungsprozesses ergänzt werden muss. Dies geht zulasten der Konkretisierung. So sind Innovationsprozesse in der Beschreibung der einzelnen Tätigkeiten in der Regel weniger konkret als reine Produktentwicklungsprozesse. Die Bewertung zeigt, neben den Defiziten, auch, dass eine isolierte Betrachtung von Prozess und Methode aufgrund des ergänzenden Charakters oft nicht zielführend ist.

Fazit

Es wird weiterhin ein konkreter Prozess zur innovativen Arbeitsmittelgestaltung benötigt. Die analysierten Prozesse weisen ohne entsprechende Anpassungen im Bereich der Vollständigkeit und Akzeptanzbildung Defizite auf. Eine Erweiterung vorhandener Prozesse durch fehlende Phasen und begleitende Maßnahmen zur Sicherung der Nutzerakzeptanz ist notwendig.

2.5.2. Defizite bestehender Kataloge

Im Rahmen der Arbeitsmittelgestaltung kann keine konkrete Aussage über den mit der Aufgabe betrauten Personenkreis getroffen werden. Die am Entwicklungsprozess beteiligten Personen bestimmen durch ihr vorhandenes Wissen und die angewendete Arbeitsweise das Entwicklungsergebnis maßgeblich (vgl. Kapitel 2.2.1.1.).

Der Einsatz der Methodik „Katalog“, auf welcher diese Arbeit fokussiert, soll eine Entkopplung von Entwicklungsergebnis und individuellem Wissen ermöglichen. Darüber hinaus soll die Arbeitsweise des Entwicklers durch die methodische Unterstützung vom Intuitiven zum Diskursiven verschoben werden, um Gewohnheitsbremsen abzubauen. In diesem Zusammenhang ist insbesondere die Phase der Ideengenerierung von besonderem Interesse.

Im Rahmen der Arbeit wurden unterschiedliche Lösungssammlungen analysiert. Dabei kann festgehalten werden, dass die Unterstützung stark abhängig vom betrachteten Zielsystem ist. Systeme, welche das Ziel der Entwicklung innovativer Arbeitsmittel verfolgen, konnten nicht gefunden werden. Die untersuchten Methoden verfolgen die folgenden Ziele:

- **Produktkatalog:**
Darstellung und Beschreibung von Produkten für potenzielle Kaufinteressenten aufgrund potenziell relevanter Informationen.
- **Konstruktionskatalog:**
Darstellung von prozessabhängig aufbereiteten Lösungen für eine schnelle und effiziente Lösungsauswahl.
- **Innovationsdatenbank nach HNI & IntraPRO INNOVATION:**
Unterstützung der Produktplanung unter Berücksichtigung der Belange von Markt und Unternehmen.
- **Methods:**
Unterstützung von Entwicklern bei der Auswahl geeigneter Methoden durch Zuordnung von Tätigkeiten und Zielen der Methoden.

Auch wenn kein geeignetes Katalogkonzept identifiziert werden konnte, welches sich direkt auf innovative Arbeitsmittel übertragen lässt, so liefern die analysierten Kataloge wertvolle Hinweise zu notwendigen Anforderungen und potenziellen Grundprinzipien des zu erarbeitenden Katalogkonzepts hinsichtlich Faktoren wie Aufbau und Systematik.

Der Grund für die fehlende Übertragbarkeit liegt in der geringen Unterstützung der Phase der Ideengenerierung und Konzeptbildung. Konzepte wie Konstruktionskataloge oder die in Kapitel 2.4.3.1. beschriebene Innovationsdatenbank des Heinz Nixdorf Instituts greifen für die vorliegenden Aufgaben zu spät ein. Die Unterstützung fokussiert auf der Ausarbeitung einer marktgerechten Lösung. In diesem Bereich existieren u. a. direkt übertragbare Hilfsmittel wie z. B. die Methode des Roadmappings, auf welche in zwei Datenbanken verwiesen wird (Brink et al., 2008; XWS Cross Wide Solutions GmbH, 2013b, p. 2).

Die Phase der Ideengenerierung, in der das prinzipielle Produktkonzept zunächst nur grob definiert wird, ist für eine Innovation von besonderer Bedeutung. Die Ideengenerierung wird lediglich von der Datenbank „Methods“ und von dem Modul Idea & Request Management der Softwarefamilie IntraPRO INNOVATION unterstützt. Dabei verfolgt „Methods“ den Ansatz, den Entwickler bei der Auswahl geeigneten Methoden zu unterstützen. Eine inhaltliche Unterstützung in der Ideengenerierung findet jedoch nicht statt. Diese wird lediglich indirekt im Rahmen des Idea & Request Management geboten. Die Software fungiert dabei, analog zu vielen anderen Softwaretools des Ideenmanagements, als Kommunikationsmittel des betrieblichen Vorschlagswesens. Dabei werden die Nutzer der Software mit offenen Themen, zu denen Ideen gesucht werden, konfrontiert, um Ideen zu diesen Bereichen zu erhalten. Darüber hinaus wird die Meinung der Softwareanwender zur Bewertung herangezogen. Die Übertragung des beschriebenen Vorgehens ist, aufgrund der entstehenden Doppelrolle, als kritisch zu betrachten. Zum einen wäre der Arbeiter als Nutzer der Software Ideengeber, zum anderen

aber gleichzeitig auch als von der Innovation betroffene Person eine potenzielle Barriere. Bei der Einbindung von Arbeitspersonen als Ideengeber sind nach Kapitel 2.2.1.3.2. für diesen konkreten Fall eher inkrementelle Verbesserungen zu erwarten.

Fazit

Es wird weiterhin eine Methode zur Unterstützung der innovativen Arbeitsmittelgestaltung benötigt, da vorhandene Katalogsysteme nicht auf das hier vorliegende Zielsystem zugeschnitten sind.

3. Prozess zur Gestaltung innovativer Arbeitsmittel

Gemäß dem Stand der Technik fehlt ein Prozess zur Gestaltung innovativer Arbeitsmittel. Ein solcher Prozess wird in Kapitel 3. entwickelt und beschrieben. Abbildung 32 beschreibt den Aufbau des Kapitels im Detail. Zur Unterstützung des Prozesses wird darauf aufbauend ein Technologiecatalog erarbeitet. Dieser wird ausführlich in Kapitel 4. beschrieben.

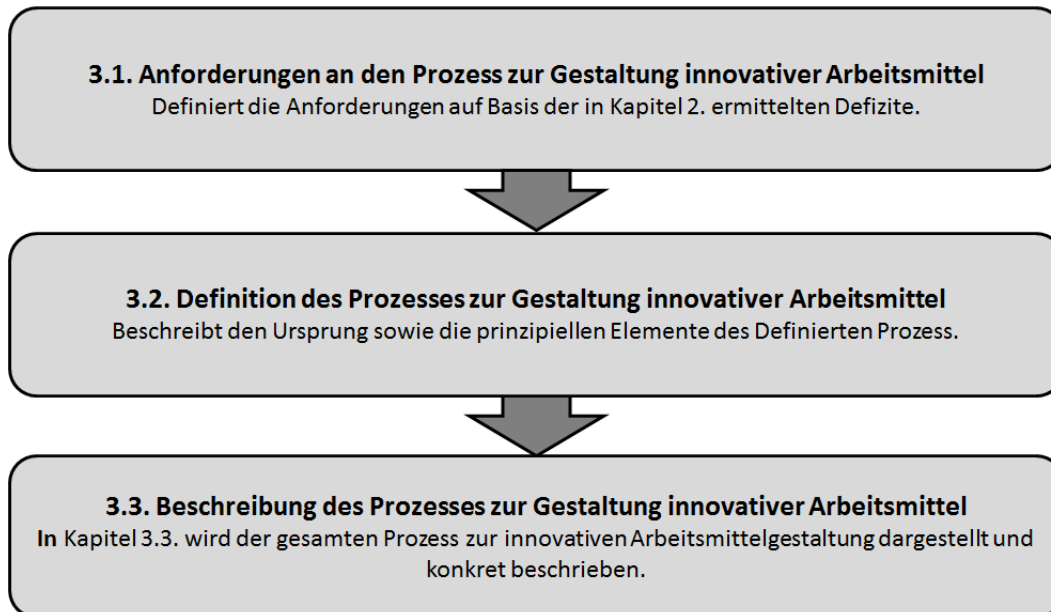


Abbildung 32: Darstellung Aufbau Kapitel 3.

3.1. Anforderungen an den Prozess zur Gestaltung innovativer Arbeitsmittel

Zur Beseitigung der bestehenden Defizite ist die Definition eines neuen Prozesses notwendig. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Prozess und die damit verbundene Unterstützung primär auf den Entwickler des Arbeitsmittels fokussieren. Der Entwickler kann dabei in Form einer oder mehrerer aus unterschiedlichen Abteilungen stammenden Personen auftreten. Der gesuchte Prozess ist dabei als Hilfsmittel zu verstehen. Er soll die Entwickler in ihrer Rolle als Innovator stärken, indem er vorhandene Gewohnheitsbremsen abbaut und bestehende Lösungen hinterfragt. Um dies für den Entwickler zu erreichen, muss der Entwicklungsprozess in allen notwendigen Phasen ausreichend detailliert sein.

Die analysierten Prozesse lassen sich, wie in Abbildung 31 dargestellt, in die Phasen Planung, Entwicklung, Produktion und Markteinführung unterteilen. Bei der Analyse fiel auf, dass vorhandene Innovationsprozesse in der Regel auf die Planungsphase fokussieren. Dabei richten sie sich weniger an den Entwickler der Innovation. Sie gehen davon aus, dass Innovationen bis zur Konzeptebene in einem vorgelagerten Prozess durch Instrumente der Unternehmensführung definiert werden.

Die der Planungsphase zuzuordnenden für einen Innovationssprozess mindestens erforderlichen Tätigkeiten bestehen nach Utterback (1971) aus:

1. Innovationsanstoß: Beschreibt die Feststellung eines Innovationsdefizites und die darauf aufbauende Definition von Zielen. Der Anstoß kann dabei von innen oder von außen kommen.
2. Ideengenerierung: Suche nach Ideen, wie die definierten Ziele verwirklicht werden können.
3. Ideenbewertung: Bewertung bestehender Lösungsansätze hinsichtlich ihrer möglichen Erfolgchancen sowie die Durchführung einer Kosten-Nutzen-Betrachtung.

Im vorliegenden Fall soll die Innovation von innen heraus durch den Entwickler geschehen, wodurch sich die oben aufgeführten Tätigkeiten, zumindest teilweise, in den Aufgabenbereich des Entwicklers verschieben.

Im Anschluss an die Planung findet die Ideenumsetzung statt (Utterback, 1971). Die Ideenumsetzung fasst die Produktentwicklung und die Herstellung des Produktes (Produktion) zusammen. Die Analyse zeigte eine eher oberflächliche Betrachtung dieser Phasen durch Innovationsprozesse. Häufig wird auch auf konkrete Produktentwicklungsprozesse verwiesen, welche nach der Planung eingesetzt werden können. Die analysierten Produktentwicklungsprozesse orientieren sich dabei näher an der Zielgruppe und sind in der Phase der Entwicklung weitaus umfangreicher und detaillierter.

Der Einfluss des Entwicklers auf die Produktion wird, für den vorliegenden Fall der innovativen Arbeitsmittelgestaltung, als minimal eingestuft, weshalb diese Phase im Folgenden nicht weiter betrachtet wird. Begründet werden kann diese Entscheidung durch die Annahme, dass die Mehrzahl der Unternehmen, aufgrund fehlender Produktionsanlagen, nur mit einem erheblichen Aufwand in der Lage sein wird, die definierten Arbeitsmittel selbst herzustellen. Der Regelfall wird demnach in der Vergabe der Produktion an einen externen Dienstleister, der ausreichend Kompetenz auf dem Gebiet des zu realisierenden Produktes aufweist, bestehen.

Andererseits ist es ebenfalls denkbar, dass das Unternehmen eigenständig Produkte beschafft, welche seinen Anforderungen an ein innovatives Arbeitsmittel entsprechen, und ggf. Modifikationen gemäß seiner Vorstellungen und Wünsche vornimmt. Bei beiden Varianten ist der direkte Einfluss des Entwicklers jedoch eher von untergeordneter Bedeutung.

Im Anschluss an die Ideenumsetzung findet die Einführung der umgesetzten Ideen auf dem Markt statt. Im hier vorliegenden Fall bedeutet dies konkret die Einführung des neuen Arbeitsmittels im Unternehmen. Die Frage nach sinnvollen Tätigkeiten bei der Einführung des neuen Arbeitsmittels kann nicht allgemein beantwortet werden, da die Einführung stark vom entwickelten Arbeitsmittel sowie von unternehmenseigenen Faktoren abhängig sein wird. Exemplarisch sind an dieser Stelle Unternehmensgröße und Organisationsstruktur zu nennen (Stern & Jaberg, 2010). Es kann davon ausgegangen werden, dass der Einfluss des Entwicklers auf die Einführung des Arbeitsmittels minimal ist. Dennoch ist es notwendig, entsprechende Schnittstellen vorzusehen, da die richtige Einführung eines Arbeitsmittels in ein Unternehmen ein kritischer Faktor für dessen Erfolg oder Misserfolg darstellt (Lux, 2012).

Ein weiterer wichtiger Erfolgsfaktor von innovativen Arbeitsmitteln liegt, wie im Kapitel 2.1.3.2.3. dargestellt, in der Akzeptanz des Arbeitsmittels durch den späteren Nutzer. Der Entwickler ist in der Lage, die Wahrscheinlichkeit, dass das entwickelte Arbeitsmittel Akzeptanz bei den späteren Nutzern hervorruft, durch eine partizipative Arbeitsgestaltung positiv zu beeinflussen (Burmester & Görner, 2003; Dahm, 2006; Jackson, 1980; Peschke, 1988; von Rosenstiel, 1987; Zink, 2009). Da eine Partizipation im Rahmen einer innovativen Entwicklung auch Nachteile mit sich führen kann, muss die Einbindung der Nutzer in den Prozess bedacht gewählt werden. Der Prozess sollte demnach eine Aussage über den zulässigen Partizipationsgrad offenlegen.

Zusammenfassung

- Der zu definierende Prozess muss alle relevanten Elemente enthalten. Diese belaufen sich insbesondere auf Tätigkeiten der Entwicklung und der Planung.
- Die Elemente der Planung sind dabei an die Zielgruppe anzupassen.
- Weiterhin ist eine Schnittstelle zur Einführung vorzusehen, auch wenn davon ausgegangen werden kann, dass diese durch den Entwickler verantwortet wird.
- Der Prozess muss den Grad der empfohlenen Partizipation festschreiben.

3.2. Definition des Prozesses zur Gestaltung innovativer Arbeitsmittel

Der definierte Prozess stellt eine Erweiterung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses dar. Die Besonderheit, welche zur Auswahl des Prozesses führte, liegt in der Tatsache begründet, dass der Prozess eine nutzerzentrierte Betrachtung repräsentiert. Dies bedeutet, dass der Prozess vom Entwickler verlangt, die Position des Nutzers einzunehmen und die Entwicklung anhand der Bedürfnisse der Nutzer zu orientieren. Dadurch soll eine bessere Passung zwischen Nutzer und Produkt erreicht werden, was gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit auf Akzeptanz erhöht (Dahm, 2006; Damodaran, 1996; Jackson, 1980; Shneiderman & Plaisant, 2005). Das Einnehmen der Nutzersicht stellt dabei eine aktive Maßnahme dar, um das Risiko einer Fehlentwicklung zu minimieren, und ist somit ein zusätzlicher Kontrollmechanismus für die Entwicklung innovativer Arbeitsmittel. Weiterhin ist der Prozess so ausgelegt, dass eine Nutzerpartizipation nicht zwingend erforderlich ist. Die Anwendbarkeit des Prozesses bei der Entwicklung gebrauchstauglicher Produkte im Arbeitskontext wurde ebenfalls bereits erfolgreich nachgewiesen (vgl. u. a. König, 2012).

Die Vorteile, welche sich durch die Anwendung des Prozesses ergeben, sind u. a. in den ihm zugrunde liegenden Grundsätzen verankert. Diese gilt es, für den angepassten Prozess zu erhalten. Ausgangspunkt der Entwicklung sind daher die zukünftigen Nutzer samt ihrer Arbeitsaufgaben und der Arbeitsumgebung, in der das zu entwickelnde Arbeitsmittel angewendet werden soll. Der Prozess soll bei der Entwicklung die gesamte Erfahrung der zukünftigen Anwender berücksichtigen.

Hierfür ist die Erarbeitung eines umfassenden Verständnisses notwendig. Im Rahmen des Prozesses sind alle relevanten Interessengruppen mit einzubeziehen. Dies umfasst, neben den späteren Anwendern, auch alle relevanten Stakeholder, wie z. B. das Wartungspersonal etc. (vgl. DIN EN ISO 9241-210, 2010). Die Berücksichtigung aller Beteiligten soll zu einer Akzeptanzsteigerung des neuen Arbeitsmittels im Unternehmen beitragen.

Die Entwicklung erfolgt iterativ. Jede Iteration geht mit einem Wissensgewinn einher (König, 2012). Dies ermöglicht es, Anforderungen kontinuierlich zu verfeinern, Prototypen an die Bedürfnisse der Nutzer anzupassen oder Unsicherheiten durch eine begleitende Evaluation abzubauen (DIN EN ISO 9241-210, 2010).

Das iterative Vorgehen ist insbesondere für innovative Entwicklungen geeignet (vgl. u. a. Keuper, 2013), da gerade bei Innovationen davon auszugehen ist, dass nicht alle Anforderungen bereits zu Beginn der Entwicklung bekannt sind und/oder klar definiert werden können. Es ist damit zu rechnen, dass Anforderungen für den vorliegenden Anwendungsfall zunächst noch erhoben oder evaluiert werden müssen.

Ein weiterer Grundsatz des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses, welcher für den neuen Prozess beibehalten werden soll, beschreibt die Einbeziehung von unterschiedlichen Sichtweisen in den Entwicklungsprozess. Aus diesem Grund wird gefordert, dass die Entwicklung in interdisziplinären Teams durchzuführen ist. Die Erfüllung dieser Forderung ist für die Entwicklung innovativer Arbeitsmittel ebenfalls wünschenswert, wenn auch im unternehmerischen Kontext nicht immer umsetzbar. Das Zusammenführen von Fachwissen aus unterschiedlichen Disziplinen soll eine größere Wissensbasis bereitstellen und dadurch Kreativität und Ideenmenge fördern sowie Bewertungen aus unterschiedlichen Sichtweisen ermöglichen (DIN EN ISO 9241-210, 2010).

Der menschenzentrierte Gestaltungsprozess deckt in seinem Ursprungszustand lediglich die Phasen der Produktentwicklung ab. Um den Prozess auch für die Gestaltung innovativer Arbeitsmittel einsetzen zu können, ist eine Beseitigung der in Kapitel 2.5.1. definierten Defizite notwendig. Dabei handelte es sich hauptsächlich um Mängel aus den Bereichen der Vollständigkeit, der Förderung der Kreativität und des mangelnden Detaillierungsgrads im Feld der Ideengenerierung. Einfach dargestellt ist der Entwicklungsprozess um die Phasen der Planung und Markteinführung, in ausreichender Detaillierung, zu erweitern.

Die Planungsphase besteht aus den von Utterback (1971) definierten Tätigkeiten Innovationsanstoß, Ideengenerierung und Bewertung der Idee. Das beschriebene 3-Zyklen-Modell nach Gausemeier behandelt im ersten Zyklus ausschließlich die Planung bis hin zur Erarbeitung eines Produktkonzepts. Neben den mindestens geforderten Prozessschritten ist dort die Phase der Geschäftsfeldplanung zu finden. Ziel dieser Phase ist es, das Unternehmen vorteilhaft auf dem Markt zu platzieren, so dass sich ein nachhaltiger und dauerhafter Erfolg einstellen kann (Gausemeier et al., 2007). Auch im Rahmen der innovativen Arbeitsmittelgestaltung wird eine Kontrollinstanz notwendig sein. Diese gewinnt an Bedeutung, wenn man bedenkt, dass die Veränderung von Arbeitsmitteln eine Rückwirkung auf die bestehende Arbeitsaufgabe und den bestehenden Prozess der betrachteten oder angeschlossenen Arbeitssysteme haben kann. Die Aufgabe dieser Instanz wird in der Schaffung und der Erhaltung der bestmöglichen Voraussetzungen für den zukünftigen Erfolg der Arbeitssysteme liegen. Die Aufgabe umfasst die Planung, Einführung und Begleitung der neuen Arbeitsmittel sowie die Planung von Revisionen. Weiterhin besteht die Aufgabe dieser Instanz in der rechtzeitigen Schaffung von notwendigen Schnittstellen über die Grenzen des betrachteten Arbeitssystems hinaus.

Diese Phase wird im Folgenden als „strategische Planung“ bezeichnet. Sie definiert die Schnittstelle zur Einführung der innovativen Arbeitsmittel und begleitet deren Einführung. Indirekt enthält sich auch eine Schnittstelle zur Geschäftsfeldplanung, wie von Gausemeier (2013) definiert. So obliegt es der strategischen Planung, die geplanten Entwicklungen und identifizierten Potentiale auf Kompatibilität zur Geschäftsfeldplanung und zur Marktsituation zu prüfen. Die strategische Planung gehört dabei nicht mehr in den Aufgabenbereich des Entwicklers.

3.3. Beschreibung des Prozesses zur Gestaltung innovativer Arbeitsmittel

Der definierte Prozess zur Gestaltung innovativer Arbeitsmittel ist in Abbildung 33 dargestellt.

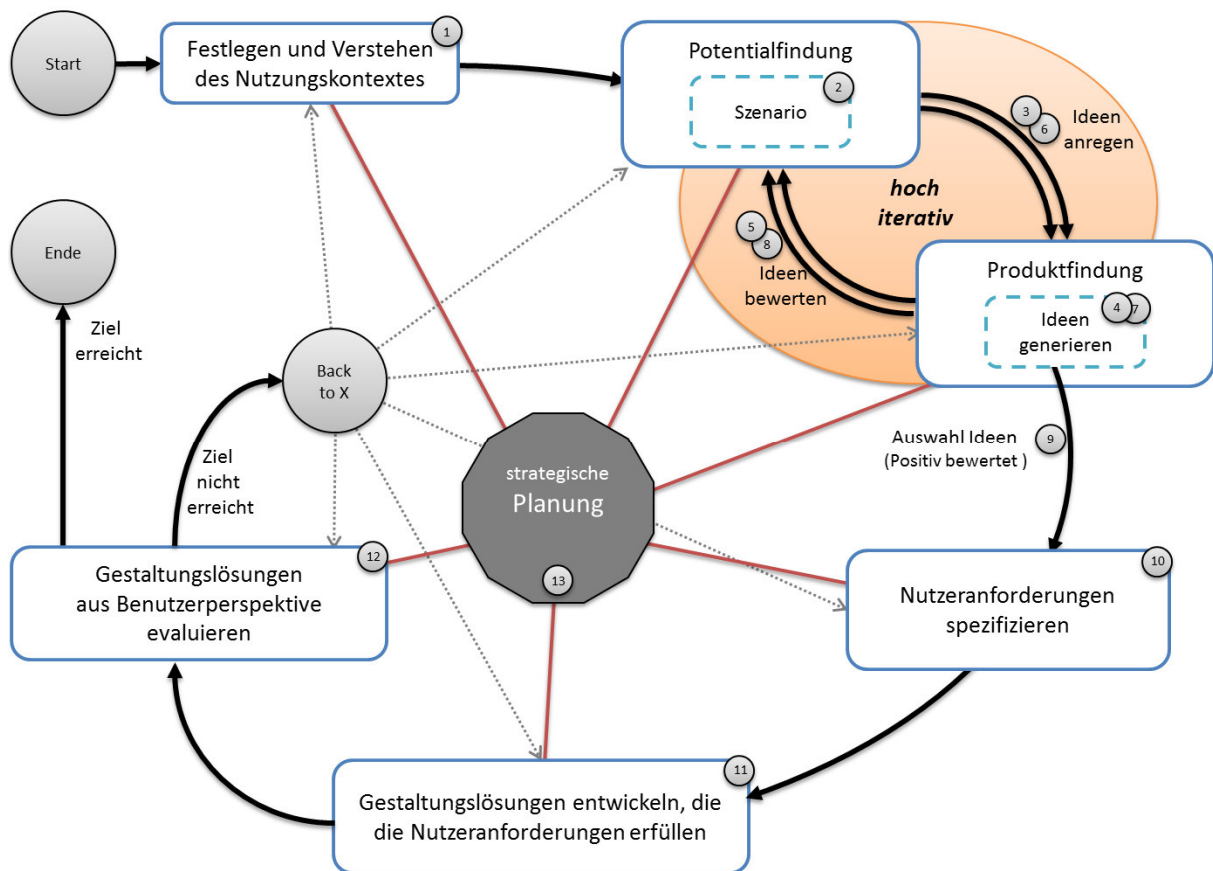


Abbildung 33: Erarbeiteter Prozess zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel

Der definierte Prozess besteht aus insgesamt sieben Aktivitäten (vgl. Abbildung 33, blaue Kästen), die wie folgt definiert sind:

- Festlegen und Verstehen des Nutzungskontextes,
- Potentialfindung,
- Produktfindung,
- Nutzeranforderungen spezifizieren,
- Erarbeiten von Gestaltungsentwürfen, die die Nutzeranforderungen erfüllen,
- Gestaltungslösungen aus Nutzerperspektive evaluieren,
- strategische Planung.

Die Aktivitäten können dabei als notwendige Arbeitspakete verstanden werden, zu deren erfolgreicher Abarbeitung die Erfüllung konkreter Tätigkeiten notwendig ist. Die Aktivitäten sind in Abbildung 33 mit schwarzen Pfeilen verbunden. Die Verbindungen stellen den logischen Ablauf des Prozesses beim vollständigen Durchlauf eines Zyklus da. Innerhalb eines Zyklus ist auch das Über- oder Zurückspringen zu andere Aktivitäten zulässig, sofern dies für die Entwicklung, z. B. aufgrund neuer Erkenntnisse, als sinnvoll erachtet wird.

Der besseren Übersicht wegen wurden der Anfang und das Ende des Prozesses mit „Start“ und „Ende“ separat gekennzeichnet (vgl. Abbildung 33, graue Kreise). An dieser Stelle ist darauf

hinzuweisen, dass der Marker „Ende“ nur symbolisch für den Abschluss der Entwicklungsaktivitäten steht. Er bildet somit die Schnittstelle zur Fertigung des entwickelten Arbeitsmittels oder einzelner Teilelemente des Arbeitsmittels. Der Prozess enthält einen dritten grauen Kreis. Dieser ist mit „Back to X“ beschrieben. Das X stellt dabei einen Platzhalter für jede beliebige Aktivität oder Tätigkeit innerhalb des Prozesses da, wie die grauen gestrichelten Pfeile symbolisch darstellen sollen. Diese Pfeile symbolisieren somit die iterative Anwendung des Prozesses. Die Anwendung des Prozesses wird dabei durch einen mehrfachen Durchlauf aller Aktivitäten gekennzeichnet sein. Dabei ist eine Bearbeitung der Aktivitäten auf unterschiedlichen Ebenen und mit unterschiedlichen Detaillierungsgraden zu erwarten.

Ein weiteres wesentliches Element des neuen Prozesses ist die strategische Planung (vgl. Abbildung 33, graues Zwölfeck). Entgegen den in Kapitel 2.3. vorgestellten Prozessen ist die strategische Planung mit allen Aktivitäten und Tätigkeiten innerhalb des Entwicklungsprozesses vernetzt, wie die roten Verbindungslinien innerhalb des Prozesses verdeutlichen sollen. Ihre Aufgabe besteht u. a. in der Steuerung des Entwicklungsprozesses unter Berücksichtigung der aktuellen Erkenntnisse und der Koordination weiterer betrieblicher Aktivitäten. Sie bildet somit eine Schnittstelle zu anderen Bereichen und überprüft die Entwicklungen auf Kompatibilität mit der strategischen Gesamtausrichtung des Unternehmens.

Die im Schaubild hinterlegten Ziffern verweisen dabei auf wichtige Tätigkeiten. Die Nummerierung besitzt dabei lediglich einen orientierenden Charakter und lässt keine Rückschlüsse auf die tatsächliche Reihenfolge der Abarbeitung zu. Bei dem dargestellten Prozess handelt es sich, wie im vorangegangenen Kapitel bereits erläutert, um einen iterativen Prozess, bei dem auch Sprünge zwischen den einzelnen Aktivitäten und somit auch unter den Tätigkeiten zulässig sind.

Im Folgenden werden die Aktivitäten samt relevanter Tätigkeiten näher erläutert und beschrieben. Die Darstellung erfolgt der besseren Übersichtlichkeit wegen in Tabellenform. Vergleiche hierzu Tabelle 10 bis Tabelle 16.

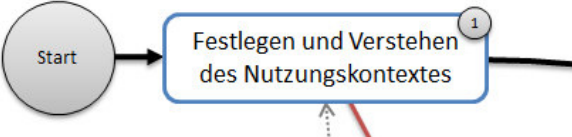
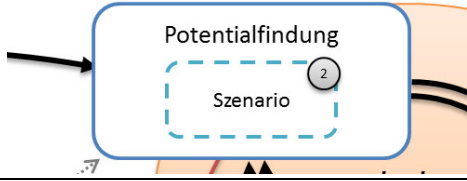
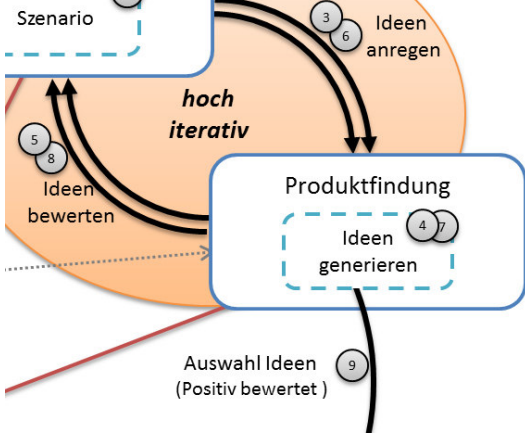
Aktivität:	Festlegen und Verstehen des Nutzungskontextes
	
Durchzuführende Tätigkeiten	(1) Durchführung einer Nutzungskontextanalyse
Beschreibung	<p>Die erste Aktivität beschreibt die Erhebung des Ist-Zustandes, analog zur DIN EN ISO 9241-210. Die Durchführung der Nutzungskontextanalyse ist entscheidend für die Qualität der nachfolgenden Prozessschritte. Zur Erhebung des aktuellen Systemzustandes ist eine Arbeitssystemanalyse durchzuführen. Nach DIN EN ISO 9241-11 (1998) sollten hierbei der Nutzer, seine Arbeitsaufgabe(-n) sowie die verwendeten Arbeitsmittel (sowohl Hardware und Software, als auch Materialien) berücksichtigt werden. Zusätzlich dazu ist ebenfalls die Umgebung (sowie sowohl die physische als auch die soziale bzw. organisatorische Umgebung) zu berücksichtigen, in der das Arbeitsmittel später genutzt werden soll.</p> <p>Die Analyse des Nutzungskontextes zwingt den Entwickler dazu, sich detailliert mit den Rahmenbedingungen, für die er das Arbeitsmittel entwickeln soll, auseinanderzusetzen, und in diesem Bereich gezielt Wissen aufzubauen. Als Methoden stehen hierfür z. B. die Betrachtung der Arbeitsplätze, die Durchführung von Befragungen und Beobachtungen etc. zur Verfügung. Darüber hinaus vereinfacht die Analyse zusätzlich die Kommunikation zwischen den an der Entwicklung beteiligten Personen. Sie hilft bei der Identifikation der wesentlichen Komponenten des Arbeitssystems, die es bei der weiteren Gestaltung entsprechend zu berücksichtigen gilt.</p>
Empfohlener Grad der Nutzerpartizipation	<p>Passive Mitwirkung von Anwendern und Stakeholdern – Informant</p> <p>Diese dienen als Informanten. Die Meinungen und Einschätzungen der Anwender und Stakeholder hinsichtlich des bestehenden Arbeitssystems werden durch das Projektteam erhoben. Inwieweit diese Einschätzungen das weitere Vorgehen beeinflussen, liegt im Ermessen des Projektteams selbst.</p>

Tabelle 10: Detaillierung Aktivität „Festlegen und Verstehen des Nutzungskontextes“

Aktivität:	Potentialfindung
	
Durchzuführende Tätigkeiten	(2) Ermittlung von aktuellen und zukünftigen Potentialen mittels Szenarien
Beschreibung	<p>Ziel der Potentialfindung ist es, den Handlungsbedarf für das aktuelle oder zukünftige Arbeitssystem abzuleiten, um auch morgen noch den Anforderungen des Marktes gerecht zu werden. Potentiale, welche sich durch Arbeitsmittel beeinflussen lassen, können nach Kapitel 2.1.3.2.2. z. B. in einer direkten oder indirekten Kostensenkung, einer Reduzierung der Belastungen oder in einer Erhöhung der Effektivität oder der Effizienz liegen. Um die allgemeingültigen Potentiale in konkrete Handlungsoptionen umzuwandeln, sind bis zu zwei Teilschritte notwendig.</p> <p>Ermittlung von Potentialen auf Basis des aktuellen Systemzustands</p> <p>In der Regel lassen sich erste Indizien für einen möglichen Handlungsbedarf bereits aus der Nutzungskontextanalyse ableiten. Diese bauen in der Regel auf vorhandenen Problemen auf, welche z. B. aus einer Analyse von negativen Vorfällen gewonnen werden können. Identifizierte Probleme können z. B. in der Identifizierung von zu aufwendigen Nebentätigkeiten (insbesondere aus nicht mehr zeitgemäßen Arbeitsmitteln) bestehen, die von der eigentlichen Kernaufgabe ablenken. Darüber hinaus sind die Fähigkeiten, Fertigkeiten und Eigenschaften der Nutzer sowie Aussagen über auftretende Belastungen, zuverlässige Indikatoren für potenzielle Engpässe, aus denen sich wiederum ein möglicher Handlungsbedarf ableiten lässt.</p> <p>Ermittlung von Potentialen auf Basis des zukünftigen Systemzustands</p> <p>Hinsichtlich des Gedankens der strategischen Planung und der Tatsache, dass Arbeitsmittel in der Regel im Unternehmen eine lange Gültigkeit besitzen, ist zusätzlich eine prospektive Betrachtung des Arbeitssystems zwingend notwendig. Zum Einsatz können hier Methoden wie z. B. die Szenario-Technik kommen. Der Prognosezeitraum sollte den zu erwartenden Realisierungszeitraum, zzgl. der geplanten Einsatzdauer des zu entwickelnden Arbeitsmittels, nicht unterschreiten. Ziel der Betrachtung ist es, eine möglichst genaue Prognose des zukünftigen Arbeitssystems zu erstellen, so dass bereits frühzeitig auf die daraus resultierenden neuen Aufgaben und Anforderungen reagiert werden kann.</p>

Empfohlener Grad der Nutzerpartizipation	Passive Mitwirkung von Anwendern und Stakeholdern – Experte
	<p>Insbesondere im Bereich der Szenario-Entwicklung, welche in die Zukunft gerichtet ist, kann eine Befragung von Nutzern und Stakeholdern wertvolle Zusatzinformationen im Bereich der Potentiale liefern. Eine Befragung der Nutzer hinsichtlich der Einschätzung ihrer zukünftigen Rolle im Arbeitssystem, und den daraus resultierenden Veränderungen, z. B. im Bereich der an sie gestellten Anforderungen, kann zur Identifizierung neuer Potentiale beitragen. Die Einschätzung der Nutzer kann dabei als Expertenmeinung für das betrachtete Arbeitssystem angesehen werden – inwieweit die beschriebenen Szenarien tatsächlich von Relevanz sind, muss das Projektteam entscheiden.</p>

Tabelle 11: Detaillierung Aktivität „Potentialfindung“

Aktivität:	Produktfindung	
		
Durchzuführende Tätigkeiten	(3) / (6) (4) / (7) (5) / (8) (9)	Ideen anregen (in unterschiedlichen Iterationsstufen) Ideen generieren (in unterschiedlichen Iterationsstufen) Ideen bewerten (in unterschiedlichen Iterationsstufen) Auswahl einer Idee zwecks Umsetzung
Beschreibung	<p>Nachdem die Potentiale, welche es unter Einsatz von Technik zu lösen gilt, definiert wurden, ist ein geeignetes Produkt zu definieren, das in der Lage ist, die in der Potentialfindung identifizierten Defizite aufzulösen. Dies wird im Folgenden als Produktfindung bezeichnet.</p> <p>Bei einem Produkt handelt es sich nach (Kotler, Bliemel & Keller, 2011) um ein Leistungspaket zur Befriedigung funktionaler Bedürfnisse. Um dieses Leistungspaket zu definieren, werden zunächst Ideen benötigt, wie das Potential bestmöglich ausgeschöpft werden kann. Um diese Ideen zu produzieren, können z. B. Kreativitätsmethoden eingesetzt werden, um die Ideengenerierung zielgerichtet anzuregen (Brunner, 2008). Die so generierten Ideen sind zu bewerten – dies sollte abhängig vom Systemzustand bzw. Szenario geschehen, in dem sich das Arbeitssystem zum Zeitpunkt der möglichen Realisierung befindet.</p> <p>Bei den Schritten 3–8 handelt es sich um ein hochgradig iteratives Vorgehen, welches immer wieder mit den definierten Szenarien und Potentialen abgeglichen wird. Dabei ist davon auszugehen, dass die gefundenen Potentiale, bei dem theoretischen Einsatz der ausgewählten Lösungen im Arbeitskontext, neue Defizite und Potentiale aufzeigen.</p> <p>Letztendlich sollte das Ergebnis der Produktfindung in der Auswahl einer positiv bewerteten Idee oder in einem Ideensystem liegen, welches mit der strategischen Planung abgestimmt ist. Der Status der Idee sollte mindestens ein erstes grobes Konzept erreicht haben.</p>	

Empfohlener Grad der Nutzerpartizipation	Keine Partizipation
	Eine Beteiligung von Nutzern im Bereich der Ideengenerierung ist nicht notwendig und kann sogar kontraproduktiv sein (vgl. Kapitel 2.2.1.3.2.). Hinsichtlich der Bewertung besteht das Risiko, dass Nutzer aufgrund von Unsicherheiten innovative Ideen ablehnen. Es wird empfohlen, die Bewertung durch Nutzer solange zu verschieben, bis ausreichend Anschauungsmaterial vorliegt.

Tabelle 12: Detaillierung Aktivität „Produktfindung“

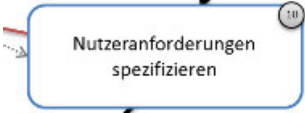
Aktivität:	Nutzeranforderungen spezifizieren
	
Durchzuführende Tätigkeiten	(10) Ermittlung und Konkretisierung von Anforderungen
Beschreibung	<p>Nachdem im vorangegangenen Schritt eine Konkretisierung des Endproduktes (wenn auch im weitesten Sinne) erfolgt ist, befasst sich der kommende Prozessschritt mit der Ermittlung und Spezifizierung von Nutzeranforderungen für das zu entwickelnde Arbeitsmittel nach dem Vorbild der DIN EN ISO 9241-210. Die Tätigkeit baut auf dem analysierten Nutzungskontext, dem entwickelten Szenario und dem Fachwissen des Entwicklers und der Nutzer auf. Die Aufgabe des Entwicklers liegt zum einen in der Beschreibung der erwünschten Eigenschaften, zum anderen aber auch in der Überführung dieser Eigenschaften in überprüfbare Ziele.</p> <p>Zur Detaillierung können u. a. relevante Normen und Forschungsprojekte (für Arbeitskontext oder Arbeitsmittel), betriebliche Dokumente wie z. B. interne Guidelines etc. herangezogen werden. Die Anforderungen gilt es, in späteren Iterationen immer weiter auszubauen und zu ergänzen. Darüber hinaus kann es zu Zielkonflikten zwischen einzelnen Anforderungen kommen, welche ebenfalls gelöst werden müssen.</p>
Empfohlener Grad der Nutzerpartizipation	<p>Passive bis aktive Mitentscheidung von Anwendern und Stakeholdern</p> <p>Nachdem das zu entwickelnde Produkt (zumindest in groben Zügen) bekannt ist, ist die Einbindung von späteren Anwendern möglich und sinnvoll. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es Nutzern in der Regel schwerfällt, ein Optimum zu beschreiben. Einfacher sind unpassende Elemente zu kritisieren (vgl. Kapitel 2.2.1.3.2.). Daher wird in den anfänglichen Iterationen eine passive Mitentscheidung der Nutzer empfohlen. Der Entwickler ist so in der Lage herauszufinden, welche Anforderungen den Nutzern bei der Umsetzung eines solchen Produkts wichtig sind und der Entwickler kann diese mit seiner Einschätzung abgleichen.</p> <p>In späteren Iterationen tritt die Überführung von Anforderungen in überprüfbare Werte in den Vordergrund. Anhand von Anschauungsobjekten sind Nutzer in der Lage, eine Entscheidung für oder gegen einen konkreten Wert (z. B. Schriftgröße 10 pt vs. 16 pt) zu fällen. Auch ist eine Priorisierung durch die Nutzer bei der Lösung von Zielkonflikten denkbar. Die Einbeziehung der Nutzer in Form eines aktiven Entscheidens wird empfohlen.</p>

Tabelle 13: Detaillierung Aktivität „Nutzeranforderungen spezifizieren“

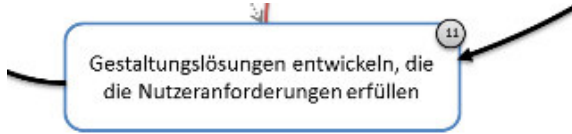
Aktivität:	Erarbeiten von Gestaltungsentwürfen, die die Nutzeranforderungen erfüllen																
																	
Durchzuführende Tätigkeiten	(11) Erarbeitung und Realisierung von Prototypen																
Beschreibung	<p>Gemäß dem menschenzentrierten Gestaltungsprozess befasst sich dieser Prozessschritt mit dem Festlegen von Lösungen zur Erfüllung der Nutzeranforderungen. Hierzu zählen im Original auch die Festlegung auf die Art des HMI sowie die grundsätzliche Funktionalität. Die Punkte der Hardwareauswahl und der sich dahinter verbergenden Funktionalität, sind in dem vorliegenden Fall jedoch in die Produktfindung ausgelagert weshalb hier eher die anderen Ebenen (vgl. Abbildung 34) weiter detailliert werden sollen.</p> <table border="1" data-bbox="592 853 1374 1279"> <tr> <td>Aufgabenebene</td> <td>Funktionsallokation, Teilaufgaben</td> </tr> <tr> <td>Semantische Ebene</td> <td>Systemobjekte und -operationen, Metaphern</td> </tr> <tr> <td>Syntaktische Ebene</td> <td>Regeln zum Anwenden von Operationen</td> </tr> <tr> <td>Interaktionsebene</td> <td>Merkmale der Interaktion</td> </tr> <tr> <td>Medienebene</td> <td>Modalitäten des Informationsaustauschs</td> </tr> <tr> <td>Räumliche Ebene</td> <td>Formate der Informationsausgabe und -eingabe</td> </tr> <tr> <td>Kodierungsebene</td> <td>Zeichen, Symbole, Icons, ...</td> </tr> <tr> <td>Hardware-Ebene</td> <td>Ein- und Ausgabegeräte</td> </tr> </table> <p>Abbildung 34: Ebenenmodell der User-Interface-Gestaltung (König, 2012)</p> <p>Darüber hinaus ist in diesem Arbeitspaket die Erstellung von Prototypen zur späteren Evaluation angedacht. Bei den Prototypen kann es sich um ein weites Spektrum unterschiedlicher Funktionstiefe und unterschiedlichen Funktionsumfangs handeln. Das Resultat dieses Arbeitspakets kann daher, von einem ersten groben Konzept bis hin zu einem voll funktionsfähigen Prototypen, alles sein. Das Ziel des Prototypen besteht in einem frühzeitigen Testen der Funktionalitäten, so dass auf neue oder sich ändernde Anforderungen rechtzeitig reagiert werden kann.</p>	Aufgabenebene	Funktionsallokation, Teilaufgaben	Semantische Ebene	Systemobjekte und -operationen, Metaphern	Syntaktische Ebene	Regeln zum Anwenden von Operationen	Interaktionsebene	Merkmale der Interaktion	Medienebene	Modalitäten des Informationsaustauschs	Räumliche Ebene	Formate der Informationsausgabe und -eingabe	Kodierungsebene	Zeichen, Symbole, Icons, ...	Hardware-Ebene	Ein- und Ausgabegeräte
Aufgabenebene	Funktionsallokation, Teilaufgaben																
Semantische Ebene	Systemobjekte und -operationen, Metaphern																
Syntaktische Ebene	Regeln zum Anwenden von Operationen																
Interaktionsebene	Merkmale der Interaktion																
Medienebene	Modalitäten des Informationsaustauschs																
Räumliche Ebene	Formate der Informationsausgabe und -eingabe																
Kodierungsebene	Zeichen, Symbole, Icons, ...																
Hardware-Ebene	Ein- und Ausgabegeräte																
Empfohlener Grad der Nutzerpartizipation	<p>Passive bis aktive Mitentscheidung der Anwender</p> <p>Im Rahmen dieser Aktivitäten ist die Gestaltung unter aktiver Mitentscheidung der Anwender vorzunehmen. Das Entwicklerteam entscheidet, zusammen mit den Anwendern, wie eine gute Umsetzung auszusehen hat.</p>																

Tabelle 14: Detaillierung Aktivität „Erarbeiten von Gestaltungsentwürfen, die die Nutzeranforderungen erfüllen“

Aktivität:	Gestaltungslösungen aus Nutzerperspektive evaluieren
	<pre> graph TD A[Gestaltungslösungen aus Benutzerperspektive evaluieren (12)] -- Ziel erreicht --> B((Ende)) A -- Ziel nicht erreicht --> C((Back to X)) C -.-> A C -.-> D[] style D fill:none,stroke:none </pre>
Durchzuführende Tätigkeiten	(12) Evaluieren der Lösung
Beschreibung	<p>Der letzte Prozessschritt befasst sich mit der Bewertung der erarbeiteten Lösung aus der Nutzerperspektive heraus und baut auf dem zuvor erarbeiteten Prototypen auf. Hierzu stehen im Allgemeinen Methoden sowohl mit als auch ohne Nutzereinbindung zur Verfügung.</p> <p>Sofern das Ergebnis der Evaluation Defizite aufzeigt (z. B. im Erfüllungsgrad der Anforderungen, Nichterreichung des Potentials mit der ausgewählten Technologie etc.), ist eine Überprüfung der vorangegangenen Schritte notwendig und die Entwicklung ist erneut durchzuführen. Es wird allgemein darauf hingewiesen, dass, insbesondere bei komplexen Systemen, mehrere Iterationen notwendig sind, um die Anforderungen vollständig und korrekt zu erfassen sowie Langzeiteffekte in der Entwicklung entsprechend zu berücksichtigen.</p>
Empfohlener Grad der Nutzerpartizipation	<p>Aktive Partizipation</p> <p>In Anbetracht der geforderten Akzeptanz wird empfohlen, die finale Evaluation mit tatsächlichen Nutzern durchzuführen.</p> <p>Dies gilt auch für frühere Evaluationen – abhängig vom Abstraktionslevel des Prototypen kann, insbesondere in frühen Iterationen, ein Ausweichen auf Experten gerechtfertigt sein.</p> <p>Die Ergebnisse der Evaluation bestimmen das weitere Vorgehen im Projekt. Die Nutzer nehmen die Rolle eines Qualitätsprüfers ein, welcher entscheidet, ob die untersuchten Eigenschaften ihren Ansprüchen genügen oder ob diese überarbeitet werden müssen. Dabei liefern sie Vorschläge, wie eine Verbesserung aussehen könnte.</p>

Tabelle 15: Detaillierung Aktivität „Gestaltungslösungen aus Nutzerperspektive evaluieren“

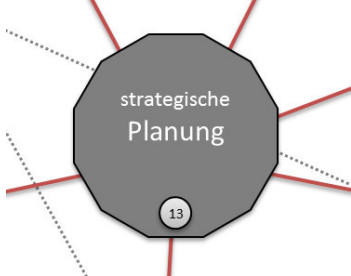
Aktivität:	Strategische Planung
	
Durchzuführende Tätigkeiten	<p>(13) Schaffen von Schnittstellen, Planen und Begleiten von Maßnahmen bezüglich der neuen Arbeitsmittel, definieren ob / wann die Umsetzung neu identifizierter Potentiale aus Unternehmenssicht möglich ist, Durchführung einer langfristigen Unternehmensbetrachtung, ...</p>
Beschreibung	<p>Die strategische Planung stellt eine Kontrollinstanz dar, welche die Schnittstelle zur Einführung der Arbeitsmittel bildet. Dabei enthält sie Elemente des Change-Managements und der Geschäftsplanung.</p> <p>Sie ist notwendig, da die Festlegung auf ein Arbeitsmittel aufgrund des Anpassungsbedarfs der Rahmenbedingungen weitreichende Folgen für den gesamten Arbeitsprozess und die Organisation haben kann.</p> <p>Da jede Entwicklung in definierten Prozessen die Schaffung entsprechender Rahmenbedingungen notwendig machen kann, wurde die strategische Planung nicht als einzelner Prozessschritt implementiert. Stattdessen wurde die Aktivität der strategischen Planung dem Prozess als eine Art übergeordnetes Controllingelement beigelegt, welches mit allen anderen Aktivitäten des Prozesses in Verbindung steht.</p> <p>Das Ziel der strategischen Planung besteht im Schaffen und Erhalten von entsprechenden Rahmenbedingungen, um das Unternehmen dauerhaft auf dem Markt platzieren zu können. Unter Schaffung der notwendigen Rahmenbedingungen soll im Folgenden die Anpassung der Arbeitsbedingungen verstanden werden, die zum Einsatz des neuen Arbeitsmittels notwendig sind. Dabei kann es sich z. B. um die Anpassung der räumlichen, organisatorischen, personellen oder auch aufgabenorientierten Strukturen handeln. Direkt damit verbunden ist der Aufgabenbereich der zeitlichen Planung. Die strategische Planung definiert, wann ein Arbeitsmittel bereit ist, um im Unternehmen eingeführt zu werden. Die Einführung kann schlagartig oder sukzessive erfolgen. Auch die Einführung eines Arbeitsmittels in mehreren Entwicklungsstufen - in Anlehnung an ein Release-Management – kann zielführend sein, zumal die Erfüllung der Nutzeranforderungen auch stufenweise erfolgen kann, sofern sich keine gravierenden Nachteile aus der aktuellen Umsetzung ergeben.</p>

Tabelle 16: Detaillierung Aktivität „Strategische Planung“

4. Technologiekatalog zur innovativen Arbeitsmittelgestaltung

Kapitel 4 befasst sich mit der Entwicklung des Technologiekataloges. Dabei bilden Anforderungen die Basis für das Konzept des Katalogs. Das erstellte Konzept wird in den folgenden Kapiteln immer weiter ausgearbeitet und die Umsetzung final beschrieben. Dabei wird der Katalog für das Zielsystem Mensch-Maschine-System entwickelt. Abbildung 35 verdeutlicht das Vorgehen.

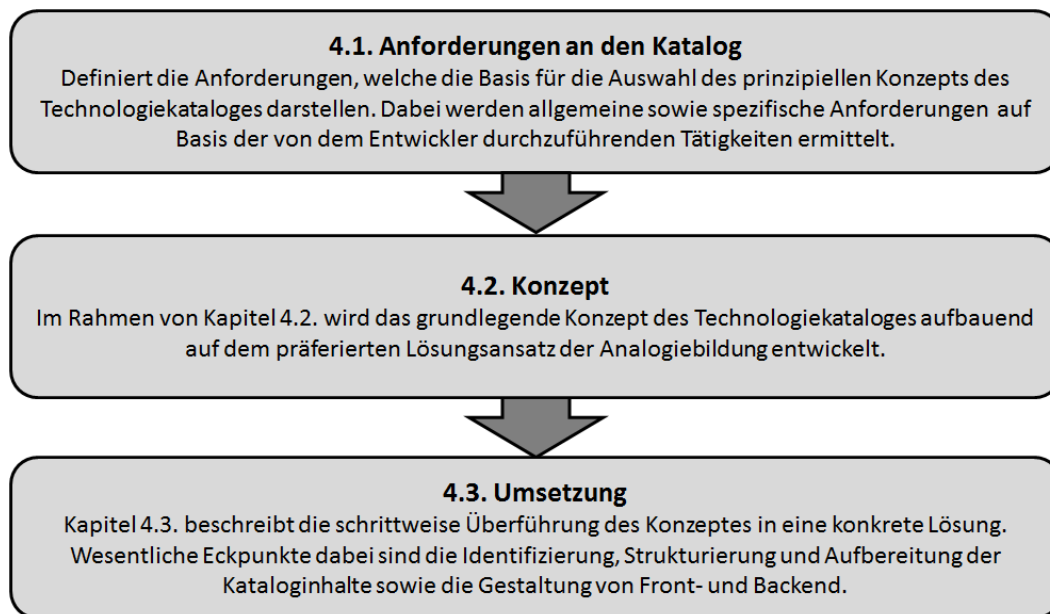


Abbildung 35: Darstellung Aufbau Kapitel 4.

4.1. Anforderungen an den Katalog

Der in Kapitel 3. definierte Prozess bietet dem Entwickler Unterstützung auf operativer Ebene. Er definiert die notwendigen Tätigkeiten zum Finden und zur Ausarbeitung einer innovativen Idee für das Zielsystem eines innovativen Arbeitsmittels. Dennoch besteht der methodische Unterstützungsbedarf für das Finden innovativer Gestaltungslösungen weiterhin. Im folgenden Kapitel sollen die Anforderungen an die zu gestaltende Methodik definiert werden.

4.1.1. Allgemeine Anforderungen

Bei dem Katalog soll es sich um eine Methode handeln, die den Entwickler bei der Identifikation und Entwicklung innovativer Gestaltungslösungen gezielt unterstützt. Um das zu erreichen, muss der Katalog einfach und verständlich aufgebaut sein. Da keine konkrete Nutzergruppe als Anwender des Katalogs identifiziert werden kann, ist auf eine interdisziplinär verständliche Sprache zu achten. Dies gilt auch für die dem Katalog zugrunde liegende Systematik.

„Katalog soll verständlich für die spätere Nutzergruppe (hier Entwickler) sein“

Im Rahmen der Katalogentwicklung muss ein schneller, und vor allem für den Entwickler ökonomischer, Zugriff auf die relevanten Informationen gewährleistet werden, was sich mithilfe der Denkökonomie begründen lässt. Da die benötigten Informationen von Prozessschritt zu Prozessschritt variieren, ist es notwendig, dass der Katalog und die gespeicherten Inhalte an die einzelnen Tätigkeiten des Prozesses angepasst werden. Konstruktionskataloge lösen diese Herausforderung im Rahmen des Konstruktionsprozesses, indem einzelne Lösungen auf unterschiedlichen Ebenen detailliert werden. Für das zu erarbeitende Konzept ist eine ähnlich geeignete Lösung zu finden und geeignete Zugriffsmerkmale sind zu definieren.

„Der Katalog muss situationsabhängig einen effektiven und effizienten Zugriff auf relevante Inhalte erlauben“

Wesentliches Merkmal des zu erarbeitenden Kataloges sollte sein, dass die Methodik ohne die Beteiligung der späteren Nutzer auskommt, da diese Innovationen negativ beeinflussen können.

„Der Katalog soll ohne die Beteiligung späterer Nutzer angewendet werden können“

4.1.2. Spezifische Anforderungen an den Katalog

Aus der Anforderung, dass Prozess und Methodik einander angepasst sein müssen, folgen weitere Anforderungen, ausgelöst durch die im Rahmen des Katalogs zu berücksichtigenden Tätigkeiten. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Phase der Ideengenerierung, da diese den primären Unterstützungsbedarf definiert, zumal bestehende Modelle insbesondere in dieser Phase Defizite aufweisen. Die Phase der Ideengenerierung wird im Rahmen des Prozesses durch die Tätigkeiten 3–9 (vgl. Abbildung 33) umgesetzt. Die in diesem Rahmen erhobe-

nen Anforderungen haben daher Priorität, wohingegen die Anforderungen an die verbleibenden Schritte eher Wunschcharakter aufweisen. Im Folgenden werden die einzelnen Prozessschritte aufgeführt und die relevanten Anforderungen definiert.

Tätigkeit 1

Bei der Festlegung des Nutzungskontextes geht es um die Erhebung des aktuellen Systemzustandes. Der potenzielle Unterstützungsbedarf bei der Analyse des vorhandenen Systems durch einen Katalog wird als minimal eingestuft. Konstruktionskataloge liefern für eine Analysephase geeignete Werkzeuge, mit denen die Analyse vorgenommen werden kann. Eine Übertragung dieses Systems in Anforderungen würde bedeuten, dass der zu entwickelnde Katalog eine Methodensammlung beinhalten müsste. Diese Methoden müssen so klassifiziert werden, dass der Anwender des Katalogs die für eine bestimmte Phase und Situation geeigneten Methoden leicht identifizieren kann. Eine Unterstützung von unerfahrenen Entwicklern bei der Findung geeigneter Methoden wird prinzipiell in allen Arbeitsschritten des betrachteten Prozesses als sinnvoll erachtet und wird im Folgenden nicht weiter ausgeführt.

Wunsch: Implementierung einer angepassten Methodensammlung

Da der Hauptfokus der Arbeit auf der Konzepterstellung und Aufbereitung des Lösungsraumes liegt, wird diese Forderung als Wunschforderung deklariert.

Tätigkeit 2

Diese Phase befasst sich mit der Ableitung von Potentialen für aktuelle und zukünftige Systeme.

Aufgrund der für Entwickler des Arbeitssystems häufig intransparenten Ursache-Wirk-Beziehung wäre eine Unterstützung bei der Analyse des Arbeitssystems nach potenziellen Problemfeldern sinnvoll. Der Katalog müsste dem Entwickler Hinweise auf potenzielle Belastungsfaktoren liefern, deren Verbesserung als Potential gesehen werden kann.

Wunsch: Hinweise auf potenzielle Problemfelder des aktuellen Systems

Um zukünftige Potentiale abschätzen zu können, ist eine prospektive Betrachtung des Systems notwendig. Als Methode kann hier die sogenannte Szenariotechnik eingesetzt werden. Diese ermöglicht es, potenziell mögliche Zukunftsszenarien zu erstellen und diese hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit ihrer Eintretens zu bewerten – häufig wird hierzu eine Spanne aus besonders positiven und negativen Ereignissen aufgestellt. Auf Basis der veränderten

Marktszenarien lassen sich wiederum Rückschlüsse auf notwendige Veränderungen des Arbeitssystems ableiten und Indizien für weitere potenzielle Handlungsfelder generieren. Der Katalog selbst wird eigenständig zwar keine Aussagen über zukünftige Ereignisse anstellen können, aber er kann den Anwender dabei unterstützen, Trends und zukünftige Hygienefaktoren zu erkennen. Wie man anhand des von Kano, Seraku, Takahashi & Tsuji (1984) entwickelten Kano-Modells sehen kann, führt die Zeit zu einer Verschiebung von Anforderungen. Sogenannte Begeisterungsmerkmale verändern sich im Laufe der Zeit und werden zu Hygienefaktoren. Es besteht demnach eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass neue Technologien oder Techniken, welche auf dem Markt heute noch als unkonventionell eingestuft oder sogar als Innovation gefeiert werden, in naher Zukunft von technischen Systemen einfach erwartet werden. Des Weiteren kann eine Übersicht über aktuelle Forschungen dem Anwender, anhand der dort gestellten Forschungsfragen, einen groben Überblick über potenzielle zukünftige Entwicklungen auf unterschiedlichen Gebieten liefern. Um den Katalog in dieser Phase entsprechend nutzen zu können, muss der Katalog Aufschluss über den Entwicklungsstand eines Objektes geben, den Entwicklungszustand von Technologien darstellen und eine Abschätzung dieser erlauben.

Wunsch: Lösungssammlung enthält unterschiedliche Entwicklungszustände

Damit dies möglich ist, müssen Techniken und Technologien unterschiedlicher Entwicklungsstufen in den Katalog aufgenommen werden. Da davon auszugehen ist, dass aktuelle Forschungsvorhaben gute Indikatoren für die zukünftige Entwicklung darstellen, wäre es wünschenswert, wenn der Katalog dem Anwender ebenfalls einen Überblick über aktuelle Forschungsthemen und -fragen bereitstellen könnte.

Wunsch: Liefert einen Überblick über aktuelle Forschungsthemen

Andere Datenbanken oder Kataloge ermöglichen eine Speicherung der erarbeiteten Zukunftsszenarien. Dieses Vorgehen stützt die einheitliche Ausrichtung eines Unternehmens auf ausgewählte Szenarien und vermeidet Doppelarbeit. Auch wenn die Dokumentation von erarbeiteten Szenarien als sinnvoll erachtet wird, so wird diese im Laufe der Arbeit nicht weiter thematisiert, da eine reine Speicherung auch in externen Dokumenten folgen kann. Die notwendigen Schnittstellen werden so weit wie nötig im Rahmen des Konzeptes betrachtet.

Wunsch: Speicherung von erarbeiteten Szenarien möglich

Tätigkeit 3, 6

Wesentlich für die Erarbeitung von kreativen Ideen ist, neben der Person, auch das verfügbare Wissen, der sogenannte Erfahrungs-

schatz. Wie in Kapitel 2.2.1.2.1. beschrieben, wird hierbei häufig Wesentlich für die Erarbeitung von kreativen Ideen ist, neben der Person, auch das verfügbare Wissen, der sogenannte Erfahrungsschatz. Wie in Kapitel 2.2.1.2.1. beschrieben, wird hierbei häufig auf bekanntes Fachwissen zurückgegriffen. Vereinfacht dargestellt, ist es notwendig, dass dem Entwickler eine bestimmte Technologie oder Funktionalität bekannt sein muss, damit er diese letztendlich bei der nachfolgenden Generierung der Idee (Lösungsfindung) berücksichtigen kann.

Festforderung: Der Katalog muss für den Entwickler inspirierende / stimulierende Elemente enthalten

Der Katalog muss den Entwickler demnach zunächst einmal zu neuen Lösungen inspirieren. Viel Kreativitätsmethoden arbeiten mit entsprechenden Stimuli (Brunner, 2008). Dabei kann es sich entweder um vorab vorbereitete Ideen, oder, wie bei der besagten Methode, um von einem anderen Teammitglied hervorgebrachte Ideen handeln.

Der Fokus des Kataloges in diesem Schritt liegt in der Darstellung einer inspirierenden Lösungssammlung. Um den Erfahrungsschatz des Anwenders weiter auszubauen, ist u. a. die Darstellung von Lösungen notwendig, die dem Entwickler unbekannt sind (z. B. hinsichtlich Funktionalitäten, Technologien etc.).

Festforderung: Es wird ein Konzept zur Pflege des Systems benötigt

Da sich der Erfahrungsschatz des Anwenders im Laufe der Zeit verändern wird, und sich Technologien und Technik ebenfalls weiterentwickeln, ist es notwendig, den Katalog aktuell zu halten. Dies gilt selbstverständlich für alle Inhalte des Katalogs. Im Rahmen der Methodenentwicklung ist ein Konzept zur Pflege der Inhalte mit zu erarbeiten.

Tätigkeit 4, 7

In dem hier betrachteten Schritt ist es notwendig, die erhaltenen Anregungen zu überarbeiten, zu ergänzen oder gar zu einer neuen Idee zusammzusetzen. Die Weiterentwicklung muss dabei zielgerichtet erfolgen. Der Katalog muss die Fähigkeit besitzen, die Kreativität, welche nach Krampen (1993) als die Übertragung von einem Objekt in andere Bereiche verstanden werden kann, zu fördern. Daraus folgt die Forderung, dass die Inhalte und die Strukturen des Katalogs die Übertragbarkeit fördern sollten.

Festforderung: kreativitätsfördernde Aufbereitung der Inhalte

Der betrachtete Schritt befasst sich, wenn auch nicht zwingend, in der ersten Iteration dieses Schrittes, neben der Erzeugung der Idee, auch mit der Suche nach geeigneten Mitteln zur Umsetzung einer oder mehrere Produktideen. Die Bewertung der Produktidee wird im Verlauf des Prozesses immer detaillierter und endet mit einer konkreten Produktidee. Bevor die Festlegung auf eine kon-

Festforderung: Recherche zu Lösungsalternativen

krete Technik erfolgen kann, ist ein Vergleich von unterschiedlichen Varianten erforderlich. Um den gesamten Prozess zu vereinfachen, ist es notwendig, dass der Aufbau des Katalogs die gezielte Suche nach Lösungsalternativen bezüglich ihres Potentials oder ihrer Technologie unterstützt.

Tätigkeit 5, 8, 9

Die Aktivitäten 5 und 8 beschäftigen sich mit der Bewertung der Ideen. Hierbei geht es zum einen um die Ausschöpfung des Potentials, zum anderen aber auch um die Einschätzung der Realisierbarkeit der Idee im Allgemeinen. Eine valide Einschätzung ist in der Regel nur mit ausreichendem Faktenwissen möglich. Aufgrund des zu erwartenden Mangels an Wissen seitens der Entwickler ist hier eine gezielte Unterstützung notwendig, um das Risiko von Fehlentwicklungen zu minimieren.

Potential:

Da sich viele Fragen nicht allgemein beantworten lassen werden (z. B. ist ein großes oder ein kleines Display besser), muss die Betrachtung, inwieweit eine Produktidee zur Erfüllung eines Potentials beitragen kann, direkt im jeweiligen Arbeitskontext erfolgen. Der Katalog muss den Entwickler dabei unterstützen, das fehlende Fachwissen in adäquater Art und Weise zu kompensieren. Für eine verbesserte Abschätzbarkeit des Sachverhalts muss der Katalog in der Lage sein, nicht nur die positiven Aspekte (Benefits) eines Objektes im Arbeitskontext wiederzugeben, sondern auch die potenziellen Risiken (Costs) einer Lösung entsprechend aufzeigen.

Festforderung: Aufzeigen von Risiken und Nutzen einzelner Objekte im Arbeitskontext.

Technische Realisierbarkeit:

Zur Abschätzung der technischen Realisierbarkeit spielen die Verfügbarkeit einer Technologie und die diesbezüglich vorhandenen Erfahrungen eine wesentliche Rolle. Der Katalog muss hierfür geeignete Indikatoren abbilden.

Festforderung: Indikatoren für technologische Verfügbarkeit und gesammelte Erfahrungen

Tätigkeit 10 und 11

Tätigkeit 10 befasst sich mit der Produktkonkretisierung durch Definition geeigneter Nutzeranforderungen. Hierbei sollte der

Katalog die Identifikation von geeigneten Anforderungen an eine Technologie ermöglichen. Die Umsetzung ist in der Regel abhängig von Faktoren wie:

- technischen und technologischen Möglichkeiten,
- der Aufgabe und dem Ziel, die ein Nutzer verfolgt,
- dem Menschen mit seinen, für die Nutzung relevanten, Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten,
- dem Umfeld, in dem das Arbeitsmittel später verwendet werden soll.

Wunsch: arbeitssystemrelevant vernetzte Abbildung von Anforderungen und Umsetzungen

Der Katalog muss in der Lage sein, trotz der starken Vernetzung von Einflussfaktoren konkrete Rückschlüsse auf Nutzeranforderungen für den jeweiligen Nutzungskontext zuzulassen. Gleiches gilt für Aspekte der Gestaltung, welche in ähnlicher Form aufzubereiten sind.

Ein besonderer Mehrwert wäre es, wenn es der Katalog ermöglichen würde, zwischen Mindestanforderungen und komfortablen Lösungen/ guten Umsetzungen zu unterscheiden. Letztere Anforderung ist klar als Wunsch zu deklarieren.

Wunsch: Implementierung von Anforderungsklassen/-bereichen

Tätigkeit 12

Die wesentliche Frage der Evaluation besteht darin, zu überprüfen, inwieweit die Anforderungen erfüllt wurden. Hierzu ist die Auswahl einer geeigneten Messmethode notwendig. Abhängig von der Methode ergeben sich weitere Fragen, wie z. B. die zu erfassenden Messgrößen, zu kontrollierende Variablen, Stichprobengröße etc. Da es sich bei der Überprüfung der Anforderungen um einen wesentlichen Punkt, die Prüfung der Nutzerakzeptanz im Innovationsprozess, handelt, wäre es wünschenswert, wenn der Katalog den Entwickler bei der Auswahl und Durchführung der Evaluierung ebenfalls bestmöglich unterstützt.

Wunsch: Unterstützung des Entwicklers bei der Auswahl geeigneter Bewertungskriterien.

Tätigkeit 13

Die Tätigkeit 13, welche sich mit der strategischen Planung befasst, wird im Folgenden nicht weiter betrachtet. Es kann davon ausgegangen werden, dass die strategische Planung eine Schnittstellenfunktion bildet, welche nicht durch den Entwickler selbst besetzt wird. Somit ist dieser Schritt nicht mehr Teil der betrachteten Systemgrenze „Unterstützung des Entwicklers“, innerhalb der der Katalog hauptsächlich wirken soll.

4.1.3. Zusammenfassung der Anforderungen

Die gesammelten Anforderungen und deren Klassifikation verdeutlichen die Möglichkeiten und Grenzen des zu entwickelnden Katalogsystems. Die potenzielle Unterstützung durch das zu erarbeitende Katalogsystem variiert mit den Aktivitäten des Prozesses, wie Abbildung 36 verdeutlicht. Dabei können zwei unterschiedliche Zonen unterschieden werden.

Zone 1, rot:

Eine Unterstützung der notwendigen Tätigkeiten durch einen Katalog ist nur schwer möglich. Dies betrifft insbesondere sowohl die ersten beiden Aktivitäten „Festlegen und Verstehen des Nutzungskontextes“ als auch die Potentialfindung. Die Unterstützung dieser Aktivitäten sollte primär durch andere, besser geeignete Systeme und Mechanismen erfolgen.

Zone 2, grün:

Die Unterstützung in der grünen Zone lässt sich primär auf fehlendes oder unvollständiges, kontextbezogenes Wissen zurückführen. Zur Unterstützung der dort vorhandenen Aktivitäten ist eine aufbereitete Wissenssammlung geradezu prädestiniert.

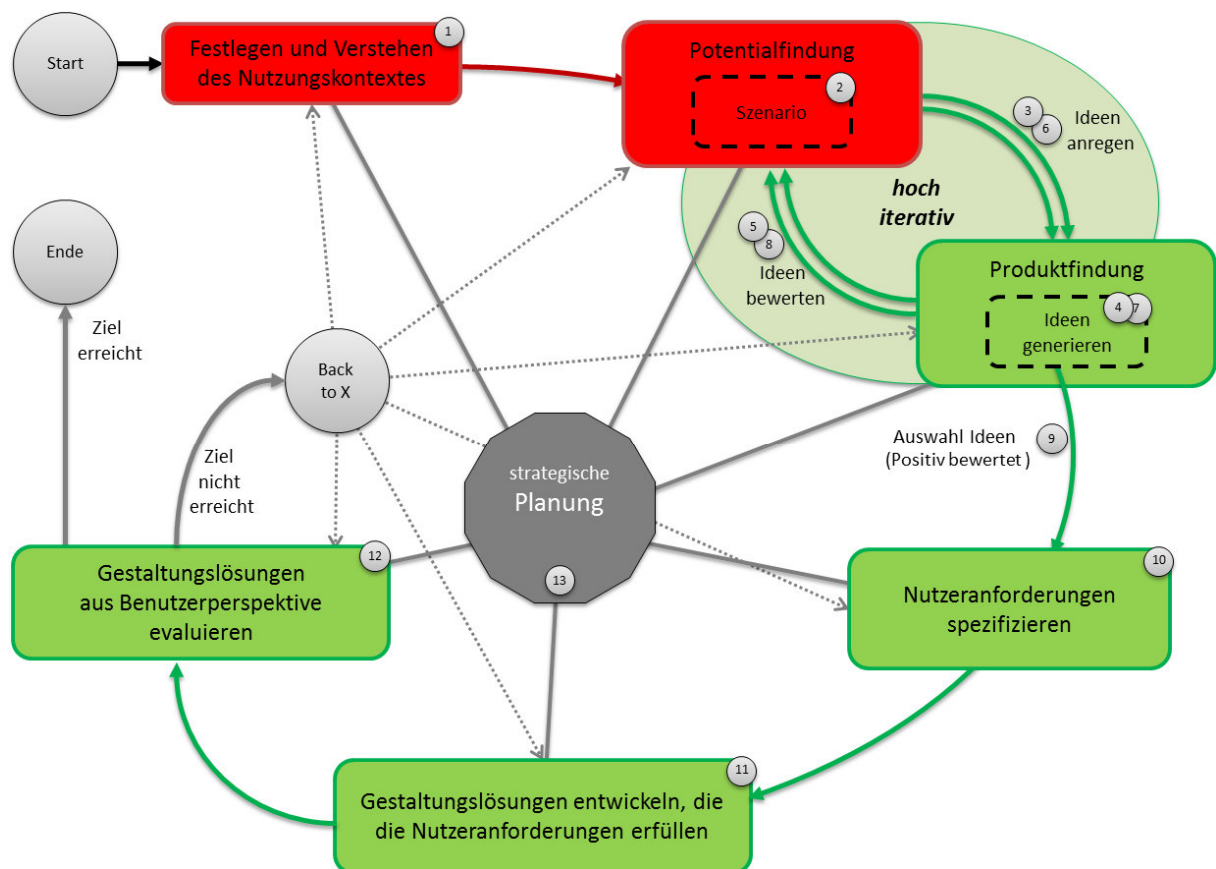


Abbildung 36: Gegenüberstellung Zonen der Unterstützung durch den Katalog

Gemäß der zu Beginn durchgeführten Analyse kann der primäre Unterstützungsbedarf, welchen der Katalog leisten soll, auf die Aktivität der Produktfindung eingegrenzt werden. Abbildung 37 fasst den Bereich des primären Unterstützungsbedarfs und dessen wesentliche Anforderungen grafisch zusammen. Die Anforderungen der anderen Bereiche tragen primär zu

einer Aufwandsreduzierung bei, weshalb sie für diese Arbeit, welche den Fokus primär auf den Bereich „Unterstützung der Innovation“ legt, eine eher untergeordnete Rolle spielen.

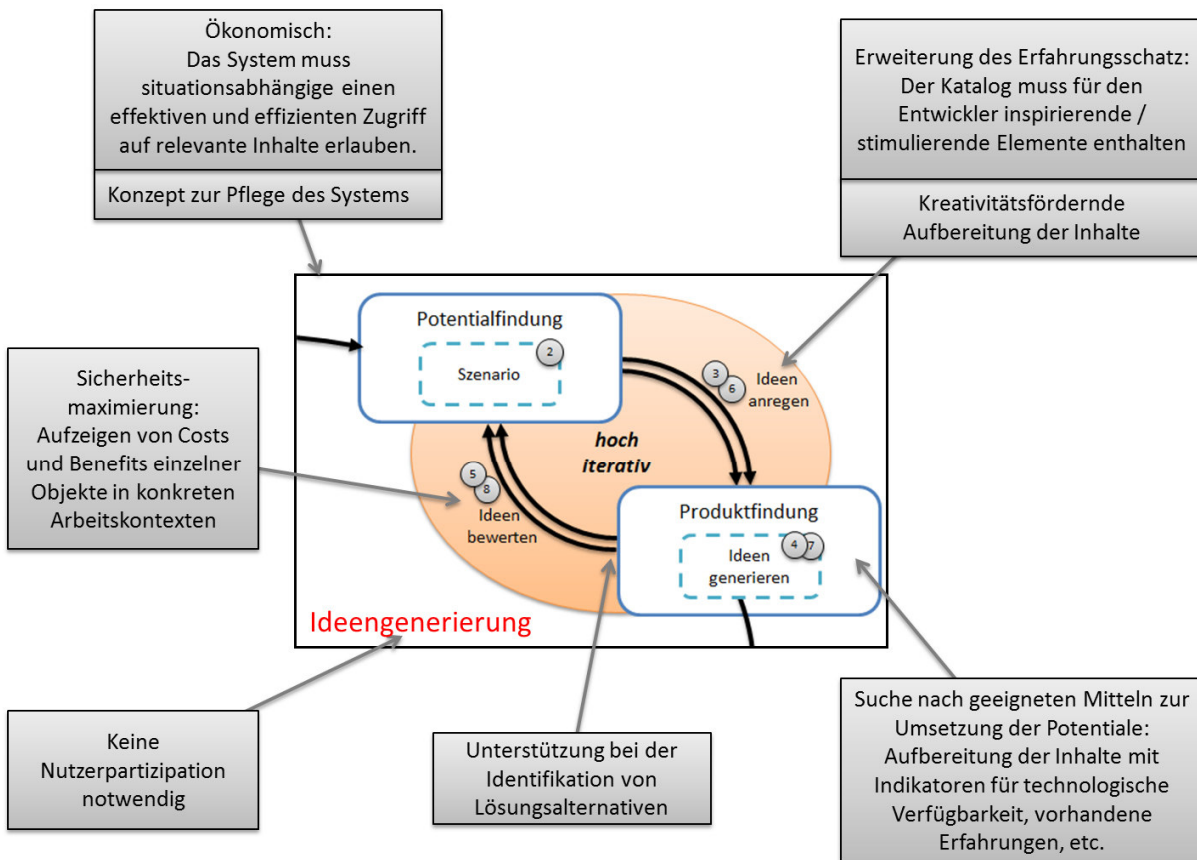


Abbildung 37: Primärer Unterstützungsbedarf

Die im Rahmen des Kapitels 4.1. spezifizierten Anforderungen dienen als Richtlinien für die Erstellung des Katalogkonzepts und der Recherche und Aufbereitung der späteren Kataloginhalte. Im Rahmen der Katalogentwicklung war eine sinnvolle Evaluation der Anforderungen durch unterschiedliche Anwender jedoch nicht möglich.

4.2. Konzept

Die Konzeption einer katalogähnlichen Methode für innovative Arbeitsmittel stellt die Entwicklung aufgrund der Thematik vor zwei besondere Herausforderungen.

Vorhandene Kataloge und Datenbanken, wie z. B. Konstruktionskataloge, fungieren als Lösungsspeicher. Ziel ist es, eine geeignete Lösung anhand von zuvor definierten Wunscheigenschaften zu identifizieren. Zum Einsatz kommen entsprechende Zugriffsteile oder Filter, welche den Suchraum drastisch verkleinern. Erfahrungsgemäß eignen sich die dargestellten Systeme insbesondere zur effizienten Ablage und Identifizierung von typischen Lösungen. Diese Vorgehensweise ist auf die Suche nach neuen und unbekanntem Lösungen nicht übertragbar. Es ist zu klären, wie ein solches System in der Lage sein kann, den Entwickler bei der Identifikation von unbekanntem Lösungen zu unterstützen, bzw. welche Inhalte dazu nötig sind.

Erschwerend kommt hinzu, dass der Katalog bereits in der Phase der Ideengenerierung unterstützen soll. Die Herausforderung, die sich daraus ergibt, lässt sich darauf zurückführen, dass Innovationen zu Beginn ihrer Entwicklung häufig sehr vage formuliert sind. Daraus folgt, dass in der Phase der Ideengenerierung häufig noch keine konkrete Vorstellung über das Produkt vorhanden ist. Eine Eingrenzung des Suchfeldes, mittels wünschenswerter Produkteigenschaften, ist somit kaum möglich. Das System muss dem Anwender eine gezielte Suche nach Ideen und Umsetzungen ermöglichen, ohne dass dieser genau weiß, wonach er sucht.

4.2.1. Lösungsansatz

Betrachtet man Techniken und Methoden zur Ideengenerierung, die im Rahmen des Innovationsprozesses zur Anwendung kommen, so stößt man auf die *Teorija Rezhnija Jzobretatelskich Zadach* (TRIZ), was übersetzt so viel bedeutet wie „die Theorien des erfinderischen Problemlösens“. TRIZ wurde von Altschuller (1998) auf Basis einer umfangreichen Patentrecherche entwickelt.

Die Anwendung der Methodensammlung verspricht ein hohes Potential bei der Findung und Entwicklung einer innovativen Lösung. Die Methodik fokussiert auf technische Probleme. Dabei soll die Anwendung der Kreativitätsmethodik mit hohen diskursiven und intuitiven Anteilen die Inventionszeit reduzieren und Denkblockaden abbauen. Zudem definiert TRIZ einen Prozess für innovatives Denken (Terninko, Zusman & Zlotin, 1998).

Die Theorie des erfinderischen Problemlösens besagt, dass alle technischen Probleme bereits zuvor in irgendeiner Art und Weise gelöst worden sind. Kern der Methodensammlung besteht somit in der Identifikation und Übertragung einer geeigneten Lösung, welche für den konkreten Anwendungsfall noch nicht existiert. Hierzu wird das zu lösende Problem ins Allgemeine abstrahiert und verallgemeinert. Zur Lösung des allgemein beschriebenen Problems steht dem Anwender ein Wissenspool, aufgebaut auf etwa 2,5 Millionen Patenten, zur Verfügung. Das enthaltene Wissen ist, je nach Version, in 40–50 grundlegende Prinzipien gegliedert, welche die grundlegenden Möglichkeiten zur Lösung technischer Probleme darstellen. Zugriff auf die relevanten Prinzipien erhält man durch sogenannte Widerspruchstabellen, welche verschlechternde und verbessernde Parameter gegenüberstellen. Die Überwindung dieses Widerspruchs stellt eine technische Innovation dar. Die Schnittpunkte der Widerspruchsmatrix verweisen

auf Möglichkeiten, die die Probleme prinzipiell lösen können, sofern die Übertragung auf das vorhandene Themenfeld gelingt. TRIZ basiert auf einem Zugriffssystem, welches gezielt Ähnlichkeiten zwischen dem zu lösenden und dem gelösten Problem aufzeigt. Dieses Prinzip ermöglicht, einen Wissensspeicher mit konkreten Lösungen und Lösungswegen zu erstellen, ohne dass diese bereits für den vorliegenden Fall bekannt sein müssen.

Bei näherer Betrachtung fällt auf, dass neben TRIZ auch viele andere Methoden wie beispielsweise bestimmte Kreativitätstechniken, die Bionik oder die Synektik aufgrund der Übertragung von Wissen aus anderen Bereichen funktionieren. Wie empirische Studien belegen (Hargadon, 2002; Kalogerakis, Lüthje & Herstatt, 2010), spielt der Einsatz von Analogien in der Phase der Ideengenerierung bei der Entwicklung innovativer Produkte eine große Rolle.

4.2.1.1. Analogien

Die Nutzung von Analogien scheint ein Erfolg versprechender Ansatz zur Generierung und Lösung von (Produkt-)Ideen darzustellen. Dahl & Moreau (2002), Gassmann & Zeschky (2007), Majchrzak, Cooper & Neece (2004) weisen die Anwendbarkeit von Analogien bei der Generierung von Innovationen mit revolutionärem Charakter nach. Nach Hill (1999) ermöglicht die Anwendung von Analogien

- die Stimulierung von Ideen,
- den direkten Transfer von einer Technologie auf einen anderen Kontext,
- den Transfer struktureller Merkmale,
- teilweise den Transfer von Funktionsprinzipien.

Als Analogie wird die Übereinstimmung von Objekten bezüglich bestimmter Merkmale verstanden (Thommen, 2013). Das Erkennen dieser Gemeinsamkeiten stellt die Basis für einen sogenannten Analogietransfer da. Dieser ermöglicht dem Anwender eine Übertragung von Wissen aus einem bekannten Bereich auf die Zieldomäne (Ziel) (Holyoak, Morrison & Holyoak, 2005; Holyoak & Thagard, 1997). Diese Übertragung von Wissen ermöglicht dem Anwender einen Erkenntnisgewinn oder die Generierung neuer Ideen und Lösungen.

Im Falle eines Erkenntnisgewinns wird von einer erklärenden Analogie gesprochen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Zieldomäne bekannt ist. Ziel der Analogie ist es, Sachverhalte durch einen Vergleich mit bekannten Situationen zu erklären und besser zu verstehen.

Inventive Analogien gelten als geeignete Strategie zur Lösung kreativer Probleme und zur Entwicklung innovativer Produkte (Dahl & Moreau, 2002). Sie beschreiben das Zusammenfügen existierender, aber bisher nicht in Verbindung stehender Elemente (Henderson & Clark, 1990). Ziel ist das Schaffen von etwas Neuem durch die Übertragung von Wissen. Das eigentliche Ziel dabei ist unbekannt.

Die Anwendung von Analogien in der Praxis des Innovationsprozesses verspricht, neben dem großen Potential einer innovativen Lösung, auch eine Reduzierung der Entwicklungszeit und der Entwicklungskosten. Kalogerakis et al. (2010) begründen den reduzierten Entwicklungs-

aufwand durch das Vorhandensein einer prinzipiellen Lösung, welche lediglich angepasst werden muss.

4.2.1.2. Analogietransfer

Um den Analogietransferprozess bestmöglich in die zu entwickelnde Methode übertragen zu können, ist eine konkrete Betrachtung des Prozesses erforderlich.

Analogiebildung ist ein grundlegender kognitiver Mechanismus des Menschen (Goswami, 2001). Nach Holyoak et al. (2005) kann der Analogietransfer durch einen mehrstufigen Prozess beschrieben werden, welcher aus den Stufen Retrieval, Mapping, Transfer und Learning besteht (vgl. Abbildung 38).

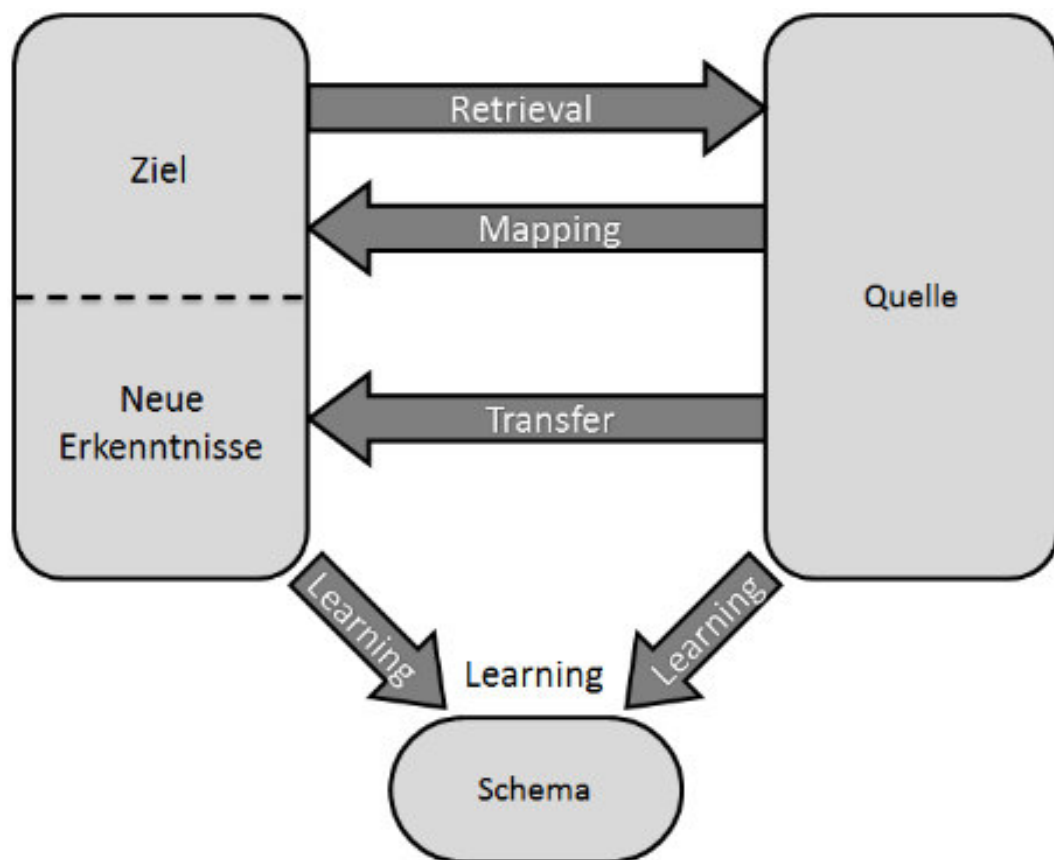


Abbildung 38: Schematische Darstellung des Analogiedenkprozesses nach Holyoak et al. (2005)

Die erste Phase (Retrieval) beschreibt dabei das Durchsuchen bekannter Quellen nach einer für das Ziel passenden Lösung. Der Zugriff erfolgt anhand des Ziels, welches im konkreten Fall die Ausnutzung eines Potentials oder die Lösung eines konkreten Problems für einen bestimmten Arbeitskontext darstellen kann. Der Vorgang zur Identifizierung geeigneter Quellen kann als eine Art Filterprozess verstanden werden, bei dem die Quellen nach bestimmten Eigenschaften und Merkmalen des Ziels durchsucht werden. Bei Innovationsprojekten kann es sich bei den Eigenschaften z. B. um bestimmte Rahmenbedingungen handeln, die für die Anwendbarkeit und den Erfolg einer Lösung notwendig sind.

Herstatt & Schild (2004) weisen bei der Anwendung von Analogien in der Produktentwicklung zusätzlich auf die Relevanz des Abstraktionsgrades hin, durch den das Ziel oder das

Problem beschrieben wird. Er fordert eine bewusste Entscheidung des Entwicklerteams, aufgrund der darauf aufbauenden Einschränkung des Suchfelds und der daraus resultierende Folgen. Er begründet diese Forderung mit der Einschätzung, dass eine zu enge Einschränkung des Suchfeldes die Chancen auf eine innovative Lösung schmälert, ein zu weites Suchfeld aber zu Konflikten mit den verfügbaren Ressourcen führen kann.

Im Anschluss an die erste Phase erfolgt das Mapping, welches sich mit dem Herstellen der Beziehungen zwischen Quelle und Ziel befasst. Das Mapping basiert auf einer Zusammenstellung von systematischen Übereinstimmungen zwischen oberflächlichen und strukturellen Ähnlichkeiten.

Im Rahmen der Produktentwicklung findet die Suche zunächst im Gedächtnis des Entwicklers oder in den Gedächtnissen weiterer Personengruppen statt, welche auf Basis der Problemdefinition nach Analogien zu vergangenen Projekten, eigenen Erfahrungen aus z. B. Hobby, Ausbildung etc. suchen. Zur Aktivierung verweisen Herstatt & Schild (2004) auf die Anwendung entsprechender Methoden oder die Verwendung von geeigneten Stimuli, z. B. in Form von Objekten oder Bildern. Sofern das vorhandene Wissen der beteiligten Personen nicht ausreicht, ist ein gezielter Ausbau des fehlenden Wissens, z. B. durch die Verwendung von Datenbanken und Wissensspeichern, notwendig. Die Nutzung von Wissensspeichern kann darüber hinaus auch als eigenständige Suchstrategie dienen.

Phase 3 bezeichnet den Transfer. Wissen aus dem Quellbereich wird vom Ziel adaptiert. Teil des Transfers ist immer auch eine Prüfung der Analogie auf die Übertragbarkeit der einzelnen Elemente und Erkenntnisse, bzw. eine Prüfung, welche Anpassungen erforderlich sind. Dabei wird das Wissen im Zielbereich über Rückschlüsse aus dem Quellbereich gezielt angereichert.

Herstatt & Schild (2004) weisen zusätzlich auf die Wichtigkeit der Überprüfung der gezogenen Schlüsse im Rahmen der Produktentwicklung hin. Fehlerhafte Rückschlüsse, z. B. aufgrund mangelnden Verständnisses, sind irreführend und können den Weg zur „richtigen“ Lösung blockieren.

Die letzte Phase, Phase 4, bezeichnet das Generalisieren von Zusammenhängen aufgrund von gefundenen Analogien. Bestimmte Lösungsschemata können demnach gelernt werden.

4.2.1.3. Herausforderungen bei der Nutzung von Analogien im Bezug auf die Entwicklung innovativer Produkte

Für die erfolgreiche Nutzung von Analogien bei der Entwicklung innovativer Produkte ergeben sich drei wesentliche Herausforderungen, die im Rahmen der Katalogerstellung berücksichtigt werden müssen.

Berücksichtigtes Wissen

Das Ergebnis der Analogiebetrachtung ist in erster Linie abhängig von vorhandenem Wissen des Kataloganwenders. Lediglich Wissen, welches bekannt ist, kann für eine Analogiebetrachtung herangezogen werden. Für die Anwendung von Analogien ist umfangreiches Fachwissen aus unterschiedlichen Bereichen notwendig. Fehlendes Wissen stellt daher das zentrale Hindernis beim Aufspüren von Analogien dar. Eine

Spezifizierung, um welche Bereiche es sich dabei handelt, kann vorab nicht getroffen werden, wie Abbildung 39 verdeutliche soll. Aufgrund der beschränkten Ressourcen kann, selbst im Rahmen einer erfolgreichen Produktentwicklung, nicht davon ausgegangen werden, dass für die Zielerreichung alle relevanten Quellbereiche berücksichtigt worden sind. Die Ergebnisse werden demnach immer Einschränkungen unterliegen, welche abhängig vom betrachteten Wissen sind.




Quellbereich	Transferelemente	Zielbereich
Skier 	→ Material des Belags	Snowboard 
Rennwagen 	→ Material und Struktur der Stoßdämpfer	Sportschuhe 
Handy 	→ Technologie des Mikromotors	Elektronische Zahnbürste 
Hai 	→ Struktur der Haut	Schwimm- anzug 

Abbildung 39: Beispiele für erfolgreichen Wissenstransfer mittels Analogien (Schulthess, 2013)

Erkennen von Zusammenhängen

Wesentlich bei der Anwendung von Analogien ist das Erkennen der Zusammenhänge. Bei Analogien unterscheidet man zwischen oberflächlichen Analogien und strukturellen Ähnlichkeiten. Bei einer Analogie handelt es sich um eine oberflächliche Analogie, wenn Elemente zwischen Quelle und Ziel gleiche Eigenschaften haben. Eine strukturelle Ähnlichkeit liegt dann vor, wenn zwischen einzelnen Elementen der Quelle Beziehungen vorliegen wie zwischen einzelnen Elementen des Ziels (Blanchette & Dunbar, 2000).

Oberflächliche Analogien lassen sich in der Regel einfach identifizieren (Catrambone, 1997; Schmid, Wirth & Polkehn, 2003) und werden deshalb auch eher von Novizen verwendet. Insbesondere für die Produktentwicklung sind oberflächliche Ähnlichkeiten alleine, aufgrund des geringeren Mehrwertes, eher von untergeordneter Bedeutung.

Die Identifikation von strukturellen Ähnlichkeiten bringt eine höhere Neuartigkeit mit sich. Experimentelle Studien (Gentner & Gentner, 1983; Holyoak, 1985) zeigen, dass ein wesentliches Problem im spontanen Erkennen von strukturellen Ähnlichkeiten besteht. Werden die Probanden jedoch auf die strukturellen Parallelen hingewiesen, so

führt dies in der Regel zu einer wertschöpfenden Übertragung von Eigenschaften in die geforderten Zielsysteme.

Qualität

Der Grad der Neuheit einer Innovation kann des Weiteren auf die Distanz zwischen Quelle und Ziel zurückgeführt werden. Auch wenn zum jetzigen Zeitpunkt kein einheitlicher wissenschaftlicher Standard zur Definition von nahen und fernen Analogien existiert, so ist dennoch festzuhalten, dass mit zunehmender Distanz zwischen Quelle und Ziel die Wahrscheinlichkeit zur Entwicklung einer hochgradigen Neuartigkeit steigt (Dahl & Moreau, 2002).

4.2.1.4. Schlussfolgerungen

Aus dem oben dargestellten Lösungsansatz ergeben sich die folgenden Schlussfolgerungen:

- Die Systematik der Analogien eignet sich zur Entwicklung innovativer Produkte.
- Im Rahmen des Katalogs wird die Verwendung inventiver Analogien als sinnvoll erachtet.
- Analogien bauen auf der Übertragung von Fachwissen auf anderen Bereichen auf. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass der Entwickler das benötigte Fachwissen besitzt. Daraus folgt, dass der Katalog ebenfalls Wissen aus anderen Fachbereichen darstellen muss.
- Eine Übertragung von Wissen ist nur möglich, wenn entsprechendes Hintergrundwissen über die Objekte bekannt ist. Der Katalog muss demnach tief greifendes Wissen über die Objekte des Lösungsraums abbilden können. Die bezieht sich insbesondere auf die unterschiedliche Verwendbarkeit eines Objektes.
- Anwendern fällt es häufig schwer, strukturelle Zusammenhänge zu identifizieren. Der Katalog muss demnach in der Lage sein, die strukturellen Zusammenhänge aufzeigen zu können.
- Des Weiteren ist ein Indikator für die Nähe der ausgewählten Quell- und Zielsysteme sinnvoll.
- Bei der Phase des Learnings handelt es sich um einen rein kognitiven Prozess, welcher für den Katalog und dessen Entwicklung zunächst keine Rolle spielen soll.

4.2.2. Prinzipieller Aufbau des Katalogs

Als Lösungsansatz zur Entwicklung innovativer Produkte wurde der Ansatz der Analogie gewählt. Der im Kapitel 4.2.1.2. beschriebene Prozess des Analogietransfers konkretisiert dabei die Rolle des Kataloges. Wie Abbildung 40 entnommen werden kann, liegt das Ziel der Analogien in der Lösung eines Problems oder in der Ausschöpfung eines Potentials für einen konkreten Arbeitskontext.

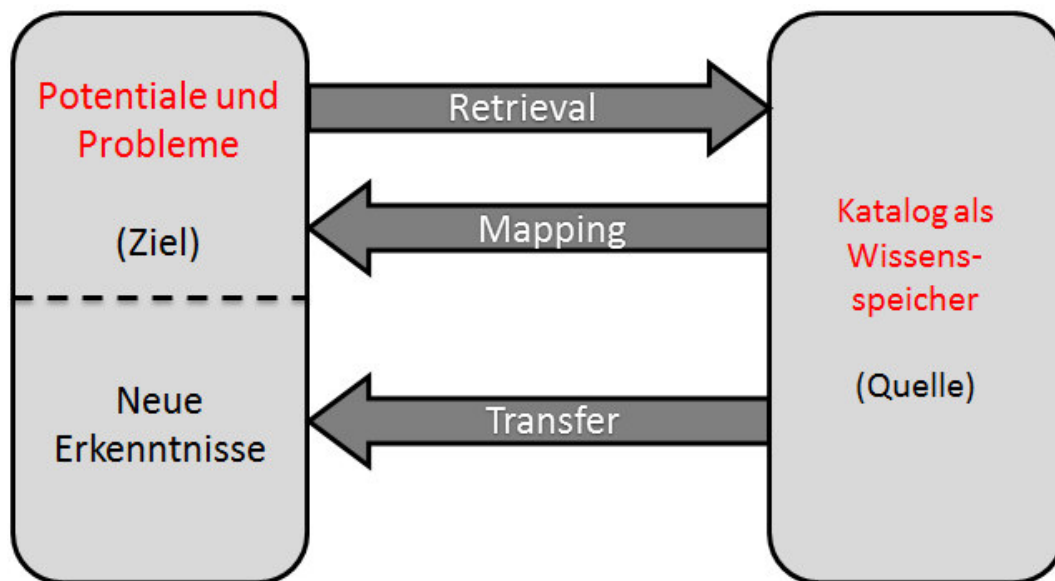


Abbildung 40: Übertragung des Analogiedenkprozesses auf den Katalog

Der Katalog stellt dabei den primären Wissensspeicher dar, in welchem anschließend nach übertragbaren Quellen gesucht wird. Dies lässt sich damit begründen, dass der Entwickler immer zusätzliche Erfahrungen und Fachwissen mitbringt, welches nicht im Katalog abgebildet ist. Dieses Wissen beeinflusst die Analogiebildung und die Auswahl zwangsweise. Ziel ist es jedoch, durch die Bereitstellung einer breiten und aufgabenrelevanten Wissensbasis den Einfluss des Entwicklers zu mindern. Es besteht der Anspruch an die zu erstellende Datenbank, dass die Analogiebildung auch ohne externes Wissen erfolgreich ist.

Die Phase des Retrievals, welche sich indirekt mit der Eingrenzung des Suchfeldes auf potenziell relevantes Wissen und auf potenziell relevante Erfahrungen befasst, rückt in dem vorliegenden Fall in den Hintergrund. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass der Katalog anhand von spezifischen Tätigkeitsschritten (vgl. Kapitel 4.1.2.) und anhand einer konkreten Untergruppe an Arbeitsmitteln, den interaktiven Systemen, entwickelt wird. Für eine spätere Erweiterung des Kataloges, z. B. um handgeführte Arbeitsmittel, ist das vorhandene Konzept auf seine Übertragbarkeit hin zu prüfen und ggf. anzupassen. Für den Fall der Integration weiterer Arbeitsmitteltypen in den bestehenden Ansatz ist mindestens jedoch die Implementierung einer geeigneten Instanz zur Filterung des gesamten Wissensspeichers nach speziellen Arbeitsmitteltypen notwendig.

Der Katalog soll die Phase des Mappings durch das Aufzeigen von Beziehungen, z. B. in Form von Gemeinsamkeiten oder Unterschieden, gezielt unterstützen. Dabei ist anzumerken, dass der Katalog als reiner Wissensspeicher fungieren soll. Die Aufgabe der Überprüfung der Übertragbarkeit sowie der konkrete Transfer von Wissen aus der Quelle in den Zielbereich obliegen dem Entwickler. Es wird davon ausgegangen, dass der Entwickler als Kataloganwender über fundiertes Wissen bezüglich des Zielsystems verfügt und somit eine valide Einschätzung hinsichtlich der Übertragbarkeit vornehmen kann.

Wie sich im Rahmen des Kapitels 4.2.1.2. herausgestellt hat, sind das Entdecken und das Erkennen von Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen, insbesondere auf struktureller Ebene, eine besondere Herausforderung. Hierfür wird Fachwissen aus anderen Bereichen be-

nötigt. Der Katalog muss dem Entwickler daher geeignete Ansatzpunkte zur Verfügung stellen, um diese Ähnlichkeiten zu erkennen. Die Schwierigkeit liegt darin, dass Arbeitsmittel hinsichtlich ihres Einsatzes und ihre Verwendung extrem unterschiedlich sind, was sich auch in der Vielzahl der Möglichkeiten zur Analogiebildung niederschlägt. Die Vielschichtigkeit und die Vernetzung bei der Arbeitsmittelgestaltung machen eine Klassifizierung von Arbeitsmitteln für den vorliegenden Fall nahezu unmöglich. Daher ist eine abstrakte Betrachtung des Problems notwendig.

Dies macht zunächst die Definition geeigneter Analogietreiber notwendig. Die Definition dient als Ausgangspunkt für die gezielte Suche nach Ähnlichkeiten unter Arbeitsmitteln. Im Rahmen der Arbeit stellten sich drei Elemente als besonders geeignet heraus. Dabei handelt es sich um das Produkt, die Technologie und den Arbeitskontext. Die Auswahl der Elemente berücksichtigt dabei bereits, dass für die Unterstützung der Ideengenerierung und für die Konkretisierung unterschiedliche Abstraktionsgrade notwendig sind. Der Auswahl liegen die folgenden Annahmen zugrunde:

- Die Nutzung des Arbeitsmittels liefert einen Beitrag zum Erreichen eines konkreten Gesamtziels (DIN EN ISO 6385, 2004).
- Der Grad der Zielerreichung ist abhängig vom Funktionsumfang des genutzten Arbeitsmittels.
- Arbeitsmittel unterscheiden sich von Produkten lediglich durch ihren Nutzungskontext.
- Produkte können als die Summe von physisch-technischen Eigenschaften zur Erfüllung funktionaler Kundenbedürfnisse verstanden werden (Kotler et al., 2011).
- Die Eigenschaften, als im Rahmen des Produktes umgesetztes Wissen über die Technologie, bestimmen den Funktionsumfang des Produktes und die Anwendungsmöglichkeiten.
- Der Arbeitskontext beeinflusst die Gestalt des Produktes nachhaltig.

Die definierten Abhängigkeiten und Annahmen sind in Abbildung 41 grafisch dargestellt.

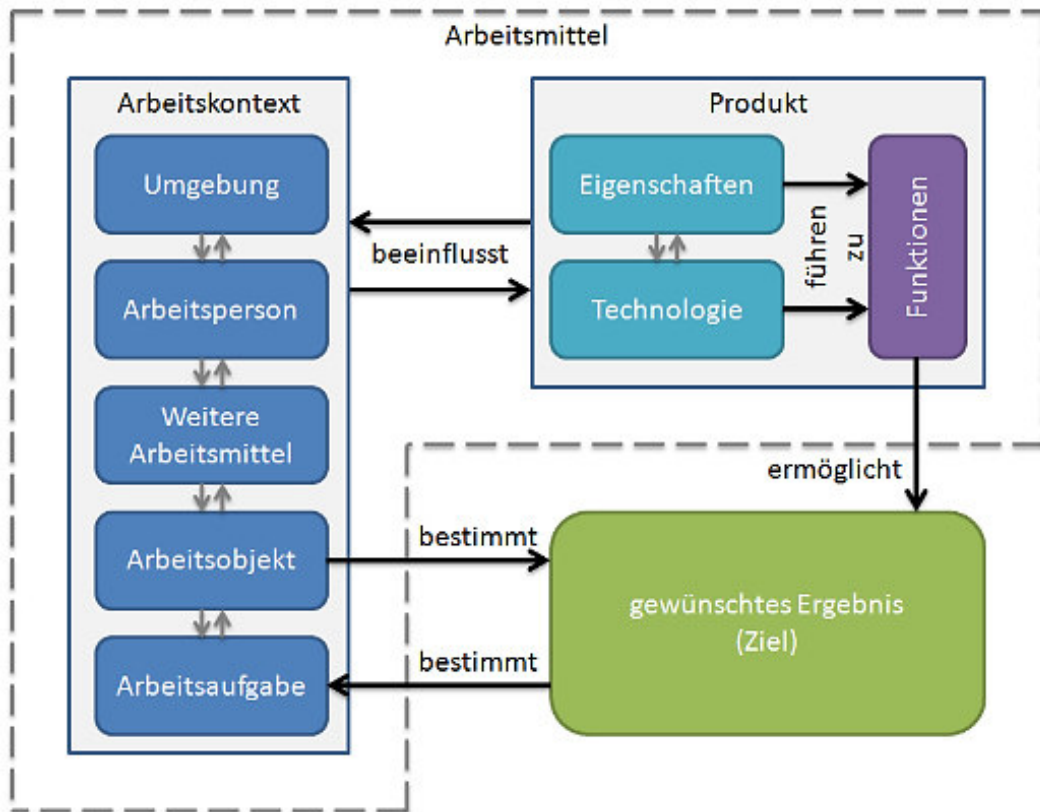


Abbildung 41: Abstrakte Darstellung der Beziehungen zwischen Produkt, Arbeitskontext und dem Arbeitsergebnis

Die Auswahl der Elemente ermöglicht, eine Vernetzung der Elemente vorausgesetzt (vgl. Abbildung 42), durch die Bildung von Analogien einen indirekten Zugriff auf alle wesentlichen Elemente des Arbeitssystems (Arbeitsmittel, Arbeitskontext, Ziel).

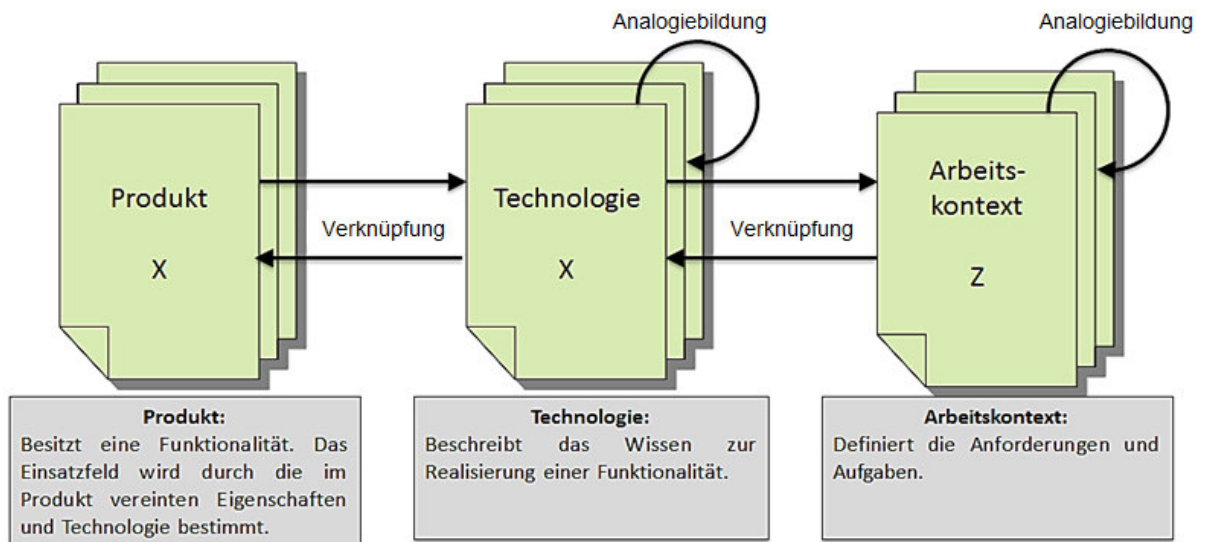


Abbildung 42: Darstellung der Vernetzung der Analogietreiber

Technologien

Technologien beschreiben das benötigte Know-how zur Realisierung einer gewünschter Funktion (Spath, Ardilio & Warschat, 2011). Die Beschreibung ist dabei unabhängig von einer konkreten Lösung oder Umsetzung. Sie definiert, unabhängig von einem konkreten

Kontext, die technischen Möglichkeiten und die spezifischen Produkteigenschaften. Die Identifizierung von Analogien im Bereich der Technologien kann dazu genutzt werden, ähnliche, optionale oder zusätzliche funktionale Möglichkeiten aufzeigen. Analogien können aber auch verwendet werden, um Beziehungen zwischen Arbeitskontext und Produkt herzustellen. So lassen sich durch die Verbindung von Technologie und Produkt unterschiedliche Realisierungsmöglichkeiten betrachten und weitere relevante Produkteigenschaften identifizieren. Die Verbindung zum Arbeitskontext kann dazu genutzt werden, Arbeitskontexte zu identifizieren, in denen bereits Erfahrungen zum Einsatz der betrachteten Technologien vorhanden sind.

Arbeitskontext

Der Arbeitskontext besteht eigentlich aus einer Vielzahl von Komponenten, welche die Gestaltung des Arbeitsmittels beeinflussen. Es ist offensichtlich, dass ein Rechner, welcher für einen Outdoor-Einsatz gestaltet oder angeschafft wird, aufgrund der zu erwartenden Umgebungsbedingungen (Regen, Staub etc.), andere Funktionen mitbringen muss als ein Rechner, welcher für den reinen Büroinsatz gedacht ist. Der Arbeitskontext beschreibt somit indirekt die Rahmenbedingungen, in denen das Arbeitsmittel funktionieren muss. Die analogen Beziehungen im Arbeitskontext können demnach dazu verwendet werden, Situationen mit ähnlichen Bedingungen zu erkennen und daraus gezielt Wissen für den betrachteten Kontext abzuleiten. An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass sich aufgrund der hohen Vernetzung der einzelnen Komponenten im Arbeitssystem bewusst gegen eine weitere Untergliederung des Arbeitskontextes entschieden wurde.

Die Beziehung zwischen Arbeitskontext und Technologie ermöglicht die Bewertung der Technologie in einem konkreten Kontext – diese wird häufig in Form einer konkreten Umsetzung der Technologie, was einem Arbeitsmittel gleichkommt, zu finden sein. Die Umsetzung spielt dabei eine entscheidende Rolle für die Interpretation des Ergebnisses. Aus ihr können konkrete Hinweise zur Produktgestaltung abgeleitet werden.

Produkt

Produkte stellen eine konkrete Lösung und exemplarische Umsetzungsmöglichkeiten von Leistungspaketen dar. Entgegen den Arbeitsmitteln sind diese jedoch nicht an einen Arbeitskontext, sondern vielmehr an einen allgemeinen Kontext gebunden. Durch die Loslösung vom Arbeitskontext eignen sich Produkte insbesondere zur Stimulation des Katalogwenders. Produkte können als Ideengeber für neue Produkte, Funktionen oder konkrete Eigenschaften dienen. Die Verknüpfung zur Technologie ermöglicht konkretere Recherchen über Einsatzmöglichkeiten und Funktionsweisen. An dieser Stelle wird bewusst auf eine direkte Verknüpfung von Produkt und Arbeitskontext (vgl. Abbildung 42) verzichtet, um eine Ideenfixierung durch einen konkreten Arbeitskontext zu vermeiden. Ein Bezug zwischen Produkt und Arbeitskontext kann bei Bedarf dennoch über die Technologie recherchiert werden.

4.3. Umsetzung

Das Vorgehen zur Erstellung und Umsetzung des Kataloges erfolgt in Anlehnung an das von Diekhöner (1981) vorgestellte Vorgehen zur Erarbeitung von Konstruktionskatalogen. Hierbei handelt es sich um einen praxisorientierten Ansatz, welcher zunächst eine Suche und anschließende Analyse von geeigneten Lösungen vorschlägt. Die Analyse verfolgt dabei den Zweck, den Lösungsraum zu strukturieren und diesen gezielt mit fehlenden Elementen zu ergänzen. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Konstruktionskatalog im fertigen Zustand den möglichen Lösungsraum vollständig abdeckt.

Da Arbeitswelten trotz oberflächlicher Ähnlichkeiten in der Detailebene häufig stark variieren, ist klar, dass der zu erstellende Katalog nur eine Vollständigkeit per definitionem auf einer als ausreichend detaillierter Ebene erreichen kann. Eine Vollständigkeit der Inhalte kann im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht gewährleistet werden. Des Weiteren muss berücksichtigt werden, dass bei dem zu erstellenden Katalog die Aufgabe des Auffindens geeigneter Lösungen durch die Inspiration neuer Produktideen ergänzt werden muss.

Aufgrund des veränderten Fokus sind an einzelnen Stellen Abweichungen vom dargestellten Vorgehen notwendig. Das angepasste Vorgehen wird in Tabelle 17 dem ursprünglichen empfohlenen Vorgehen gegenübergestellt.

Nr.	Arbeitsschritte nach Diekhöner (1981)	Vorgenommene Anpassungen
1	Thema festlegen (z. B. aufgrund einer Analyse sinnvolle Teilaufgaben definieren)	
2	mögliche Realisierungen der gestellten Aufgabe suchen (Schrifttum, bestehende Kataloge, Zeichnungen, Patentschriften usw.)	Suche nach möglichen Realisierungen, ausgehend von konkreten Lösungen in Form von Arbeitsmitteln bzw. Produkten.
3	/	aufbauend auf der vorhandenen Datenbasis erfolgt eine Ausweitung der Recherche auf Technologien und Arbeitskontexte durch Zuordnung der Elemente (Produkte, Technologien und Arbeitskontexte) untereinander
4	Analyse der Lösungen, Objekte und Operationen hinsichtlich ordnender Gesichtspunkte (= Gliederungsmerkmale) und Aussuchen von Einteilungsgesichtspunkten der Gliederungsmerkmale	
5	Überprüfen der Gliederungsmerkmale auf Vollständigkeit und ggf. Ergänzung. Eventuell Erweiterung des gefundenen Lösungs- bzw. Objekt- oder Operationsspektrums mithilfe der zusätzlich gefundenen Gliederungsmerkmale	
6	Suchen weiterer Einteilungsgesichtspunkte, wenn sich nicht alle Elemente des Hauptteiles mithilfe der bisherigen Gliederungsmerkmale erfassen lassen (Rücksprung zu Schritt 3)	Treffen einer bewussten Entscheidung darüber, inwieweit die vorhandene Gliederung die definierten Anforderungen erfüllt; ggf. Anpassungen vornehmen
7	Charakterisierung der im Hauptteil gesammelten Elemente durch mathematische Gleichungen, bildliche Darstellungen, Diagramme usw.	Ermittlung der aufgaben- und prozessrelevanten Kataloginhalte (Zugriffsmerkmale) sowie deren gezielte Informationsbeschaffung und Aufbereitung
8	Ermitteln von Zugriffsmerkmalen	
9	äußere Form des Kataloges festlegen (DIN-Format, Schriftstärke, Strichbilder, oder technische Zeichnungen usw.)	Erstellung der Datenbank und Entwicklung des Front-Ends
10	Katalogentwurf visuell (Farben, Strichstärken, Rasterfolie usw.) überarbeiten	

Tabelle 17: Vorgehen bei der Katalogentwicklung

Im Folgenden werden die wesentlichen Aktivitäten und Ergebnisse zur Umsetzung des Katalogkonzeptes kurz zusammengefasst. Dabei wird auf den Schritt zur Festlegung des Themas nicht weiter eingegangen, da das Thema bereits in den vorangegangenen Kapiteln ausreichend behandelt und eingegrenzt wurde.

4.3.1. Recherche zum Aufbau der Datenbasis

Der Katalog soll bei der Gestaltung von Arbeitsmitteln eingesetzt werden. Der Fokus in dem hier vorliegenden Fall liegt dabei auf der Arbeitsmittelgestaltung am Beispiel der Mensch-

Maschine-Schnittstelle. Daraus folgt, dass es sich bei dem Katalog in erster Linie um eine Lösungssammlung zu Mensch-Maschine-Schnittstellen handeln soll.

Mensch-Maschine-Schnittstellen (MMS) ermöglichen das zielgerichtete Zusammenwirken von Mensch und Maschine. Die Schnittstelle zeichnet sich dabei durch einen Austausch von Informationen aus.

Nach Schlick et al. (2010) lassen sich MMS grob in separate Ein- und Ausgabegeräte sowie in kombinierte Ein-/Ausgabegeräte unterteilen. Die Sammlung von Ein- und Ausgabegeräten entspricht demnach der geforderten Sammlung von Realisierungsmöglichkeiten. Dabei wird die Recherche zunächst bewusst auf Produkte als Vertreter einer konkreten Lösung beschränkt. Aufbauend auf den in Kapitel 4.2.2. beschriebenen Verbindungen von Produkten, Technologien und Arbeitskontexten werden im Anschluss daran gezielte Recherchen zu den im Produkt eingesetzten Technologien durchgeführt, um darauf aufbauend Arbeitskontexte zu identifizieren, bei denen die identifizierten Technologien zum Einsatz kommen. Der Datenpool der Produkte bildet den Ausgangspunkt für das gesamte weitere Vorgehen. Aufgrund der hohen Bedeutung soll das Vorgehen bei der Identifikation der Produkte (Ein- und Ausgabegeräte) im Folgenden kurz beschrieben werden.

Gemäß den Anforderungen war die Aufnahme von Produkten (und deren Technologien) unterschiedlicher Entwicklungsstufen gefordert. Des Weiteren besteht der Anspruch an eine möglichst breite Datenbasis. Unter Berücksichtigung des Zielsystems war es notwendig, dass der Katalog den Entwickler u. a. auch mit für ihn unbekanntem Produkten konfrontiert. Entweder, weil diese neu sind, oder weil sie in konventionellen Lösungen nicht oder selten zum Einsatz kommen. Bei der Recherche der Produkte wurde sich primär auf Onlinequellen gestützt. Der Verwendung von Büchern und Zeitschriften zum Aufbau der Produktdatenbasis wurde, aus Gründen der Aktualität und der häufigen Beschränkung auf konventionellere Lösungen, eine eher untergeordnete Priorität beigemessen. Analysiert wurden so u. a. Beiträge in Foren oder Blogs aus den Bereichen Interaktionsdesign, Usability und Technologie. Die dort enthaltenen Vorstellungen und Erfahrungsberichte liefern, neben einem breiten Eindruck über aktuelle Techniken und Technologien, wertvolle Hinweise zu aktuellen und zukünftigen Produkten. Ein positiver Nebenaspekt dieser Recherchemethode war, dass viele der gefundenen Beiträge häufig von Laien für Laien geschrieben wurden, so auch die Abschnitte zur Funktionsweise des Produktes und der verwendeten Technologie. Die Übernahme der dort verwendeten Beschreibungselemente eignete sich insbesondere zur Erfüllung der Anforderung „... verständlich für die spätere Nutzergruppe ...“, da sie ohne komplizierte Fachsprache auskam.

Eine weitere Informationsquelle für zukünftige Produkte und Produktideen lieferten sogenannte Crowdfunding-Plattformen, wie z. B. kickstarter.com, auf denen junge Start-up-Unternehmen nach Investoren für die Realisierung ihrer Ideen suchen. Die Berücksichtigung von Crowdfunding-Seiten kommt dabei einer indirekten Patentrecherche gleich. Dabei liefern die Internetplattformen eine eher anwendungsorientierte Beschreibung der Erfindungen, welche Möglichkeiten der Nutzung aufzeigen sollen. Patente hingegen sind in der Regel eher problemorientiert und fokussieren schnell auf Details der konkreten Lösung.

Weiterhin konnten viele Produkte und Produktideen anhand abgeschlossener oder laufender Forschungsvorhaben von namenhaften IT-Unternehmen und Forschungseinrichtungen analysiert werden.




Pos.	Bild symbolisch	Kurzbeschreibung	Quelle
1		Im Gegensatz zu einem herkömmlichen berührungsempfindlichen Bildschirm erkennt Surface die Bewegungen mehrerer Finger. Die Microsoft Surface ist daher auch dafür geeignet, dass mehrere Personen gleichzeitig damit arbeiten können. Microsoft nennt diese Eigenschaft "Multi-User Experience". Mittels "Object Recognition" erkennt die Microsoft Surface auch auf ihr abgelegte Gegenstände. Das System ist mit WiFi und Bluetooth ausgestattet, um Daten z.B. mit Mobiltelefonen oder Digitalkameras auszutauschen. Zukünftig soll auch RFID oder NFC zum Einsatz kommen.	http://futuremediarooms.blogspot.com/2007/11/multi-touch-system-microsoft-surface.html
2		Microsoft hat nun die Surface auf eine Kugeloberfläche gebracht. Sphere, so der Name des neuen Konzepts, ermöglicht Bilder, Videos und ähnliches im 360 Grad Winkel zu betrachten. Die Bilder werden über einen Projektor, der sich im Inneren der Kugel befindet an die Innenwand projiziert. Dabei passen bestimmte Algorithmen die Bildwiedergabe an das runde Display an. Die Interaktion mit dem Nutzer erfolgt über Infrarot Sensoren.	http://futuremediarooms.blogspot.com/2008/07/microsoft-surface-wird-sphrisch.html
3		Heliodyisplay ist eine Entwicklung von IO2Technology aus Kalifornien. Bei diesem interaktiven Display wird das Bild von einem Projektor in die Luft (auf eine Wassernebelwand) projiziert und das Bild scheint zu schweben und wirkt wie ein Hologramm, da eine Tiefenreferenz fehlt. Als Bildquellen können handelsübliche Fernsehsignale, Computer und DVD-Player benutzt werden. Weiters erfolgt die Bedienung nicht konventionell mit Maus und Zeiger sonder mit den Fingern. "Das genaue Verfahren ist mittlerweile kein Geheimnis mehr: die ionisierte Luft strömt als dünner Film aus dem Gerät und die resultierenden Lichtbrechungen bilden eine nahezu transparente Projektionsfläche. Außer dem Stromanschluss und einer Bildquelle wird nichts benötigt." (Quelle:wikipedia)	http://futuremediarooms.blogspot.com/2007/11/heliodyisplay.html

Abbildung 43: Darstellung der gesammelten Ein- und Ausgabegeräte in Form einer Medienliste (Auszug)

Die gefundenen Produkte wurden in einer Medienliste (vgl. Abbildung 43) dokumentiert. Das Zwischenergebnis repräsentiert die gefundenen Produkte anhand einer Abbildung und einer kurzen Beschreibung. Bereits bei der Recherche fiel auf, dass viele Mensch-Maschine-Schnittstellen durch eine hohe Anzahl an Varianten vertreten sind. Die Unterschiede beruhen in der Regel auf Variationen in den technischen Daten oder im äußeren Design. Die technische Ausprägung selbst hat jedoch nur geringen Einfluss auf die prinzipielle Funktionsfähigkeit des Produktes selbst. So sind z. B. alle neueren Smartphones in der Lage, Apps auszuführen, Textnachrichten zu empfangen oder zu senden und Telefonverbindungen aufzubauen. Ob das Gerät dabei stark oder schwach abgerundete Ecken (Design) hat, ist für die Funktionalität irrelevant. Auch ob das Smartphone einen Prozessor mit zwei oder vier Kernen besitzt, hat dabei lediglich Auswirkung auf die Leistungsfähigkeit. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle in ihrer Funktionalität bleibt davon primär unberührt. Welche Informationen der Entwickler für die Erfüllung seiner Aufgabe genau benötigt, wird in Kapitel 4.3.3. ausführlich betrachtet. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass eine Konfrontation des Entwicklers in der Ideengenerierungsphase, in welcher der Katalog hauptsächlich unterstützen soll, mit mehr als 200 sehr ähnlichen Produkten einer Klasse, als wenig hilfreich erachtet werden kann.

Erschwerend kommt hinzu, dass Produkte, abhängig von ihrer Umsetzung und ihrer Anwendung, mehr als eine Funktion erfüllen können. Dadurch ist eine eindeutige Zuordnung von Produkt und Technologie nicht immer möglich. Auch ist zu klären, welcher Abstraktionsgrad für die Darstellung der Technologie im vorhandenen Kontext sinnvoll ist. Im Rahmen der Ar-

beit wurde die Betrachtung auf bedeutende, funktionsorientierte Merkmale der Mensch-Maschine-Schnittstelle beschränkt.

Dies führte zur Einführung des Alleinstellungsmerkmals. Der Begriff kommt ursprünglich aus der Verkaufspsychologie und bezeichnet ein herausragendes Leistungsmerkmal, wodurch sich ein Produkt stark von anderen Wettbewerbern abhebt (Erlhoff, 2008). Im vorliegenden Fall bezeichnet das Alleinstellungsmerkmal eine Besonderheit, eine Eigenschaft, ein Begeisterungsmerkmal oder eine besonders gelungene Art der Umsetzung der primären Mensch-Maschine-Schnittstelle eines Produkts. Die Good oder Best Practice kann dabei über gewonnene Auszeichnungen, Preise oder eine Experteneinschätzung nachgewiesen werden. Positiver Nebeneffekt des Alleinstellungsmerkmals ist die Eingrenzung der Variantenflut auf Produktebene. Dieses legitimiert einige wenige Produkte dazu, als Stellvertreter für eine bestimmte Produktgruppe zu fungieren.

Die Definition der Alleinstellungsmerkmale wurde im Folgenden dazu genutzt, aufgabenrelevante Technologien zu identifizieren. Zunächst wurden dabei die primären Technologien zur Informationseingabe und -ausgabe der ausgewählten „Best-Practice-Produkte“ recherchiert. Diese wurden mit den im Folgenden nicht weiter berücksichtigten Produkten derselben Produktkategorie abgeglichen.

Letzter Schritt zum Aufbau des Technologiepools bestand in der Suche nach weiteren Technologien, die das ausgewählte Alleinstellungsmerkmal beinhalten.

Die Recherche des Technologiepools lieferte bereits vereinzelt Arbeitssysteme in denen bestimmte Technologien zum Einsatz kommen. Diese wurden gesammelt und systematisiert (vgl. hierzu Kapitel 4.3.2.3.). Mithilfe der Systematisierung der Arbeitskontexte wurde eine gezielte Rückwärtssuche indiziert, welche weitere Arbeitskontexte anhand der Systematisierung identifizieren sollte. So war es möglich, im finalen Schritt den Produkt- und Technologiepool durch weitere Recherche zu den neu identifizierten Arbeitskontexten und den dort zum Einsatz kommenden Technologien und produktspezifischen Besonderheiten weiter auszubauen. Bei der Recherche wurde sich aufgrund der kritischen Würdigung von Untersuchungen und Anwendungen primär auf wissenschaftliche Veröffentlichungen gestützt.

Im weiteren Verlauf der Entwicklung werden die erstellten Datensätze der Datenpools gezielt um weiteres Wissen ergänzt. Sie dienen später als Grundlage für die erstellte Datenbank.

4.3.2. Gliederung der Inhalte

Die Gliederung der Inhalte, welche bei einem Konstruktionskatalog die Prüfung der gefundenen Lösungen auf Vollständigkeit ermöglichen soll, verfolgt bei dem zu entwickelnden Katalog einen anderen Zweck. Die Gliederung als wesentlicher Teil des Wirkprinzips soll dem Anwender des Kataloges einen gezielten Wissenstransfer zwischen den Elementen ermöglichen. Die Gliederung soll dabei helfen, Beziehungen zwischen den einzelnen Analogietreibern (Produkt, Technologie oder Arbeitskontext) zu entdecken. Hierzu ist es notwendig, die Gliederung aus einer geeigneten Sichtweise zu erstellen. Die zu erstellende Gliederung orientiert sich dabei an inneren Analogien. Diese bezeichnen das zweckgebundene Aufdecken von Gemeinsamkeiten innerhalb einer Untergruppe von Analogietreibern. Hierbei handelt es sich um eine

Strukturierung der Lösungssammlung nach Gesichtspunkten, die für die Aufgabe relevant sind. Der Zweck und Aufbau dieser Gliederungen wird im Folgenden näher erläutert.

4.3.2.1. Produkte

Bei einer Produktkategorisierung besteht die Gefahr, dass der Auswahlprozess bereits von vornherein auf eine bestimmte Produktkategorie beschränkt und lediglich die Technologie auf ihre Eignung hin überprüft wird. Das alleinige Ersetzen eines LCD-Monitors durch einen Plasmabildschirm stellt, wenn überhaupt, lediglich eine inkrementelle Verbesserung dar.

Im vorliegenden Fall wurde sich bewusst gegen eine Gliederung von Produkten ausgesprochen. Produkte dienen dazu, Ideen für neue Produkte und deren Umsetzung zu generieren. Ohne eine Gliederung ist ein gezielter Zugriff auf eine Untergruppe von Produkten nicht möglich. Um dahin zu gelangen, wird der Entwickler zwangsweise mit anderen Produkten konfrontiert, mit denen er sich auseinandersetzen muss.

4.3.2.2. Technologien

Aufbauend auf Tätigkeit 4 und 7 (vgl. Abbildung 33) des Entwicklungsprozesses besteht die Forderung nach Unterstützung zur Bildung geeigneter Lösungsvarianten. Dies kann dadurch begründet werden, dass im Rahmen der Produktfindung auch die Auswahl einer konkreten Technologie erforderlich ist.

Nun ist es möglich, dass die ursprünglich präferierte Technologie für den betrachteten Kontext nicht infrage kommt. Mögliche Ursachen können die damit verbundenen Kosten sein, die Unzuverlässigkeit der Technologie aufgrund des aktuellen Entwicklungsstatus oder anderer Rahmenbedingungen, die eine Nutzung dieser Technologie für den betrachteten Arbeitskontext ausschließen. In einem solchen Fall muss der Katalog in der Lage sein, den Anwender bei der Identifikation geeigneter Alternativen zu unterstützen.

Im Folgenden wird weiterhin davon ausgegangen, dass die Funktion und die darauf basierenden Eigenschaften, welche die Nutzung einer bestimmten Technologie ermöglichen, ausschlaggebend für deren Auswahl sind. Dies würde bedeuten, dass die Gliederung das Ziel verfolgen muss, Beziehungen auf der Funktionsebene herzustellen. Das in Kapitel 4.3.1. beschriebene Alleinstellungsmerkmal kann dabei sowohl zur Gliederung von Produkten als auch für eine funktionsorientierte Gliederung von Technologien genutzt werden, wie Abbildung 44 schematisch darstellen soll.

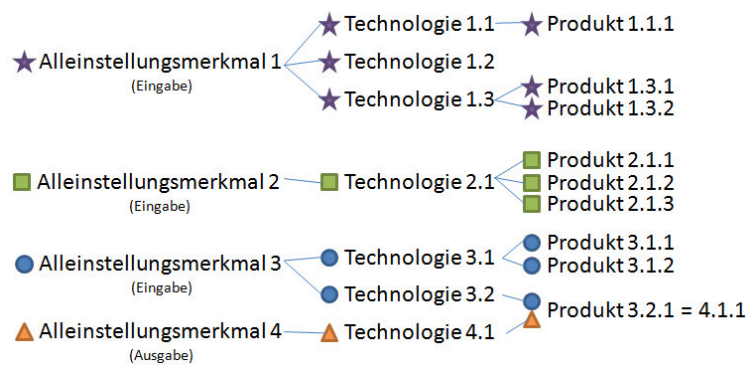
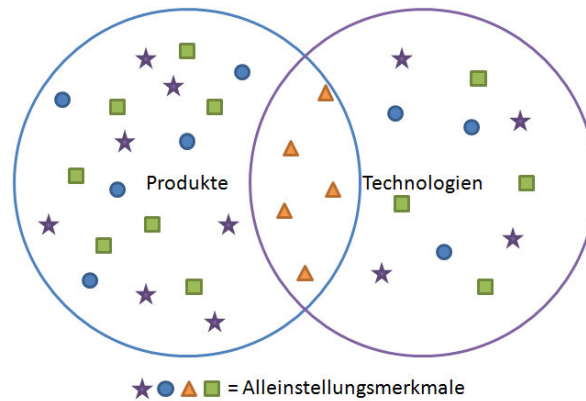


Abbildung 44: Schematische Darstellung der Verknüpfung von Produkt/Technologie und Alleinstellungsmerkmal

Analog zur Recherche der Literatur, welche Mensch-Maschine-Systeme häufig in Ein- und Ausgabegeräte unterteilt (Schlick et al., 2010), sollte die Unterteilung in Informationseingabe und Informationsausgabe auf Ebene der Technologien, aufgrund der großen Inhomogenität, welche sich in einem direkten Vergleich von Ein- und Ausgabetechnologien ergeben, beibehalten werden.

Auffällig bei der Unterteilung der Technologien in Ein- und Ausgabetechnologien war das Verhältnis dieser zueinander. Bereits auf der Ebene der Produkte ließen sich weitaus mehr innovative Ausgabegeräte als Eingabegeräte identifizieren. Bei der Zuordnung der Alleinstellungsmerkmale zu Technologien fiel auf, dass viele Eingabegeräte durch eine künstlich erzeugte Rückmeldung, welche in herkömmlichen Lösungen nicht vorhanden waren (vgl. TouchSense® Haptic Feedback der Firma Immersion) als „besonders“ eingestuft wurden. Entsprechend mussten diese Technologien der Informationsausgabe zugeordnet werden, wodurch sich Einträge der Eingabetechnologien in Grenzen halten.

Auch wenn der Rolle der Eingabetechnologien für innovative Arbeitsmittel eine eher untergeordnete Rolle zukommt, so verdeutlicht dies die Notwendigkeit der systemischen Betrachtung von Ein- und Ausgabe.

Informationseingabe

Technologien zur Informationseingabe lassen sich häufig anhand von Körperbewegungen klassifizieren. Aufbauend darauf lassen sich Unterscheidungsmerkmale wie z. B. die Freiheitsgrade, sprich die Anzahl der frei wählbaren, voneinander unabhängigen Bewegungsmöglichkeiten, oder die Effektoren, die diese Bewegung ausführen, als Kategorisierungselement iden-

tifizieren. Weiterhin existieren Systematisierungen nach Elementaraufgabe, Wirkprinzip und der erfassten Größe (DIN EN ISO 9241-400, 2010, VDI/VDE 3850, Blatt 2, 2002).

Eine Gegenüberstellung der gefundenen Alleinstellungsmerkmale der Eingabetechnologien zeigt eine starke Korrelation dieser mit den ausführenden Handlungsorganen. Sie lassen sich nach den folgenden Effektorgruppen klassifizieren (Kirchner, 1998; Williams & Helbig, 2007):

- Finger-Hand-Arm-System,
- Fuß-Bein-Knie-System,
- Kopf-Gesicht-System,
- Rumpf,
- Stimme,
- Nervenpotentiale.

Die Auswahl geeigneter Handlungsorgane anhand ihrer allgemeinen Vor- und Nachteile hinsichtlich der Erfüllung von allgemeingültigen Anforderungen, wie z. B. Schnelligkeit, Genauigkeit etc., wird für Eingabetechnologien als sinnvoll erachtet. Diese sind hinreichend bekannt und können bei Bedarf nachgelesen werden (vgl. z. B. Fischer, 2013). Die erstellte Gliederung (vgl. Abbildung 45) folgt demnach dem Beispiel der von Kirchner (1998) aufgestellten Effektoren und zeigt alternative Eingabetechnologien für das ausgewählte Handlungsorgan auf.

Auf der ersten Ebene erfolgt dabei eine Unterteilung zwischen bewussten und unbewussten Eingaben. Für die Gestaltung einer Mensch-Maschine-Schnittstelle sind für eine Steuerung primär die Eingaben relevant, welche durch den Menschen bewusst gesteuert werden können. Unter den bewussten Eingaben sind die Effektoren nach Kirchner (1998), aus den oben beschriebenen Gründen, zu finden. Weitere Unterteilungen von Technologien bzw. Technologiegruppen wurden aufgrund der geringen Anzahl nicht vorgenommen. Der Pfad der unbewussten Ausgabetechnologien beschreibt Möglichkeiten, unbewusste Reaktionen des Menschen als Eingabe in dem System zu berücksichtigen. Die Thematik des Biofeedbacks eröffnet bei zuverlässiger Implementierung völlig neue Möglichkeiten bei der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle.

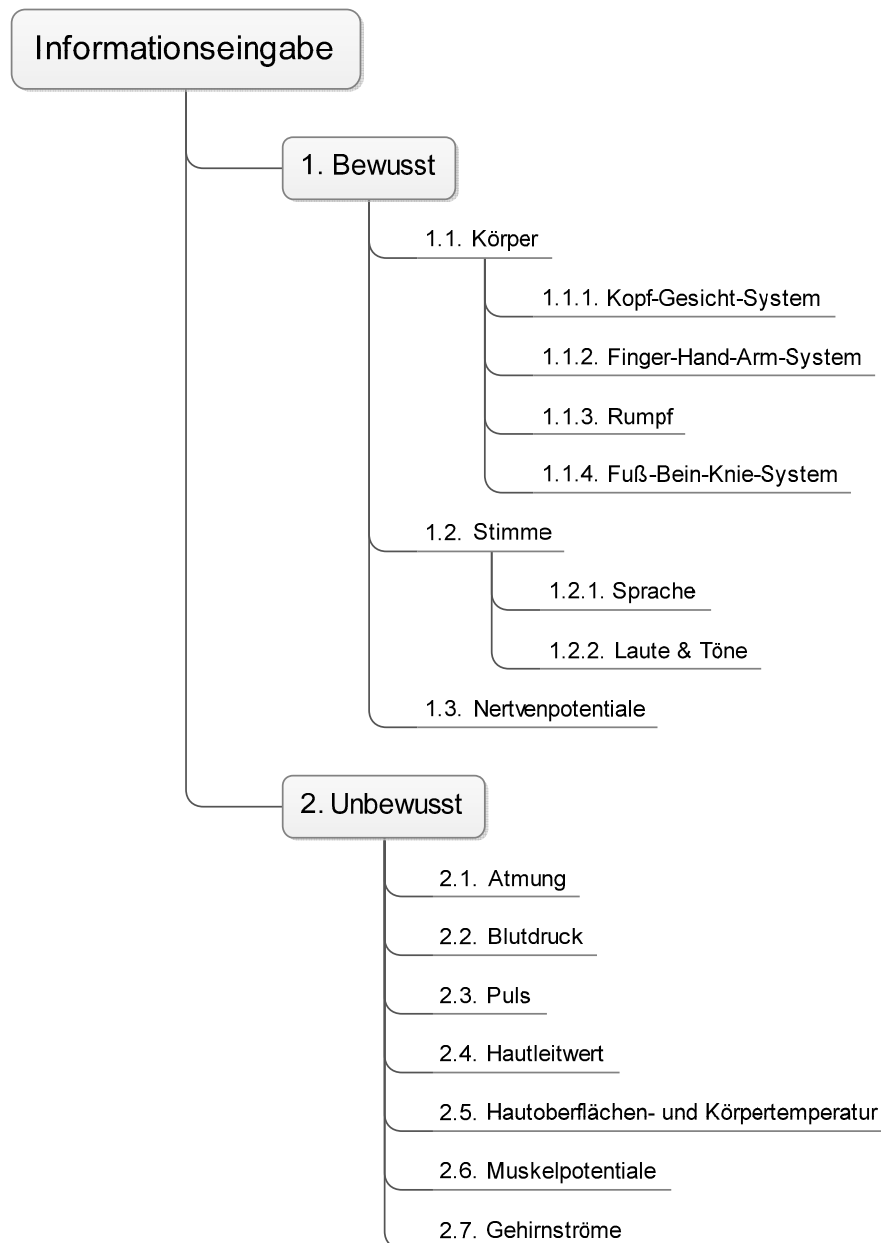


Abbildung 45: Systematisierung der Informationseingabe

Informationsausgabe

Die gefundenen Alleinstellungsmerkmale zu Informationsausgabe lassen sich ausnahmslos auf die Wahrnehmung des Menschen zurückführen. Die erste Ebene der Kategorisierung unterscheidend deshalb visuelle, auditive, haptisch, olfaktorische und gustatorische Anzeigen (vgl. Abbildung 46). Dabei gibt die Reihenfolge der Nennungen den aktuellen Stand der Relevanz der einzelnen Sinnesmodalitäten für Mensch-Maschine-Schnittstellen wieder.

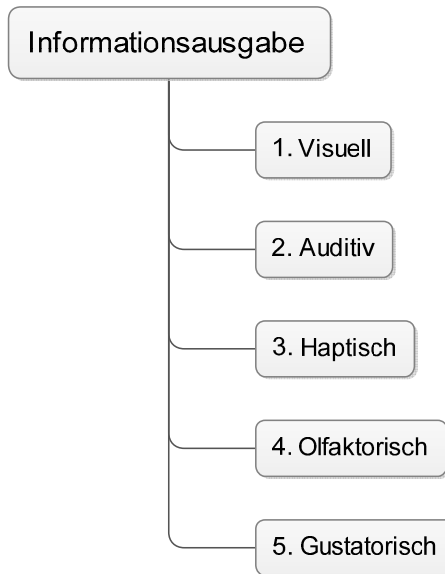


Abbildung 46: Systematisierung der Informationseingabe – 1. Ebene

Bei der Recherche der MMS dominierten die visuellen Anzeigen. Dies deckt sich mit wissenschaftlichen Erkenntnissen zur Informationsaufnahme des Menschen. Schlick et al. (2010) legen dar, dass die Informationsaufnahme großteils über den visuellen Kanal erfolgt.

Die Alleinstellungsmerkmale, welche ungewöhnliche Funktionen ermöglichen, lassen sich qualitativ durch die vom Menschen wahrgenommene Darstellung unterscheiden. Auffälligstes Unterscheidungsmerkmal bestand in der Art der Darstellung. Hierbei kann es sich entweder um eine 2D-Anzeige, sprich die Darstellung von etwas in einer Ebene, handeln, oder aber um etwas Dreidimensionales. 3D-Anzeigen lassen sich unterteilen in 3D-Anzeigen mit einer tatsächlichen räumlichen Tiefe (volumetrische Displays) und Anzeigen, die dem Betrachter lediglich den Eindruck einer räumlichen Tiefe vermitteln – die eigentliche Anzeige ist jedoch lediglich 2-dimensional, also flächig.

Letzteres lässt sich wiederum unterscheiden in Systeme, die diesen Eindruck mit entsprechenden Hilfsmitteln (stereoskopisch) oder ohne weitere Hilfsmittel (autostereoskopisch) vermitteln.

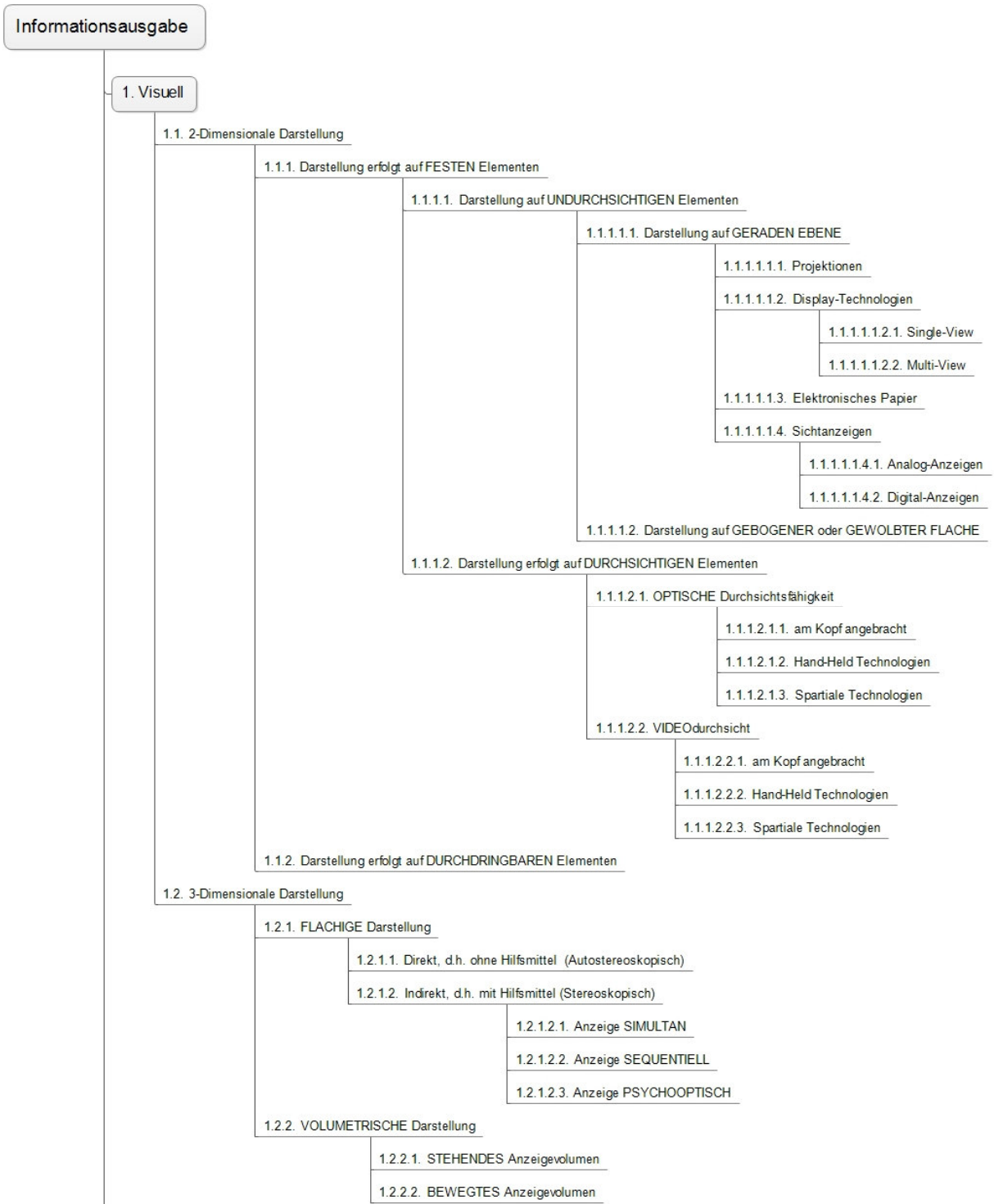


Abbildung 47: Systematisierung der Informationseingabe – visuell bis zur Technologieebene (n-1)

Bei den 2D-Anzeigen fiel bei der Analyse der Alleinstellungsmerkmale die Erwähnung von einzelnen Displayeigenschaften auf. Im Rahmen der Kategorisierung wurden diese Eigenschaften so aufgestellt, dass die einzelnen Kategorien mit möglichst wenigen Dopplungen auskommen. Um dies zu erreichen, wurden die allgemeingültigeren Merkmale, so weit wie zulässig, im oberen Bereich des Eigenschaftsbaums verankert. Dies ist auch der Grund, weshalb in der obersten Ebene zwischen festen und durchdringbaren Anzeigetechnologien unterschieden wird. Der weitaus häufigere Fall beschreibt Technologien, bei denen die Anzeige aus

einem festen Element besteht. Feste Elemente können zwar nicht von anderen Objekten, z. T. aber von Licht zerstörungsfrei durchdrungen werden. Die Eigenschaft der Durchsichtsfähigkeit ermöglicht somit die Realisierung von unkonventionellen Anzeigekonzepten, wie z. B. Augmented Reality. Durchsichtsfähige Systeme lassen sich in Systeme unterteilen, die für ein Auge oder beide Augen eine tatsächliche optische Transparenz aufweisen, und in Systeme, die eine Durchsichtsfähigkeit lediglich durch Aufnahme und Wiedergabe der Umgebung simulieren. Die gefundenen Technologien lassen sich in diesem Bereich lediglich sinnvoll nach Körperregionen der Bilddarstellung gliedern.

Feste, undurchsichtige 2D-Anzeigen können ebenfalls eine Form besitzen. Diese kann, wie z. B. bei herkömmlichen Displays, einer Ebene angenähert sein oder eine andere Form besitzen. Bei den identifizierten Alleinstellungsmerkmalen kann es sich dabei um eine gewölbte oder gebogene Fläche handeln. Ist diese Fläche starr, so kann es sich hierbei z. B. um eine Kugel oder um einen Zylinder handeln. Weitere Formen sind ebenfalls denkbar, aber aktuell nicht im Katalog enthalten. Das Gegenteil von starren Anzeigen liegt in flexiblen Technologien, welche ebenfalls dazu genutzt werden können, um z. B. zylindrische Anzeigen zu realisieren.

Allerdings ermöglicht die Flexibilität der Anzeigefläche ebenfalls die Realisierung mehrfach gebogener bzw. gewölbter Anzeigen.

Schaut man sich den Ast der 2D-Anzeigen mit fester, undurchdringbarer und ebener Anzeigefläche an, so stößt man hier auf unterschiedliche Technologiegruppen. Lediglich die Gruppe der Displays lässt sich weiter in Single- und Multi-View-Displays unterteilen. Bei Multi-View handelt es sich um Technologien, die es Displays ermöglichen, gleichzeitig mehrere betrachtungswinkelabhängige Bilder anzuzeigen. Diese Technologie wird aktuell nur in Kombination mit herkömmlichen Displays angewandt, auch wenn diese z. B. auf andere Technologien, wie z. B. E-Paper, angewendet werden kann.

Am Ende eines jeden Zweigs sind die Technologien anzubinden, welche die Umsetzung der zuvor erwähnten Eigenschaften ermöglichen. Es kann vorkommen, dass manche Technologien aufgrund ihrer Eigenschaften gedoppelt werden, bzw. dass der Nutzer auf einen anderen Pfad verwiesen werden muss.

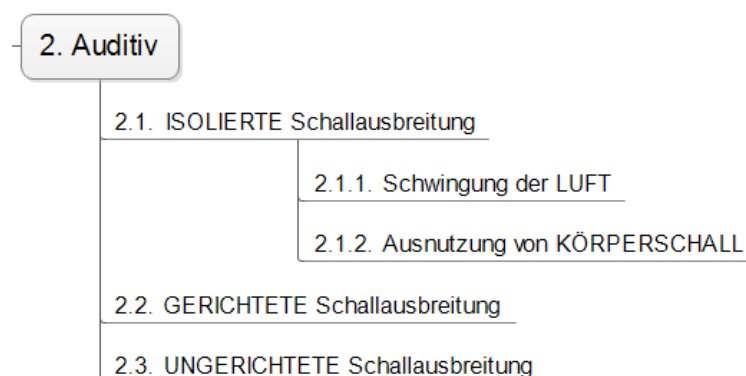


Abbildung 48: Systematisierung der Informationseingabe – auditiv bis zur Technologieebene (n-1)

Weniger komplex wird die Kategorisierung im Bereich der auditiven Anzeigen. Dies liegt an der niedrigeren Komplexität der auditiven Wahrnehmung. Die meisten der durch das Ohr

identifizierbaren Eigenschaften lassen sich weniger auf die einzelnen Technologien, als vielmehr auf die Umsetzung und Auslegung der Technologie zurückführen.

Sicher kann das menschliche Gehör viele Informationen aus einer akustischen Anzeige herausfiltern. Dies ist auf komplexe Muster wie Frequenzmodulation etc. zurückzuführen. Allerdings ist dies letztendlich nur eine Eigenschaft der technologischen Umsetzung (z. B. Auslegung eines Lautsprechers auf einen Frequenzbereich, Töne vs. Sprache etc.). Auch Eigenschaften wie z. B. das Richtungshören lassen sich eher auf die Umsetzung zurückführen und sind demnach keine technologiespezifische Eigenschaft. Im Rahmen der Recherche konnten jedoch Alleinstellungsmerkmale identifiziert werden, welche sich gut anhand der Maßnahmen zur Lärminderung (Schirmer, 1996) einteilen lassen. Diese lauten wie folgt:

- Konstruktion/Anschaffung lärmarmen Maschinen,
- Isolation der Schallquelle,
- Ergreifen persönlicher Schutzmaßnahmen.

Werden die Punkte nicht als Maßnahmen sondern als Technologieeigenschaften formuliert, so erhält man eine Einteilung von Technologien in die folgenden Kategorien:

- Isolierter Schall:

Hierbei handelt es sich um Technologien, die die Schallausbreitung im Raum von vornherein zu unterbinden versuchen. Exemplarisch ist an dieser Stelle die Ausnutzung von Körperschall zu nennen.

- Gerichteter Schall:

Diese Kategorie beschreibt die Technologien, die es ermöglichen, den Schall gerichtet zu lenken, so dass dieser nur an einem bestimmten Ort oder von einzelnen Personen oder Personengruppen wahrgenommen werden kann.

- Ungerichteter Schall:

Diese Kategorie bezeichnet Technologien, welche eine räumlich unkontrollierte Schallausbreitung liefern.

Weitaus komplexer ist die Kategorie der Haptik, da sich diese Wahrnehmung aus Informationen von diversen, unterschiedlichen Rezeptoren zusammensetzt. In der Literatur wird in der Regel zwischen der taktilen und der kinästhetischen Wahrnehmung unterschieden.

Die taktile Wahrnehmung beschreibt die Wahrnehmung, welche bei der Interaktion zwischen der Haut und einem Objekt entsteht, wohingegen sich die Kinästhetik auf Bewegungen und die wirkenden Kräfte beschränkt (Matysek & Kern, 2009). Eine funktionale Trennung von haptischen Effekten in diese Kategorien erschien als nicht zweckmäßig, da haptische Informationen häufig eine Kombination aus beiden Teilbereichen darstellen. Als Beispiel kann an dieser Stelle die Wahrnehmung von Kräften angeführt werden, welche eigentlich in der Kinästhetik verankert liegen. Die Literatur zeigt, dass auch Kräfte im Bereich von 5 mN bis 5 N über die Haut aufgenommen werden können, so dass geringe Kräfte wiederum der taktilen Wahrnehmung zugesprochen werden müssen. Eine Unterscheidung von Technologien nach Ele-

menten, wie z. B. nach einer maximal erzeugbaren Kraft, wäre zum einen nicht zielführend, zum anderen abhängig von der konkreten Umsetzung. Sinnvoller wäre eine Gliederung von Technologien nach erzeugbaren Sinneseindrücken. Eine solche Gliederung wurde aufgrund der vielen unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten einer Technologie jedoch wieder verworfen.

Matysek & Kern (2009) nutzen für ihr Buch „Entwicklung Haptischer Geräte: Ein Einstieg für Ingenieure“ jedoch eine Strukturierung, um die haptische Interaktion in für die Entwicklung relevante Fragencluster zu zerlegen. Die Strukturierung ist in Abbildung 49 dargestellt. Die Strukturierung erweist sich als sehr vielversprechend, da sie sich der haptischen Interaktion vonseiten der technischen Anforderungen nähert, was der geplanten Strukturierung zugute kommt.

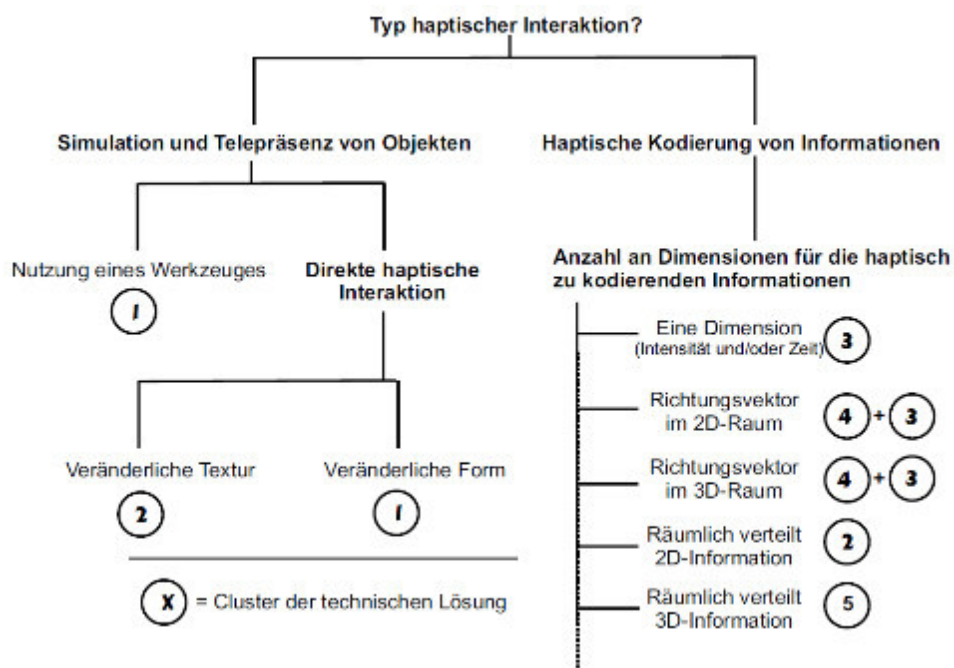


Abbildung 49: Strukturierungsmöglichkeit der haptischer Interaktionen anhand von Fragenclustern (Matysek & Kern, 2009)

Die im Katalog zur Anwendung kommende Systematisierung (vgl. Abbildung 50) baut auf der Strukturierung von Matysek & Kern (2009) auf. Dies wurde jedoch um einzelne Schritte der typischen haptischen Exploration nach Ledermann und Lederman & Klatzky (1987) erweitert. Zudem wurden die Elemente der Codierung in Objekteigenschaften transformiert.

Angepasst erhält man so eine Kategorisierung von Technologien, die zum einen wahrnehmungsbasiert ist, zum anderen aber auch die zur Wahrnehmung notwendige Interaktion des Nutzers mit dem Gerät auf einer elementaren Ebene beschreibt.

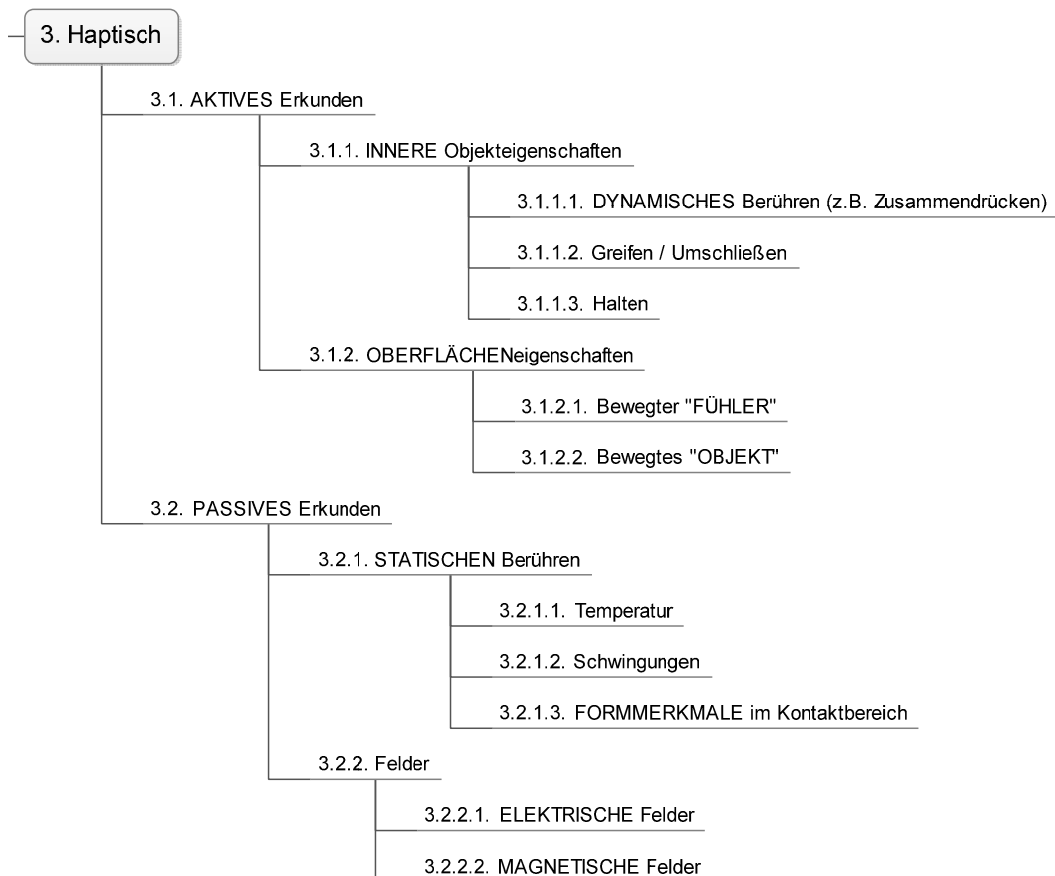


Abbildung 50: Systematisierung der Informationseingabe – haptisch bis zur Technologieebene (n-1)

Die erste Ebene lässt sich, in Anlehnung an das von Jones & Lederman (2006) aufgestellte sensomotorische Kontinuum für die Funktionen der menschlichen Hand in ein aktives und passives Erkunden gliedern. Dabei ist die hier gewählte Kategorisierung nicht auf die Hand oder den menschlichen Finger beschränkt, auch wenn dies das bevorzugte Wahrnehmungsobjekt des Menschen ist. Dies liegt an der hohen Dichte der dort vorhandenen Rezeptoren. Das aktive Erkunden fasst Technologien zusammen, welche eine Aktion des Nutzers zur Übermittlung der erforderlichen Wahrnehmung benötigen. Im Gegenzug dazu beschreibt das passive Erkunden Technologien, die die Wahrnehmungen bereits bei einer bloßen Berührung, ohne weitere Aktionen, übermitteln. Das passive Erkunden lässt sich unterteilen in Technologien, die erst bei einer statischen Berührung eine haptische Information übermitteln können, sowie in berührungsfreie Technologien. Die berührungsfreie haptische Informationsübertragung ist unter dem Begriff der „Felder“ zusammengefasst, da es sich hierbei um Effekte wie elektrische Felder handelt. Diese interagieren z. B. indirekt mit den Haarfollikelsensoren. Auch magnetische Felder, die berührungsfrei Kräfte auf ein Werkzeug erzeugen, können berührungsfrei haptische Informationen übertragen. Eine einfache statische Berührung eines Objektes kann Informationen über eine Temperatur, Schwingung oder auch einzelne Formmerkmale im Kontaktbereich übermitteln, auch wenn Letzteres ohne eine aktive Bewegung nur eingeschränkt möglich ist.

In den Bereichen der olfaktorischen und gustatorischen Informationsaufnahme wurden im Rahmen der Recherche wenige Systeme identifiziert. Aufgrund der geringen Funde wurde in

diesen Bereichen auf eine weitere Gliederung verzichtet. Der Gleichgewichtssinn, welcher z. B. in der Lage ist, Informationen über einen Systemzustand oder über die Beschleunigung zu vermitteln, wurde zunächst nicht betrachtet, da es sich hierbei eher um Umgebungsparameter handelt.

4.3.2.3. Arbeitskontexte

Das Ziel der Gliederung des Arbeitskontextes liegt in der Identifikation von strukturellen Ähnlichkeiten der Kontexte untereinander. Das Erkennen von Ähnlichkeiten, unter einzelnen Nutzungskontexten, eröffnet eine Vielzahl von Optionen, angefangen bei der Identifizierung von Potentialen durch die Übertragung von Technologien aus einem anderen Kontext über eine Bewertung von Produktideen bis hin zum Ableiten von konkreten Anforderungen an ein Produkt oder eine Technologie.

Benutzer	Arbeitsaufgabe	Arbeitsmittel
Benutzertyp Repräsentative Benutzer Nicht repräsentative und indirekte Benutzer Fertigkeiten und Wissen Erfahrung mit dem Produkt Erfahrung mit dem System Erfahrung mit der Arbeitsaufgabe Erfahrung mit der Organisation Übungsgrad Fertigkeiten mit dem Eingabemittel Qualifikationen Sprachfertigkeiten Allgemeine Kenntnisse Persönliche Merkmale Alter Geschlecht Physische Fähigkeiten Physische Grenzen und Behinderungen Intellektuelle Fähigkeiten Einstellungen Motivation	Aufgabenzerlegung Aufgabenbezeichnung Aufgabenhäufigkeit Aufgabendauer Häufigkeit von Ereignissen Handlungsspielraum Physische und mentale Anforderungen Aufgabenabhängigkeiten Aufgabenergebnisse Gefährliche Auswirkungen von Fehlern Sicherheitskritische Erfordernisse	Allgemeine Beschreibung Produktbezeichnung Produktbeschreibung Hauptanwendungsbereiche Wichtige Funktionen Spezifikation Hardware Software Materialien Dienstleistungen Weiteres
Umgebung		
Organisatorische Umgebung	Technische Umgebung	Physische Umgebung
Struktur Arbeitsstunden Gruppenarbeit Funktion Arbeitspraxis Hilfestellung Unterbrechungen Führungsstruktur Kommunikationsstruktur Einstellungen und Kultur Vorschriften für den Umgang mit Computern Organisatorische Ziele Geschäftsbeziehungen Arbeitsgestaltung Mischarbeit Leistungsmessung Ergebnisrückmeldung Arbeitstempo Selbständigkeit Entscheidungsfreiheit	Konfiguration Hardware Software Referenzmaterial	Arbeitsplatzbedingungen Atmosphärische Bedingungen Akustische Bedingungen Wärmebedingungen Wahrnehmungsbedingungen Umgebungsstabilität Arbeitsplatzgestaltung Größe und Einrichtung Körperhaltung Arbeitsplatz Arbeitsplatzsicherheit Gesundheitsgefährdung Schutzkleidung und -vorrichtungen

Abbildung 51: Beispiele für Merkmale des Nutzungskontextes (DIN EN ISO 9241-11, 1998)

Der Arbeitskontext, welcher in dieser Arbeit als ein spezifischer Nutzungskontext betrachtet wird, lässt sich, vereinfacht dargestellt, als die Situation verstehen, in der ein Produkt oder eine Technologie verwendet wird. Im Bereich des Usability-Engineerings wird der Nutzungskontext allgemein durch eine Vielzahl von Komponenten beschrieben. Wie Abbildung 51, welche DIN EN ISO 9241-11 (1998) entnommen worden ist, aufzeigt, existiert eine Vielzahl von möglichen Merkmalen, mit deren Hilfe Gemeinsamkeiten zwischen den einzelnen Kontexten hergestellt werden können.

Die Merkmale lassen sich grob in Nutzer, Arbeitsaufgabe, Arbeitsmittel und Umgebung gliedern. Jeder einzelne Punkt besitzt wiederum eine Vielzahl von Merkmalen mit unterschiedlichen Ausprägungen. Eine Kategorisierung von Nutzungskontexten anhand dieser Merkmale wäre zwar möglich, aufgrund der hohen Differenzierung jedoch nicht zielführend. Des Weiteren besteht die Gefahr, dass lediglich Elemente betrachtet werden, die einen hohen Grad an Einzelübereinstimmungen zu dem betrachteten Kontext aufweisen, ohne dabei die Vernetzung der Komponenten untereinander zu beachten. Im Rahmen von Kapitel 4.2.1.2. wird darauf hingewiesen, dass die Qualität von Analogien u. a. durch eine zunehmende Distanz positiv beeinflusst wird.

Zur Vermeidung der potenziellen Nachteile wird ein Clustern von Kontexten, d. h. die Sammlung ähnlicher Kontexte unter einem Überbegriff, als ausreichend erachtet. Selbstverständlich ersetzt die Kategorisierung nicht die für die Übertragung notwendige, detaillierte Prüfung, inwieweit das Wissen tatsächlich übertragen werden kann.

Berücksichtigt man, dass der Fokus des Kataloges auf der Gestaltung von Arbeitsmitteln als Zielsystem liegt, so scheint eine indirekte Kategorisierung der Nutzungskontexte über das Arbeitssystem sinnvoll. Ein vielversprechender Ansatz diesbezüglich ist der von Johannsen (1993) aufgestellte Ansatz zur Klassifizierung von Anwendungsfeldern. Hierbei fokussiert er auf die technischen Prozesse, die er wiederum in technische Systemklassen und letztendlich in konkrete technische Systeme unterteilt (vgl. Abbildung 52). Dabei unterteilt Johannsen (1993) auf erster Ebene die technischen Prozesse in Produktions-, Bewegungs- und Informationsprozesse. Er deckt damit ein weites Spektrum bei der Zuordnung von Mensch-Maschine-Systemen auf einer übergeordneten Ebene ab. Die Ebene der technischen Systemklassen schränkt das Anwendungsfeld weiter ein. So ist unter den Informationsprozessen, wie Abbildung 52 zu entnehmen ist, u. a. die Systemklasse der Kontrollsysteme verordnet. Die dieser Kategorie zugeordneten technischen Systeme besitzen ähnliche Aufgaben. Kern der Aufgabe besteht in der Kontrolle eines oder mehrerer Objekte. Hierzu ist es notwendig, dass das Mensch-Maschine-System den Anwender über aktuelle Systemzustände informiert, eine Überwachung der angezeigten Informationen ermöglicht und ggf. Eingriffe zulässt. Durch die Ebene des technischen Systems erfolgt eine weitere Spezifikation. In dem hier beschriebenen Fall handelt es sich um eine Eingrenzung auf den kontrollierenden Bereich.

Wie das Beispiel zeigt, eignet sich die Systematisierung hervorragend zur Anwendung innerhalb des Katalogs. Mithilfe der technischen Prozesse und Systemklassen lassen sich, auf einer noch recht abstrakten Ebene, logische Verbindungen zwischen den für die Arbeit relevanten Kernaufgaben herstellen. Auf der Ebene der technischen Systeme ist die Ähnlichkeit der Systeme hinsichtlich der im Arbeitssystem durchzuführenden Tätigkeiten am größten – durch die Systematisierung lassen sich Unterschiede zwischen den einzelnen Systemen jedoch schnell erkennen und auf für den Nutzungskontext relevante Faktoren, wie z. B. die Umgebung, zu-

rückführen. Des Weiteren stellen sie, durch die einheitliche hierarchische Gliederung, indirekt die Distanz zwischen den einzelnen Kontexten dar.

Der Ansatz von Johannsen (1993) wird ohne Änderungen in den Katalog integriert. Dabei ist anzumerken, dass weitere Einschränkungen der technischen Systeme auf konkretere Arbeitssysteme durchaus zulässig sein können.

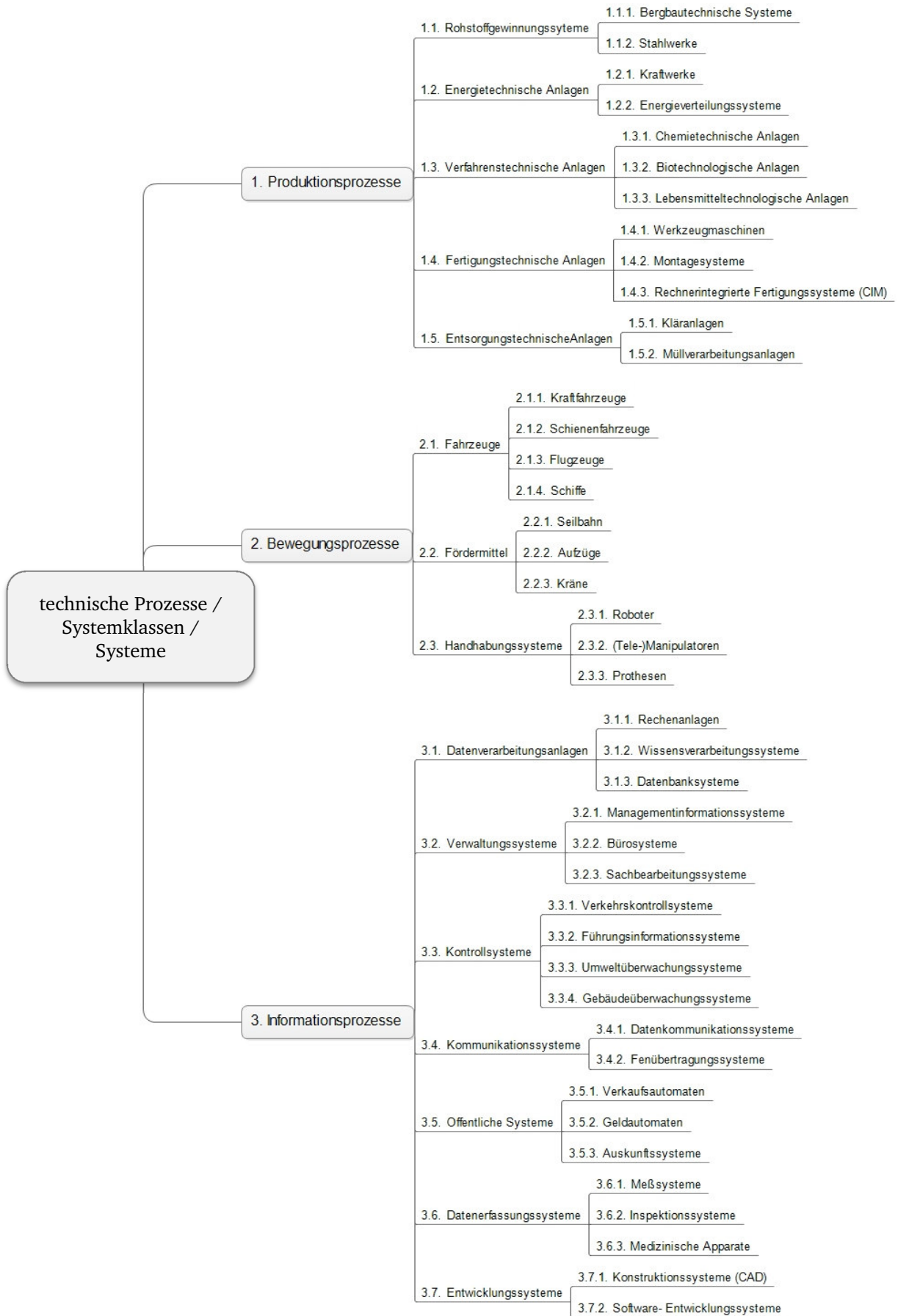


Abbildung 52: Unterscheidung von Anwendungsfeldern anhand technischer Systeme (nach Johannsen, 1993; eigene Darstellung)

4.3.3. Aufgabenrelevante Kataloginhalte

Die kommenden Kapitel definieren die für die Aufgabe der innovativen Arbeitsmittelgestaltung relevanten Inhalte in Form von Zugriffsmerkmalen. Die Orientierung der Zugriffsmerkmale anhand der Aufgabe ermöglicht dem Entwickler einen effektiven und effizienten Zugriff auf relevante Informationen. Sie definieren zusammen mit den Anforderungen aus Kapitel 4.1. die Inhalte des Katalogs.

4.3.3.1. Verstehen des Nutzungskontextes

Die Phase des Verstehens und Festlegens des Nutzungskontextes dient dem Schaffen eines für die Entwicklung notwendigen Verständnisses. Eine Unterstützung dieser Phase wurde in dem Katalog nicht umgesetzt. Die Wunschforderung der Unterstützung auf methodischer Ebene wurde für die vorliegende Umsetzung verworfen.

4.3.3.2. Potentialfindung

Der Hauptfokus des Kataloges liegt nicht auf der Identifikation von möglichen Potentialen. Diese sollen sich primär aus dem betrachteten Arbeitskontext (aktuell und zukünftig) ergeben. Dennoch kann der ausgearbeitete Katalog die Potentialfindung unterstützen. Er kann, auf Basis des betrachteten Kontextes, Analogien zu Kontexten mit ähnlichen Aufgaben herstellen. Eine Betrachtung der dort vorgenommenen Entwicklung und deren Hintergründe kann Aufschluss über potenzielle Engpässe im eigenen System liefern. Kontexte, welche den gleichen Markt betreffen, können zusätzlich Hinweise auf mögliche Zukunftsszenarien liefern.

Eine Verwendung des Katalogs in diesem Punkt ist nicht geplant, weshalb hierfür keine zusätzlichen Zugriffsmerkmale definiert werden.

4.3.3.3. Produktfindung

Ziel der Produktfindungsphase besteht in der Definition einer geeigneten Produktidee zur Ausschöpfung des Potentials. Die Phase besteht im Wesentlichen aus den Teilen

1. Ideen anregen (Tätigkeit 3, 6 – Abbildung 33),
2. Ideen generieren (Tätigkeit 4, 7 – Abbildung 33),
3. Bewertung und Auswählen einer Idee (Tätigkeit 5, 8, 9 – Abbildung 33).

In der Inspirationsphase geht es darum, dem Entwickler über möglichst viele unterschiedliche Produkte Impressionen hinsichtlich Produkteigenschaften, Technologien und deren Anwendungsmöglichkeiten zu vermitteln. Die so gewonnenen neuen Eindrücke sollen ihm dabei helfen, neue Ideen zu generieren, indem er die erlebten Eindrücke in den von ihm gestalteten Arbeitskontext überträgt und kritisch hinsichtlich des Potentials und des Nutzens hinterfragt.

Um in möglichst kurzer Zeit viele Eindrücke sammeln zu können, müssen die dafür relevanten Informationen entsprechend aufbereitet werden. Daraus ergeben sich die folgenden Zugriffsmerkmale:

Produktbild

Um dem Entwickler einen Eindruck über das Produkt und die Verwendung zu vermitteln, ist ein aussagekräftiges Bild in den Katalog zu integrieren. Auf diese Weise ist es möglich, in recht kurzer Zeit viele Informationen zu übermitteln. Des Weiteren unterstützt ein aussagekräftiges Bild gemäß der kognitiven Theorie des multimedialen Lernens den Aufbau des Erfahrungsschatzes durch eine Verbesserung der Merkfähigkeit (Mayer, 2001).

Alleinstellungsmerkmal

Wie bereits in Kapitel 4.3.1. beschrieben, wurde ein sogenanntes Alleinstellungsmerkmal zur Eliminierung der Variantenvielfalt definiert. Das Merkmal beschreibt den wesentlichen Kern des Produktes. Hierbei kann es sich, neben den im Bild transportierten Eigenschaften, um technologieabhängige Eigenschaften einer konkreten technischen Lösung handeln. Die Aufnahme des Alleinstellungsmerkmals in den Katalog sollte in Form einer kurzen, aber prägnanten Beschreibung erfolgen. Neben dem Verstehen des Produktes dient das Alleinstellungsmerkmal ebenfalls zur Lenkung der Aufmerksamkeit auf im Bild weniger beachtete Dinge.

Produktvideo und weitere Produktbilder

Neben den Eigenschaften des Produktes ist auch die Produktnutzung in der Inspirationsphase höchst interessant. Der Anwender des Kataloges soll so animiert werden, Verbindungen zwischen einzelnen Aufgaben und der Umgebung zu erkennen. Am aufschlussreichsten sind an dieser Stelle Videos, da sie das Produkt und die Nutzung am besten in einem Kontext darstellen können. Auch werden hier Interaktionskonzepte und Wechselwirkungen, z. B. zwischen dem Betrachtungswinkel und der Bedienbarkeit eines Touchscreens, am ehesten deutlich. Das Ansehen von Videos benötigt jedoch immer Zeit. Wesentliche Anforderung im Rahmen der Inspirationsphase liegt jedoch in der kurzen Betrachtungszeit, da eine Vielzahl an unterschiedlichen Produkten betrachtet wird. Daher sollten Videos nur optional im Rahmen der Inspirationsphase implementiert werden. Als Alternative hierzu sollen weitere Bilder, sozusagen Momentaufnahmen der Nutzung, in den Katalog integriert werden. Durch eine kleine Auswahl von Bildern lässt sich eine dynamische Nutzung und Interaktion in der Regel nicht eindeutig in all ihren Facetten darstellen. Dennoch wird der Anwender des Kataloges die Darstellungen ansehen und versuchen, die Darstellung zu interpretieren, was, im Kontext betrachtet, zu neuen Ideen führen kann.

Zwischen der Phase des Ideen-Anregens und der des Ideen-Generierens ist keine direkte Trennung möglich. Es wird davon ausgegangen, dass es sich hierbei um eine hoch iterative und intuitive Phase des Informierens handelt. Ziel ist es, die gewonnenen und als relevant empfundenen Eindrücke zu sammeln und zu konkretisieren. Dabei sind drei Szenarien denkbar:

-
1. Das Produkt als konkrete Lösung erweckt aufgrund seiner Eigenschaften, seiner Beschaffenheit und seiner Funktionalität das Interesse des Entwicklers, weshalb er nähere Informationen zum Produkt benötigt.
 2. Das Alleinstellungsmerkmal bzw. die Technologie weckt sein Interesse, wodurch nähere Informationen zur Technologie benötigt werden.
 3. Der Entwickler hat sich bereits auf einen Lösungsweg festgelegt und sucht nach alternativen Technologien oder Produkten mit bestimmten Eigenschaften.

Das gezielte Aneignen von Wissen aus diesen drei Szenarien führt zu den folgenden Zugriffsmerkmalen.

Produktbeschreibung

Hierbei handelt es sich um eine Beschreibung des Produktes. Sie dient dazu, den ursprünglichen und planmäßigen Nutzungskontext und die durch das Produkt entstehenden Möglichkeiten abzuschätzen.

Beschreibung der Technologie

Die Beschreibung der Technologie dient dazu, grundlegendes Verständnis über die technischen Möglichkeiten und Rahmenbedingungen für die zukünftigen Einsatzmöglichkeiten zu erhalten.

Verordnung der Technologien in der Kategorisierung

Bei den Technologien ist hierbei zwischen Ein- und Ausgabe zu unterscheiden. Die Verordnung der Technologie in der Kategorisierung zeigt alternative Technologien mit ähnlichem Funktionsumfang hinsichtlich des Alleinstellungsmerkmals auf.

Verknüpfte Produkte und Technologie

Dies beschreibt eine Auflistung der Produkte, welche eine bestimmte Technologie nutzen. Der Entwickler bekommt somit unterschiedliche Lösungen zur Realisierung und zum Einsatz der Technologie geliefert.

Um die Potentiale einer Technologie oder einer Produktidee bewerten zu können, ist ein entsprechendes Hintergrundwissen notwendig. Hierbei kann es sich um Hintergrundwissen bezüglich des Produktes oder der Technologie handeln. Zusätzlich dazu ist der Nutzen, den eine Technologie liefert, stark abhängig vom Kontext, weshalb eine Bewertung dessen ebenfalls berücksichtigt werden muss. Der Katalog muss somit das hierzu notwendige Hintergrundwissen kurz zusammenfassen. Es ergeben sich die folgenden Zugriffsmerkmale:

Bewertung der Technologie anhand kontextbezogener wissenschaftlicher Veröffentlichungen

Der Zweck der Einbindung wissenschaftlicher Veröffentlichungen liegt in der kontextabhängigen Technologiebewertung. Die Veröffentlichungen stellen, in abstrahierter Form, einen Bezug zwischen der Technologie in Form einer konkreten Lösung (z. B. in Form eines Prototypen, eines Versuchsaufbaus etc.) und einem konkreten Nutzungskontext her. Dabei werden, wie bei marktorientierten Veröffentlichungen, nicht nur die Vorteile einer Technologie dargelegt. Die kritische Betrachtung am Ende einer je-

den wissenschaftlichen Veröffentlichung liefert Defizite, welche den Nutzen einer Technologie überlagern können.

Das Aufbereiten der Veröffentlichung soll den Entwickler bei der Einschätzung von Kosten und Nutzen einer Technologie helfen. Dabei muss der Bezug zur untersuchten Umsetzung erhalten bleiben. Dies kann z. B. durch eine entsprechende Quellenangabe oder durch direkte Verlinkung der entsprechenden Literatur erfolgen.

Übersicht über Diffusion der Technologie im Arbeitskontext

Als zusätzliche Informationsquelle zur Bewertung und Auswahl geeigneter Analogiequellen bezüglich des Arbeitskontextes kann eine Übersicht über die Verbreitung der Technologie in einzelnen Kontexten sinnvoll sein. Sie gibt indirekt Aufschluss darüber, wie viel Wissen zu einem Thema im Katalog bereits vorhanden ist.

Sofern die betrachtete Technologie im eigenen Kontext ebenfalls verordnet ist, ist es möglich, dass dort bereits das Potential in ähnlicher Weise untersucht wurde. Hinweise, die sich hieraus ergeben, können ebenfalls einen Mehrwert im Rahmen der Bewertung haben.

Status

Bei dem Status handelt es sich um eine grobe Abschätzung des Reifegrades und der potenziellen Verfügbarkeit. Beim Status muss zwischen drei unterschiedlichen Statustypen unterscheiden werden:

- Produktstatus,
- Status der Eingabetechnologie,
- Status der Ausgabetechnologie.

Abhängig vom Status in den einzelnen Kategorien kann somit ein Rückschluss auf die technische Realisierbarkeit von neuen Produkten gezogen werden. So lässt sich am Status direkt ablesen, ob eine Technologie als serienreif angesehen wird. Die Unterteilung in Eingabe- und Ausgabetechnologie ist notwendig, da es sich bei Produkten häufig um kombinierte Ein- und Ausgabegeräte handelt. Die Unterteilung ermöglicht so einen Rückschluss auf die Umsetzbarkeit des Alleinstellungsmerkmals als prinzipielle Eigenschaft der Technologie. Durch den Produktstatus lässt sich auf einfache Weise prüfen, inwieweit bereits eine erfolgreiche Portierung der Technologie in eine Technik, unter den für das Produkt vorherrschenden Rahmenbedingungen (äußere Eigenschaften und Nutzungskontext), gelungen ist. Die Kombination dieser drei Statusmeldungen lässt Rückschlüsse auf die Umsetzbarkeit neuer oder ähnlicher Produkte zu.

Als zusätzliches Element für die spätere strategische Planung ist die Integration einer Abschätzung erforderlich, die angibt, wann Technologie oder Produkt den Status der Serienreife voraussichtlich erhalten werden.

Hersteller, Distributor

Bei konkreten Fragen zu einem bestimmten Produkt kann es sinnvoll sein, diese direkt mit einem Experten zu kommunizieren. Die Aufnahme entsprechender Kontaktdaten ermöglicht es dem Anwender des Kataloges, im Zweifelsfall schnell an fehlende Informationen zu gelangen.

Sonstige Ansprechpartner (intern/extern)

Um schnell Informationen und Erfahrungen auszutauschen, ist es sinnvoll, produkt- und technologiebezogene Erfahrungen einem Ansprechpartner zuzuordnen. Dieser kann als Diskussionspartner für Ideen und deren Umsetzung fungieren. Auch lassen sich so Hintergrundinformationen zu projektspezifischen Entscheidungen etc. möglicher Vorläuferprojekte in gleicher Richtung erfragen.

Dabei muss es sich nicht um einen Vertreter des eigenen Unternehmens handeln. Insbesondere bei Produkten, die sich noch in der Entwicklung befinden, ist, wenn es sich dabei um Forschungsprojekte von z. B. öffentlichen Einrichtungen handelt, die Nennung konkreter Experten möglich.

4.3.3.4. Nutzeranforderungen

Im Rahmen des Prozesses gilt es, Anforderungen an die Umsetzungen zu ermitteln. Diese können anhand der einem Kontext zugeordneten Produkte näher spezifiziert werden. Produkte besitzen in der Regel technische und überprüfbare Eigenschaften, die sich in eine Anforderungsliste übertragen lassen. Es kann davon ausgegangen werden, dass Produkte, die in einem bestimmten Kontext erfolgreich eingesetzt werden, die Mindestanforderungen für ihre jeweilige Aufgabe erfüllen. Nach einer Prüfung auf ihre Gültigkeit können somit Anforderungen aus anderen Produktfeldern oder Kontexten auf das Zielsystem übertragen werden.

Die Ableitung von Anforderungen kann ebenfalls von der Seite der Technologie unterstützt werden. Der Kataloganwender kann hierzu die in Kapitel 4.3.3.3. beschriebene Kategorie „Bewertung der Technologie anhand kontextbezogener wissenschaftlicher Veröffentlichungen“ und die darin beschriebenen Literaturquellen zurate ziehen. Auf der Produktseite sind weitere Zugriffsmerkmale zu ergänzen, die Aufschluss über konkrete Produkteigenschaften geben.

Technische Dokumente

Technische Dokumente wie z. B. Datenblätter, Maßzeichnungen, Bedienungsanleitungen oder Konformitätserklärungen geben auf unterschiedlichen Ebenen Aufschluss über die konkrete Ausgestaltung eines Produktes.

4.3.3.5. Gestaltungslösungen entwickeln

Bei der Erarbeitung von Gestaltungslösungen kann der Katalog durch das Aufzeigen von alternativen Lösungen aus ähnlichen Bereichen helfen (vgl. Kapitel 4.3.3.3.). Um dies zu errei-

chen, ist jedoch kein spezielles Zugriffsmerkmal notwendig. Vielmehr muss der direkte Zugriff auf bestimmte Technologien, Produkte oder deren Untergruppen erleichtert werden. Der Katalog sollte eine geeignete Funktion zur Suche und Filterung der im Katalog implementierten Inhalte besitzen.

4.3.3.6. Gestaltungslösungen evaluieren

Bei der Evaluierung einzelner Lösungen ist es notwendig, dass zunächst geeignete Kenngrößen definiert werden, wie es im Rahmen der Evaluation mit geeigneten Methoden zu überprüfen gilt. Durch die Aufnahme von Methoden und gemessenen Größen im Rahmen der Technologiebewertung kann die Auswahl einer geeigneten Methode erleichtert werden. Methoden und gemessene Größen sind in der aktuellen Katalogumsetzung lediglich implizit in Form der angehängten Literatur enthalten. Für spätere Versionen kann die Aufnahme von expliziten Zugriffsmerkmalen sinnvoll sein.

4.3.4. Das Front-End

Im Rahmen der Umsetzung wurde sich bereits frühzeitig auf eine rechnergestützte Lösung festgelegt, da das vorhandene Konzept auf einer mehrdimensionalen Verknüpfung diverser Elemente besteht. Rechnergestützte Systeme bieten darüber hinaus, bei entsprechender Umsetzung, wesentliche Vorteile bei der Schnelligkeit, mit der die gesuchten Informationen gefunden werden können. Darüber hinaus ermöglicht eine rechnergestützte Lösung die Einbindung von interaktiven Medien und kann einfach erweitert werden. Letzteres ist insbesondere für das umzusetzende Konzept wichtig, da davon auszugehen ist, dass die Kataloginhalte, aufgrund der Weiterentwicklung technischer Standards, angepasst oder ergänzt werden müssen. Datenbanksysteme ermöglichen durch die Einbindung entsprechender Versionierungstools das Erfassen und Planen von Änderungen. Auch wenn im Folgenden nicht weiter auf das Thema der Versionierung eingegangen wird, so soll an dieser Stelle ausdrücklich auf die Notwendigkeit eines solchen Tools zur Pflege und Wartung der Datenbankeinträge hingewiesen werden.

Um dem Entwickler einen einfachen und effektiven Zugriff auf die Datenbankinhalte zu ermöglichen, werden entsprechende Oberflächen benötigt, welche die relevanten Zugriffsmerkmale in sinnvoller Art und Weise gruppieren und repräsentieren.

Zur Erfüllung der vorliegenden Aufgabe wurde sich dazu entschieden, die Zugriffsmerkmale in zwei Kategorien zusammenzufassen. Die Darstellungen werden im Folgenden als Produkt- und Technologiedatenblatt bezeichnet. Das Produktdatenblatt fasst dabei alle wesentlichen Produkteigenschaften zusammen. In das Technologiedatenblatt wurde neben technologierelevanten Informationen zusätzlich der Arbeitskontext integriert, da für die Betrachtung des Arbeitskontexts, im regulären Anwendungsfall, immer ein Bezug zu einer konkreten Technologie vorausgesetzt werden kann. Neben den beiden Darstellungen werden obligatorische Elemente zur Navigation benötigt. Diese Elemente sind im Header enthalten. Im Folgenden werden die drei Hauptelemente (Header, Produkt- und Technologiedatenblatt) hinsichtlich ihrer Darstellung und Funktionsweisen exemplarisch beschrieben.

4.3.4.1. Header

Beim Header handelt es sich um eine Art Kopfzeile. Diese dient im vorliegenden Fall hauptsächlich der Navigation und stellt ansichtsübergreifende Funktionen, wie z. B. eine Suchfunktion, bereit (vgl. Abbildung 53).

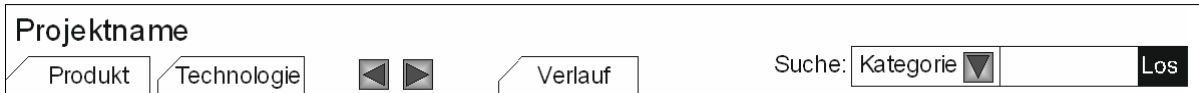


Abbildung 53: Header des Technologiekatalogs

Öffnet man den Katalog, so wird man zunächst darum gebeten, einen Projektnamen zu definieren. Dieser wird nicht nur dauerhaft im Header angezeigt, sondern erzeugt auch gleichzeitig eine Datei, in der der Verlauf der Suche sowie evtl. später eingetragene Kommentare gespeichert werden. Die Dokumentation des Verlaufs dient zwei wesentlichen Aspekten. Zum einen ermöglicht es der Verlauf, die Entscheidungswege, die zu einer Idee oder einem Produkt geführt haben, in groben Zügen nachzuvollziehen.

Zum anderen wird davon ausgegangen, dass es sich um eine iterative Suche handeln wird, welche nicht unbedingt linear verlaufen muss. Datenblätter fungieren daher als Knotenpunkt für diverse Suchvorgänge. Sofern die Suche in eine Richtung nicht die gewünschten Ergebnisse liefert, ist eine Rückkehr zum Ausgangspunkt notwendig, um von dort aus die Recherche in eine andere Richtung zu betreiben. Der Verlauf, welcher über den Reiter „Verlauf“ zugänglich ist, ermöglicht es, schnell und einfach auf entsprechende Verzweigungspunkte zurückzukehren, auch wenn der Besuch der entsprechenden Darstellung bereits länger zurückliegt. Um schnell zwischen erst kürzlich betrachteten Seiten zu springen, wurden zusätzlich Buttons integriert, welche es ermöglichen, im Verlauf einen Schritt vor oder zurück zu gehen. Die Navigation wurde dabei bewusst so minimalistisch wie möglich gehalten.

Der Header beinhaltet zwei weitere Reiter. Das Klicken auf den ersten Reiter, welcher mit „Produkt“ betitelt ist, führt immer direkt zu einem zufällig ausgewählten Produktdatenblatt. Dabei ist die Datenbank so ausgelegt, dass im Rahmen des Projekts noch nicht betrachtete Produkte bevorzugt angezeigt werden.

Der Reiter der Technologie führt zunächst zu einer Übersichtsdarstellung der Technologiegliederung.

Die Verlinkung der Reiter ist dynamisch und damit immer abhängig vom Ort des Absprungs, d. h., die Verlinkung führt abhängig von der aktuell betrachteten Seite aus zu unterschiedlichen Zielseiten. Im konkreten Fall bedeutet dies: Wenn aus der Produktansicht mittels Reiter zu den Technologien gewechselt wird, so sieht der Nutzer einen Gesamtüberblick. Ist der Absprungort eine konkrete Technologie, so ist die Gliederung bereits auf den Unterzweig der betrachteten Technologie fokussiert, da der Anwender mit hoher Wahrscheinlichkeit Alternativen zu der betrachteten Technologie auswählen möchte.

Letztes Element des Headers ist der Zugriff auf die Kataloginhalte über eine Suchfunktion. Diese ist in der Lage, entweder einzelne Kategorien nach Schlagwörtern zu durchsuchen, oder aber auch die gesamte Datenbank. Die Suchfunktion soll dem Entwickler einen schnellen und gezielten Zugriff auf benötigte Informationen liefern, wenn er weiß, wonach er sucht.

4.3.4.2. Produktdatenblatt

Das Produktdatenblatt enthält alle in Kapitel 4.3.3. beschriebenen Zugriffsmerkmale, welche einem konkreten Produkt zugeordnet werden können. Die Inhalte des Produktdatenblatts verfolgen drei Ziele:

1. Unterstützung der Findung von Produktideen,
2. Konkretisierung von Idee/Produkt durch technologische Details,
3. Konkretisierung von Idee/Produkt durch Details des betrachteten Produkts.

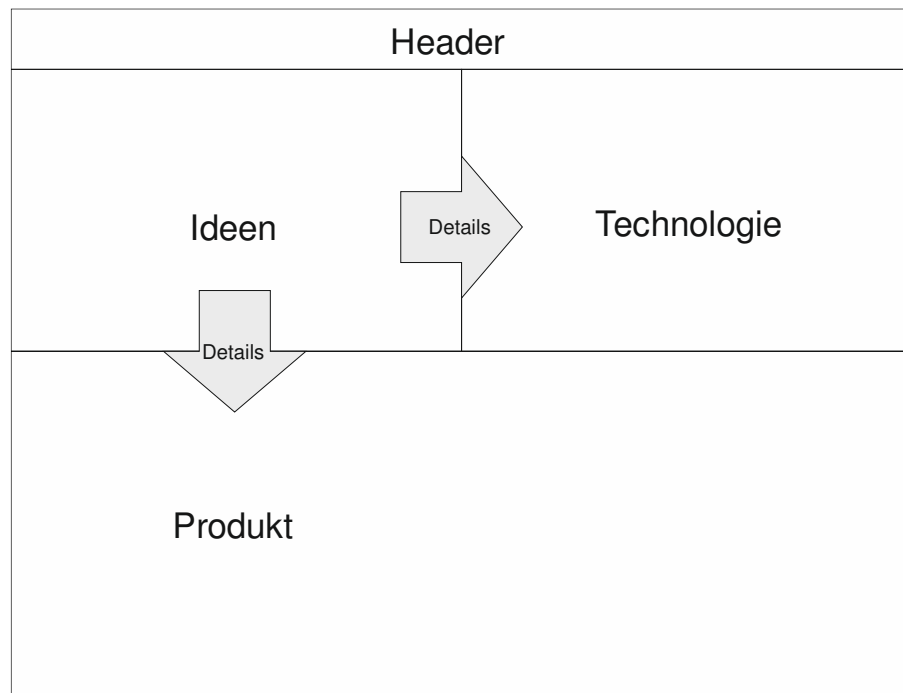


Abbildung 54: Prinzipielle Bildschirmteilung des Produktdatenblatts

Der Aufbau des Produktdatenblatts, welcher in Abbildung 54 schematisch dargestellt wurde, orientiert sich an der durchschnittlichen Aufmerksamkeitsverteilung, welche ein Betrachter einer Bildschirmdarstellung aufgrund seiner Lese- und Schreibgewohnheiten (von oben nach unten/von links nach rechts) entgegenbringt. Nach Rudlof (2006) ist die durchschnittliche Aufmerksamkeit im oberen, linken Quadranten mit 40 % am höchsten. Dem 2.–4. Quadranten werden, dem Uhrzeigersinn folgend, eine durchschnittliche Aufmerksamkeitsverteilung von 20 %, 15 % und 25 % zugesprochen.


Eine hohe Aufmerksamkeit ist insbesondere für die Phase der Ideenerzeugung relevant, da die hierfür wichtigen Informationen schnell erfasst werden müssen. Dies ist auch der Grund, weshalb die für diese Phase notwendigen Informationen ausschließlich im ersten Quadranten angeordnet wurden. In der Regel sind die in diesem Bereich dargestellten Informationen ausreichend, um eine Entscheidung hinsichtlich der Relevanz treffen zu können. Wird das Produkt an sich oder das Alleinstellungsmerkmal für das gesuchte Potential nicht als relevant empfunden, so kann der Anwender direkt zum nächsten Produktdatenblatt übergehen. Lassen sich jedoch Anknüpfungspunkte zwischen dem betrachteten Bereich und dem Zielsystem erkennen, so erfolgt eine tiefere Recherche zu Produkt oder Technologie.

Projektname

Suche: Kategorie

Produkt

ID P2145 - Produktdummy



Alleinstellungsmerkmal:
Lesen wie auf echtem Papier - auch in hellem Sonnenlicht / ohne

Verfügbarkeit

Prototyp	Pilot	Serie
2004	2009	2015

Seriennummer
ASIN: B007HCCOD0

AusgabeTechnologie

... > [E-Paper \(5\)](#) > [E Ink Pearl](#)

Verfügbarkeit

Prototyp	Pilot	Serie
2004	2014	





Eingabe Technologie

... > [Berührungsempfindliche Fläche \(8\)](#) > [Cursor Pad](#)

Verfügbarkeit

Prototyp	Pilot	Serie
1983	1985	1989

Platz für eigene Notizen

Produktbeschreibung

Auf dem Kindle lesen Sie dank des innovativen E Ink-Bildschirms wie auf echtem Papier. E Ink Seiten sind matt wie eine Druckseite gehalten und reflektieren Licht wie normales Papier (ohne Hintergrundbeleuchtung). Sie können so genauso gut in hellem Sonnenlicht wie in Ihrem Wohnzimmer lesen. Im Unterschied zu LCD-Bildschirmen haben E Ink-Displays keine störenden Spiegeleffekte.

Hersteller

Amazon.com, Inc.
12th Ave. South, Ste. 1200 1200
WA 98144-2734 Seattle

Ansprechpartner

(I) Frank Maier: Projektleiter - Kindle 4
0615 - 1162987 | F.Maier@gmx.de
(E) Tina Hauger: Entwickler - E Ink Pearl
0176 - 45514857 | TinaH@EINK.com

Anhänge






Typ	Link	Beschreibung	Version	Anmerkung
Werbevideo		Zeigt Einsatz des Produkts an unterschiedlichen Einsatzorten	01.03.2013	
Konferenzbeitrag		Präsentation - Beitrag zur Multimedia 2012	24.01.2013	Marktorientiert - E-Ink Pearl
Bedienungsanleitung		Online - Userguide	24.01.2013	
Datenblatt		Datenblatt Kindle Serie 4	12.02.2012	
Technische Zeichnung		Abmessungen gesamtes Produkt	V 1.2	Inkl. Detailzeichnung VESA Mount

Abbildung 55: Prinzipielle Darstellung des Produktdatenblatts

Abbildung 55 stellt exemplarisch das gesamte Produktdatenblatt dar. Ziel der Darstellung ist es, den Aufbau des Front-Ends und die genutzten Darstellungen und Funktionen zu erläutern. Um alle Varianten in einem Produktdatenblatt abbilden zu können, wurden die Daten der Darstellung angepasst, weshalb bei den hier abgebildeten Informationen kein Anspruch auf Richtigkeit besteht.

Des Weiteren fällt auf, dass neben den im Kapitel 4.3.3. definierten Zugriffsmerkmalen weitere organisatorisch notwendige Elemente ergänzt wurden. So erhält jedes Produkt neben ei-

nem Namen auch eine Identifikationsnummer und eine Seriennummer. Während der Name die Kommunikation zwischen den Entwicklern erleichtern soll, dient die ID dazu, den Eintrag innerhalb der Datenbank eindeutig zu machen. Die Ergänzung der Seriennummer macht ein Produkt in globaler Sicht eindeutig identifizierbar.

Dem Betrachter fällt schnell auf, dass die Darstellung und das Format nicht zur gesamten Darstellung auf einem handelsüblichen Bildschirm taugen. Die Scroll-Bar am rechten Bildschirmrand dient der Visualisierung bei einem Seitenverhältnis von 4:3. Sie vermittelt einen Eindruck darüber, welche Informationen ein Betrachter auf den ersten Blick zu sehen bekommen würde, ohne selbst aktiv zu scrollen. Dies ist von Bedeutung, da Scrollen eine aktive Entscheidung für eine gezielte Informationsaufnahme bedeutet.

Als zusätzliches Feature, um Ideen oder Gedanken zu einem Produkt oder auch einer Technologie festzuhalten, wurde eine Möglichkeit zur Kommentierung vorgesehen. Diese wird durch das gelbe Post-it am rechten Rand visualisiert und im Rahmen des Projekts der Datenbank hinzugefügt. Kommentare ermöglichen darüber hinaus eine einfachere Identifikation von möglichen Knotenpunkten für weitere Recherchen.

Bereich Idee

Der Bereich, welcher zur Anregung der Ideen gedacht ist, baut primär auf einer visuellen Repräsentation des Produktes auf. Die Bilder 1–5 in Abbildung 55 zeigen das Produkt, seine Eigenschaften und auch seine Verwendungsmöglichkeiten. Direkt neben dem Bild ist das Alleinstellungsmerkmal definiert. Ziel ist es, so den Entwickler bei der Ideengenerierung zu unterstützen.

Um dem Entwickler ein Gefühl dafür zu vermitteln, wie ausgereift ein Produkt bereits ist, wurde eine dreistufige Skala zur Anzeige des Zugriffsmerkmals „Reifegrad“ implementiert. Die Skala unterscheidet zwischen Prototyp, Pilotanwendung und Serienreife. Um den Produktstatus schnell erfassen zu können, wurden diese drei Stufen farblich codiert. Eine farbliche Codierung innerhalb des Reifegrads zeigt den bereits erreichten Verfügbarkeitsstatus an. Dabei gilt: Je grüner, desto mehr Erfahrungen bezüglich des Produktes existieren bereits auf dem Markt. Zusätzlich zur Farbcodierung sind in den Feldern Jahreszahlen zu finden. Diese kennzeichnen den voraussichtlichen Zeitpunkt, zu dem das betrachtete Objekt den entsprechenden Reifegrad voraussichtlich erhält oder erhalten hat.

Dem Beispiel kann so entnommen werden, dass das betrachtete Produkt seit 2009 im Rahmen von Pilotanwendungen erprobt wird und die Serienreife voraussichtlich erst 2015 erreicht wird.

Bereich Technologie

Die Aufbereitung der Technologien findet primär im 2. Quadranten statt. Dabei liegt eine Aufteilung in Ein- und Ausgabetechnologie vor. Die Verfügbarkeit wird analog zum Produkt dargestellt. Beide Technologien bezeichnen dabei die Primärtechnologie, d. h. das Haupteingabe- und Hauptausgabemedium eines Produktes. Bei der Erstellung der Datenbank wurde darauf geachtet, dass für relevante Sekundärtechnologien ein entsprechendes Produkt in der Datenbank ergänzt wurde.

Die Darstellung der Technologien beschränkt sich auf Benennung und Zuordnung der Primärtechnologien. Bei dem in Abbildung 55 dargestellten Beispiel handelt es sich bei der Ausgabetechnologie um eine Technologie, welche als „E-Ink-Pearl“ bezeichnet wird. Der Darstellung kann ebenfalls entnommen werden, dass E-Ink-Pearl der Gruppe des elektronischen Papiers zugeordnet ist. Die Zahl in Klammern, hinter der Angabe des Technologiezweiges, gibt an, wie viele weitere Technologien diesem Zweig noch zugeordnet wurden. Die Angabe von fünf Technologien bedeutet für den Entwickler, dass ihm insgesamt fünf Technologien zur Verfügung stehen, um das Alleinstellungsmerkmal „Lesen wie auf Papier ...“ zu realisieren.


Des Weiteren fällt auf, dass beide Elemente, die Technologie selbst sowie der Zweig blau und unterstrichen dargestellt werden. Die Darstellung symbolisiert einen Hyperlink, welcher es dem Anwender ermöglicht, direkt zu dem ausgewählten Technologiedatenblatt der „E-Ink-Pearl-Technologie“ zu springen, oder in die Technologieübersicht direkt an die Stelle der „elektronischen Papiere“.

Bereich Produkt

Der Bereich des Produkts nutzt den 3. und 4. Quadranten des Bildschirms und startet mit der Produktbeschreibung. Sie soll den produktspezifischen Nutzen, mögliche Funktionen und Einsatzmöglichkeiten näher erläutern. Die Positionierung ist absichtlich so gewählt, dass die Beschreibung auch ohne zu scrollen zumindest angelesen werden kann, falls Zweifel in der Produktrelevanz für das besagte Zielsystem bestehen sollten.

Unter der Beschreibung schließen sich Verweise zum Hersteller und zu weiteren Ansprechpartnern für konkrete Fragen an. Zusammen mit der Seriennummer lassen sich so schnell und einfach fehlende Daten vom Hersteller erfragen.

Die Ansprechpartner ermöglichen einen direkten Zugriff auf konkrete Expertise. Bei den Ansprechpartnern kann es sich um (I)nterne oder (E)xterne Personen handeln. Die Unterscheidung in Interne und Externe ist relevant, da viele Unternehmen konkrete Regeln über den Informationsaustausch mit externen Partnern haben. Weiterhin lässt sich dem Bereich der Ansprechpartner die Rolle der Person entnehmen, welche diese bei der Realisierung eines konkreten Produktes gespielt hat. Dies erleichtert die Adressierung von Fragen an die richtigen Personen, welche über die, ebenfalls in der Datenbank hinterlegten, Kontaktdaten erreicht werden können.

Am Ende des Produktdatenblattes sind Anhänge unterschiedlichster Kategorien und Formate zu finden. Die im Beispiel angefügten Elemente sind nur einige Beispiele für Zusatzinformationen über Aufbau, Benutzung und Umsetzung des Produktes. Da nicht alle Phasen über den gesamten Prozess von gleich hoher Relevanz sind, wurde an dieser Stelle zusätzlich die Möglichkeit zur Filterung der Anhänge nach klassifizierten Typen implementiert. Die Einstellung des Filters erfolgt über den Button . Ein Klicken auf die Dateisymbole führt direkt zum angehängten Dokument.

4.3.4.3. Technologiedatenblatt

Das Technologiedatenblatt beinhaltet Erläuterungen sowie technologierelevante und kontextabhängige Zugriffsmerkmale. Der prinzipielle Aufbau ist in Abbildung 56 dargestellt.

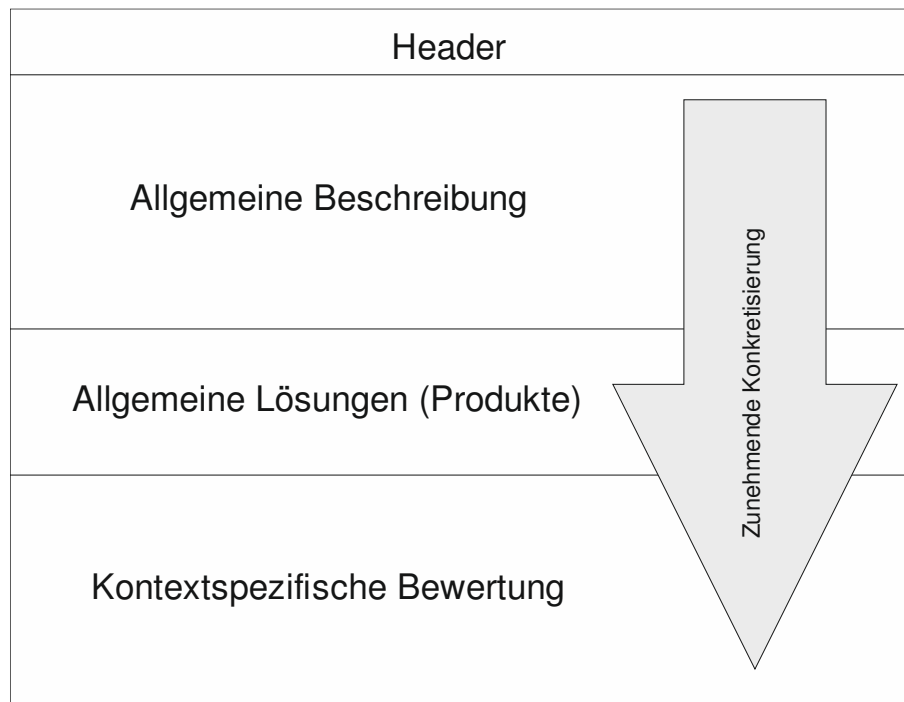


Abbildung 56: Prinzipielle Bildschirmaufteilung des Technologiedatenblatts

Der Aufbau ist so gestaltet, dass die beschriebenen Informationen nach unten hin zunehmend konkreter werden. Während im oberen Teil noch allgemeine Details zur Technologie erläutert werden, folgt am untersten Ende eine kontextabhängige Technologiebewertung anhand konkreter Lösungen. Zwischen beiden Bereichen sind allgemeingültige Lösungsvorschläge zur Umsetzung der Technologie zu finden. Diese können den Entwickler ebenfalls bei der Umsetzung einer konkreteren Produktidee sowie für spätere Nutzungsmöglichkeiten inspirieren.

Projektname

Produkt
Technologie
Verlauf

Suche:

ID T3452 - Technologiedummy

Definition
 Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua.

Beschreibung von Funktionsweise & Aufbau
 Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

Eigenschaften
 Lorem ipsum, dolor sit amet, consetetur, sadipscing, elitr, sed diam, nonumy, eirmod, tempor, invidunt ut labore

Verknüpfte Produkte
[P1512: Produktname](#) [P1134: Produktname](#) [P5424: Produktname](#)
[P9844: Produktname](#) [P4721: Produktname](#) [P4477: Produktname](#)

Verfügbarkeit

Prototyp	Pilot	Serie
2004	2009	2015

Ansprechpartner
 (E) Tina Hauger: Entwickler - E Ink Pearl
 0176 - 45514857 | TinaH@EINK.com

Platz für eigene Notizen

Verknüpfte Arbetiskontexte

Kontext	Benefits	Costs	Link	Quelle	Anmerkung
Kontextname 1	+ Vorteil 1 + Vorteil 2	- Nachteil 1		Maier, P. 2010, GA-Verlag, ...	
Kontextname 1	+ Vorteil 3	-Nachteil 2 -Nachteil 3		Maier, P. 2011, GA-Verlag, ...	
Kontextname 2	+ Vorteil 4 + Vorteil 5	-Nachteil 4		Maier, P. 2012, GA-Verlag, ...	Ergebnisse Fraglich
Kontextname 2	+Vorteil 6			Meier, G. 2013, GA-Verlag, ...	
Kontextname 3	+ Vorteil 7 + Vorteil 8	-Nachteil 5		Meier, G. 2010, GA-Verlag, ...	

Abbildung 57: Prinzipielle Darstellung des Technologiedatenblatts

160

Bereich allgemeine Beschreibung

Die allgemeine Beschreibung gliedert die Beschreibung der Technologie in eine Definition, Beschreibungen des Aufbaus und der Funktionsweise der Technologie inkl. Bilder sowie eine Auflistung von technologiespezifischen Eigenschaften (vgl. Abbildung 57). Dabei ist die Auflistung der Eigenschaften aufgrund vieler unterschiedlicher Technologietypen und Quellen nicht standardisiert, kann aber in kleineren Untergruppen dazu genutzt werden, einzelne Technologien hinsichtlich bestimmter Merkmale zu vergleichen.

Darüber hinaus sind ebenfalls eine Anzeige des Technologiereifegrades, das Anzeigen eines Ansprechpartners sowie die Möglichkeit zur Kommentierung, analog zum Produktdatenblatt, gegeben.

Bereich allgemeine Lösungen

Der Abschnitt besteht im Wesentlichen aus einer Auflistung und Verlinkung von im Katalog vorhandenen Produkten, welche diese konkrete Technologie als Primärtechnologie verwenden. Die Verlinkung ermöglicht dem Entwickler einen direkten Zugriff auf das entsprechende Produktdatenblatt.

Bereich kontextspezifische Bewertung

Den letzten Abschnitt in Abbildung 57 bildet die kontextabhängige Bewertung der Technologie, welche anhand angehängter wissenschaftlicher Veröffentlichungen erfolgt. Die Darstellung der Veröffentlichungen erfolgt bereits in aufbereiteter Form durch Darstellung der extrahierten Costs und Benefits. Dabei ist es möglich, dass die Costs und Benefits für ein und denselben Arbeitskontext zu unterschiedlichen Ergebnissen führen oder sich gar widersprechen. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Ergebnisse einer Untersuchung auch von der untersuchten Umsetzung abhängen können. Um konkrete Rückschlüsse für den betrachteten Anwendungsfall extrahieren zu können, ist eine Verknüpfung der Erkenntnisse mit der Quelldatei notwendig, so dass bei Bedarf nachgelesen werden kann.

Die angehängten Veröffentlichungen liefern darüber hinaus neben der Beschreibung des Kontextes auch eine Beschreibung des untersuchten Gegenstandes (Technologie in Form eines Produkts), woraus sich Anforderungen an die Produktgestaltung ableiten lassen. Des Weiteren können sie Hinweise zu eingesetzten Untersuchungsmethoden liefern, wodurch die wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu einer wertvollen Informationsquelle für die Phasen von der Ideengenerierung bis hin zur Evolution werden.

Um dem Entwickler einen schnellen Überblick über die Arbeitskontexte zu vermitteln, die der Technologie zugeordnet sind, wurde die Kategorisierung der Arbeitskontexte in Form einer dynamischen Anzeige implementiert (vgl. Abbildung 58). Sie ist dynamisch, da der Nutzer in der Lage ist, einzelne Pfade durch Ein- und Ausblenden zu erforschen. Am Ende eines jeden Zweiges sind konkrete Nutzungskontexte zu finden. Die Anzahl der Technologieverordnungen innerhalb eines Zweiges lässt sich anhand der kreisförmigen Anzeige oben rechts erkennen. Diese gibt die Anzahl der Verordnungen in Prozent zu dem betrachteten Zweig an. Hierbei handelt es sich um eine relative Angabe, welche abhängig von der Anzahl der gefundenen Verordnungen der Technologie ist. Um dem Entwickler schnell ei-

nen Überblick über die Verteilung zu ermöglichen, wurde die Anzeige, in Anlehnung an sogenannte Heatmaps, zusätzlich farbig codiert.

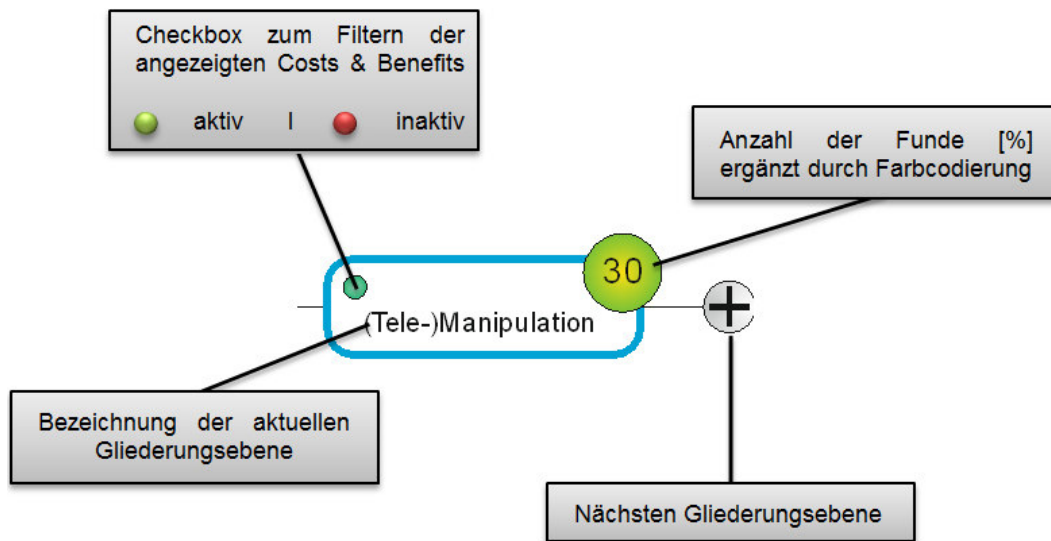


Abbildung 58: Beschreibung der aktiven Elemente der Cost-und-Benefit-Darstellung anhand eines Ausschnitts von Abbildung 57

Neben der reinen Darstellung der Verteilung der Verordnungen erfüllt die Übersicht zusätzlich die Funktion eines Filters. Die in die Darstellung eingebunden Checkboxes (vgl. Abbildung 58) ermöglichen es dem Entwickler, nur einzelne Bereiche in der Costs- und Benefits-Betrachtung anzeigen zu lassen. Zusätzlich zur Kategorisierung besteht die Möglichkeit, die bereits vorsortierten Anhänge nach konkreten Kontexten zu filtern, wie das Symbol (▼) verdeutlichen soll.

4.3.5. Das Back-End

Um die Funktionsweise des entwickelten Katalogkonzepts und die Anwendung auf die innovative Arbeitsmittelgestaltung überprüfen zu können, ist die exemplarische Umsetzung des Konzepts notwendig. Die Umsetzung fokussiert dabei auf die Bereitstellung der grundsätzlichen Funktionalitäten zur Unterstützung der innovativen Arbeitsmittelgestaltung, aufbauend auf den zu implementierenden Abfragen. Das Layout und das Design wurden dabei, sofern zulässig, vernachlässigt.

Bei der Umsetzung wurde sich für das Open-Source-Datenbanksystem MySQL (Structured Query Language), Version 5.6.11, entschieden. Im Folgenden wird kurz die Art und Weise beschrieben, in der das Datenbanksystem Daten speichert.

Bei der Umsetzung kommt ein relationales Datenbankmodell zum Einsatz. Dieses ermöglicht die Speicherung von Daten in Form von zweidimensionalen Tabellen. Eine Zeile entspricht dabei jeweils einem Datensatz. Das Datenbankmodell erlaubt es, die Datensätze in Beziehung zueinander zu setzen.

Hierbei werden prinzipiell drei Typen von Verbindungen unterscheiden:

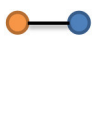
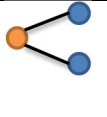
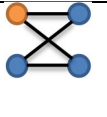
1:1- Beziehung:	Ein Datensatz steht ausschließlich mit einem anderen Datensatz in Beziehung.	
1:n- Beziehung:	Ein Datensatz steht mit mehreren anderen Datensätzen in Verbindung.	
m:n- Beziehung:	Mehrere Datensätze stehen mit mehreren anderen in Beziehung.	

Tabelle 18: Verbindungstypen relationaler Datenbankmodelle

Für die Erstellung der Datenbank wurden zunächst die vorgesehenen Datenbankinhalte, welche im Front-End abgebildet werden sollten, weiter gruppiert. So ergaben sich die folgenden Tabellen:

- **Produkt:** Beinhaltet rein produktbezogene Eigenschaften und Beschreibungen.
- **Technologie:** Beinhaltet rein technologiebezogene Eigenschaften und Beschreibungen.
- **Hersteller:** Aufgrund des einheitlichen Formats der Daten untereinander wurden die Produkthersteller in eine eigene Tabelle ausgelagert. Die Tabelle enthält entsprechende Adressen und Kontaktdaten.
- **Ansprechpartner:** Die Tabelle ist analog zu der Tabelle der Hersteller aufgebaut, beinhaltet jedoch zusätzliche Daten, da hier der Fokus auf der Kommunikation mit einer konkreten Person liegt. Neben den Kommunikationsdaten wurden die Rolle der Person und ihre Betriebszugehörigkeit direkt in einem Datensatz dokumentiert.
- **Anhänge:** Alle Anhänge werden in einer separaten Tabelle zusammengefasst. Diese fokussiert primär auf bibliografische Daten der Anhänge.
- **Kontexte:** Die der Analyse der Anhänge entnommenen Daten werden in einer separaten Tabelle einzelnen (Arbeits-)Kontexten zugeordnet.
- **Sonstige Tabellen:** Des Weiteren existiert eine Vielzahl von Verbindungstabellen, in denen die Zuordnung der einzelnen Tabellen zueinander geklärt wird. Auf diese wird im Folgenden nicht weiter eingegangen.

Abbildung 59 stellt die Verbindungen der Datensätze untereinander noch einmal grafisch dar. Interessierte können der Darstellung ebenfalls die konkrete Zuordnung der Elemente zu den

einzelnen Tabellen entnehmen. Eine vergrößerte Darstellung der Abbildung ist im Anhang hinterlegt.

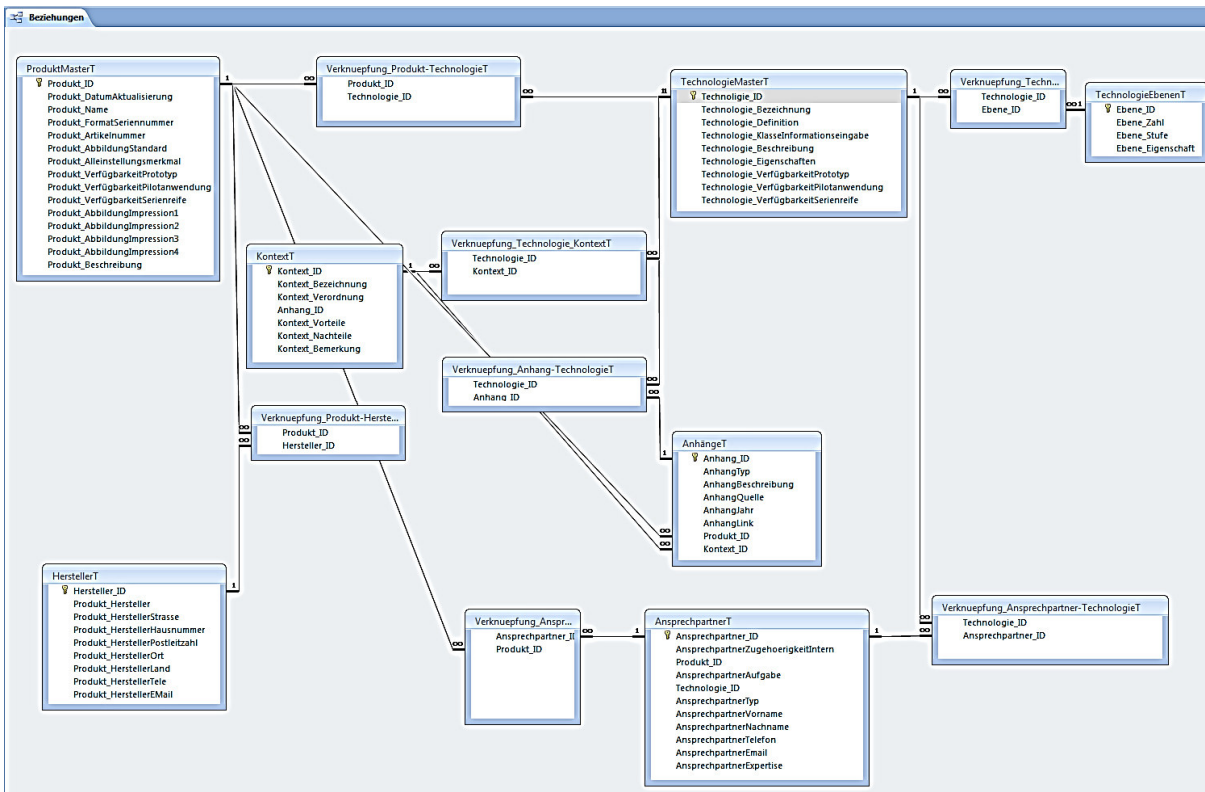


Abbildung 59: Schematische Darstellung der in der Datenbank implementierten Verknüpfungen

Es fällt auf, dass die Datenbank fast ausschließlich auf m:n-Beziehungen aufbaut, was die hohe Komplexität der Zugriffs- und Filtermöglichkeiten auf Basis von potenziellen Analogien verdeutlicht.

Die zu erstellende Datenbank kommt mit wenigen Datentypen aus. Primär wird der Datentyp TEXT für Beschreibungen verwendet. Dieser ermöglicht die Abbildung einer Zeichenkette mit variabler Länge bis maximal 65535 Zeichen. Für kürzere Texte, wie z. B. Seriennummern, Namen etc., bei denen davon ausgegangen werden kann, dass die Zeichenkette 255 Zeichen nicht überschreitet, kommt der Datentyp VARCHAR zum Einsatz. Derselbe Datentyp kommt für Telefonnummern zum Einsatz, da diese mit einer 0 beginnen können, und die vorhandenen numerischen Formate dies nicht abdecken können. Die Verwendung der unterschiedlichen Formate für Zeichenfolgen hat jedoch eher praktische Hintergründe, welche sich später in dem von der Datenbank benötigten Speicherbedarf bemerkbar machen.

Auch wenn bei der Verfügbarkeit der Technologien lediglich das Jahr angezeigt wird, so wird in der Datenbank der Typ DATE verwendet. Hierbei handelt es sich nicht bloß um die Angabe eines Jahres, sondern um ein komplettes Datum. Die Entscheidung rührt daher, dass bei vielen Produkten der offizielle Markteintritt gegen Ende häufig vorab genauer als lediglich auf das Jahr betitelt werden kann. Sobald ein konkretes Datum oder Quartal bekannt ist, kann dies in der Datenbank hinterlegt werden, woraufhin die Datenbank in der Lage ist, das Datum mit dem aktuellen Datum abzugleichen. Eine automatische Abfrage oder die Einbindung in ein Wartungstool kann anschließend den Wechsel des Status eigenständig oder nach Freigabe

durch eine dazu bevollmächtigte Person vornehmen. Bei der realisierten Umsetzung werden Bilder und Anhänge nicht zentral in der Datenbank abgelegt. Im vorliegenden Fall werden Bilder und Anhänge in einem separaten Ordner abgelegt, und in der Datenbank wird lediglich der Dateiname hinterlegt. Ein entsprechendes Skript lädt anschließend die passenden Bilder in das Front-End und sorgt für die richtige Verlinkung beim Aufruf einzelner Anhänge.

5. Exemplarische Anwendung des Katalogkonzeptes anhand des Fallbeispiels Flugsicherung

Im Folgenden wird die Verwendung des entwickelten Technologiekatalogs anhand eines Fallbeispiels dargelegt.

Die Überprüfung des entwickelten Konzepts fand im Rahmen des Projektes „Innovativer Airport (iPort)“ des 4. Luftfahrtforschungsprogramms des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie statt. Das Institut für Arbeitswissenschaft (IAD) entwickelte und evaluierte im Unterauftrag der Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) innovative Medientechnik für Fluglotsenarbeitsplätze im Tower.

Der Unterauftrag war dabei so gestaltet, dass die zu entwickelnden Technologien aufgrund der positiven Erfahrungen in vorangegangenen Projekten nicht vollends definiert wurden. Dem IAD oblag es dabei, geeignete Produkte für den Arbeitskontext des Towerlotsen zu identifizieren.

Da kein konkretes Entwicklungsziel vorgegeben war, eignet sich das Projekt insbesondere zur Anwendung und Überprüfung des in Kapitel 3. definierten Prozesses zur innovativen Arbeitsmittelgestaltung und des entwickelten Katalogs. Ein wesentlicher Aspekt des Projektes bestand im Finden geeigneter Potentiale und in deren Ausschöpfung durch die Definition, Entwicklung und Evaluation eines geeigneten Arbeitsmittels.

Der Aufbau des Kapitels folgt dem in Abbildung 33 definierten Prozess aus Kapitel 3. Bei dem definierten Prozess handelt es sich um einen iterativen Prozess, welcher das Springen bzw. Überspringen einzelner Prozessschritte ermöglicht. Die Darstellung des Projektes erfolgt in linearer Form. Dabei wird neben der Anwendung des Prozesses auch der in Kapitel 4. entwickelte Katalog zur Unterstützung des Prozesses verwendet. Abbildung 60 verdeutlicht den in Kapitel 5. beschriebenen Zusammenhang von Tätigkeiten des entwickelten Prozesses und dem Einsatz des Katalogs. Die in der Abbildung als gestrichelt dargestellten Kästen stellen Anwendungsmöglichkeiten des Katalogs dar, welche im Rahmen der Arbeit nicht näher erläutert werden, aber dennoch möglich sind. Weiterhin muss darauf hingewiesen werden, dass die relevanten Inhalte und die relevante Tiefe der dem Katalog zu entnehmenden Inhalte abhängig von der Anwendungsphase und der Iterationsstufe variieren können.

Auf die Darlegung der Aktivität „Strategische Planung“ wird im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls verzichtet, da diese im beschriebenen Fallbeispiel in den Aufgabenbereich des Auftraggebers fielen.

Aktivitäten	Tätigkeiten	Unterstützt des Katalogs	
Festlegen und Verstehen des Nutzungskontextes	1 Durchführung einer Nutzungskontextanalyse	keine Unterstützung	
Potentialfindung	2 Ermittlung von aktuellen und zukünftigen Potentialen mittels Szenarien	Unterstützung möglich	Verwendung der Suchfunktion zur Betrachtung aktueller Entwicklungsbemühungen in ähnlichen Kontexten
Produktfindung	3/6 Ideen anregen (in unterschiedlichen Iterationsstufen)	Unterstützung durch	Betrachtung von zufällig ausgewählten Produkten, deren Bildern und des Alleinstellungsmerkmals
	4/7 Ideen generieren (in unterschiedlichen Iterationsstufen)	Unterstützung durch	Recherche im Katalog zur Detaillierung und Ausarbeitung der ersten Idee (Analoge Technologien)
	5/8 Ideen bewerten (in unterschiedlichen Iterationsstufen)	Unterstützung durch	Nähere Informationen zu relevanten Produkten, Technologie und deren kontextspezifisch Costs & Benefits (Analoge Technologien & Kontexte)
	9 Auswahl einer Idee zwecks Umsetzung	Unterstützung durch	Aufzeigen von alternativen / ähnlichen technologischen Lösungen (Analoge Technologien)
Nutzeranforderungen spezifizieren	10 Ermittlung und Konkretisierung von Anforderungen	Unterstützung durch	Informationen zu kontextspezifischen Anforderungen (Analoge Kontexte)
Gestaltungslösungen entwickeln, die die Nutzeranforderungen erfüllen	11 Erarbeitung und Realisierung von Prototypen	Unterstützung möglich	Informationen zu ähnlichen Umsetzungen (Analoge Technologien & Kontexte)
Gestaltungslösungen aus Benutzerperspektive evaluieren	12 Evaluieren der Lösung	Unterstützung möglich	Informationen zur Evaluation ähnlicher Umsetzungen (Analoge Technologien & Kontexte)
Strategische Planung	13 Schaffen von Schnittstellen, Planen und Begleiten von Maßnahmen bezüglich der neuen Arbeitsmittel, definieren ob / wann die Umsetzung neu identifizierter Potentiale aus Unternehmenssicht möglich ist, Durchführung einer langfristigen Unternehmensbetrachtung, ...	keine Unterstützung	

Abbildung 60: Gegenüberstellung von Prozessaktivitäten, Tätigkeiten und Unterstützung des Katalogs

5.1. Festlegen und Verstehen des Nutzungskontextes

Die Betrachtung des gesamten Systems ist notwendig, um Analogien zu anderen Bereichen identifizieren zu können. Des Weiteren führen Veränderungen innerhalb eines Arbeitskontextes aufgrund der starken Interaktionen der Elemente eines Arbeitssystems untereinander und aufgrund ihrer Schnittstellen zu anderen Arbeitssystemen häufig dazu, dass eine Anpassung der Schnittstellen notwendig wird (Wickens, Mavor, Parasuraman & Mc Gee, 1998). Auch wenn die Anpassung der Schnittstellen in den Aufgabenbereich der strategischen Planung fällt, so sind die Schnittstellen und potenziellen Anpassungen bei der Entscheidung, welches Produktkonzept umgesetzt werden soll, maßgeblich. Im Rahmen dieser Dissertation wird die Betrachtung auf den Arbeitsplatz des Platz-Lotsen (PL) im Tower beschränkt.

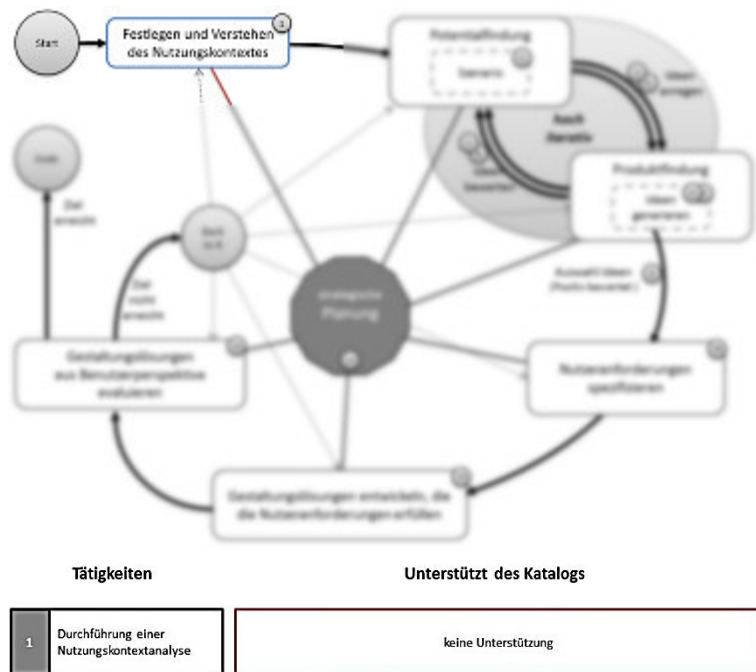


Abbildung 61: Orientierungshilfe „Festlegen und Verstehen des Nutzungskontextes“

Zur Analyse des Nutzungskontextes wurden sowohl geeignete Literatur als auch Beobachtungen und Interviews mit Tower-Lotsen an unterschiedlichen Standorten der DFS herangezogen. Ziel der Ist-Analyse war es, den Ist-Zustand, d. h. den aktuellen Zustand des Arbeitssystems, der Tätigkeiten der Fluglotsen und die dahinter stehenden Abläufe, zu erfassen (vgl. Landau & Rohmert, 1987; Tavanti, 2006).

Neben der rein fachlichen Erhebung der notwendigen Parameter sorgte die Ergänzung der Dokumentenanalyse durch Beobachtungen und Befragungen der Tower-Lotsen für ein besseres Verständnis zwischen Entwickler und Lotsen. So gelang es, tief greifenden Einblick in das Nutzerverhalten und die teilweise standortabhängigen Bedürfnisse der Nutzer zu gewinnen. Um einen möglichst umfassenden Eindruck der Tätigkeit zu erhalten, wurden die Beobachtungen zu Zeitpunkten mit unterschiedlichem Verkehrsaufkommen und unterschiedlichen Wetter- und Sichtbedingungen durchgeführt. Für eine ausführliche Beschreibung des Vorgehens und der Ergebnisse der Erhebung sei auf die Berichtreihe „Arbeitswissenschaftliche Leistung im Rahmen des Verbundvorhabens Innovativer Airport (iPort) IMAN“ verwiesen. Im Folgenden soll lediglich ein kurzer Überblick über die wesentlichen Parameter des Arbeitssystems vermittelt werden.

Abbildung 62 verdeutlicht die Zusammenhänge im Arbeitssystem des Tower-Lotsen und wird in den kommenden Abschnitten sukzessive erläutert.

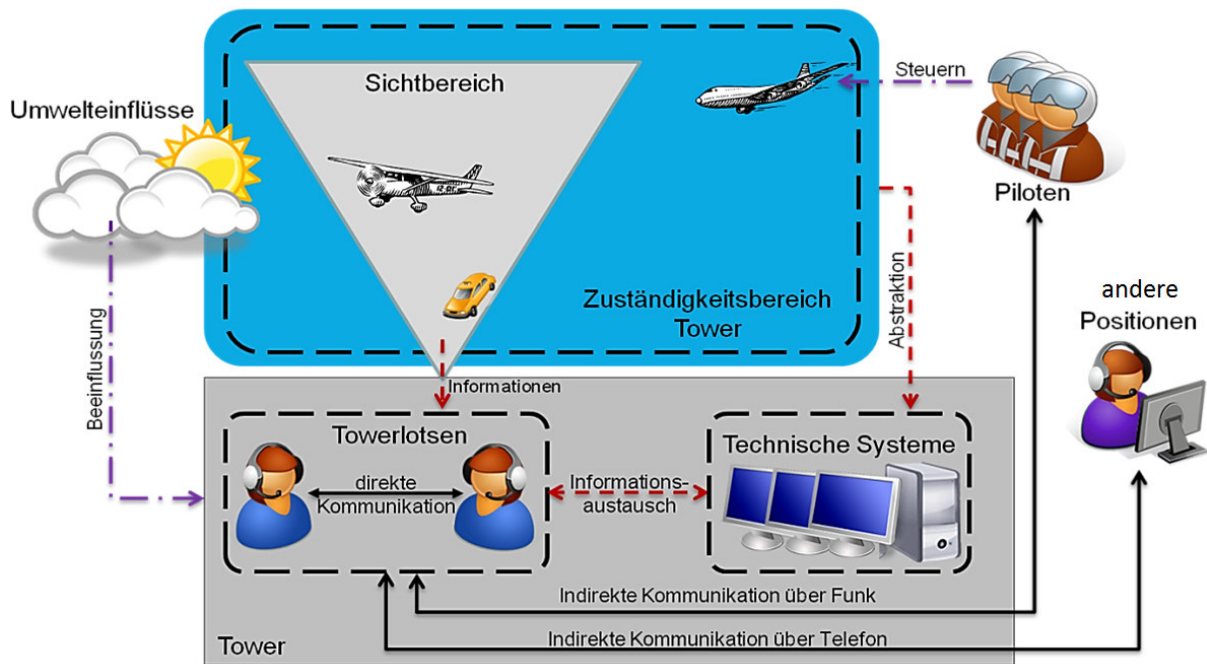


Abbildung 62: Vereinfachte Darstellung des Arbeitssystems Tower (Röbig, König, Bruder & Hofmann, 2010)

5.1.1. Arbeitsaufgabe

Die Deutsche Flugsicherung (DFS) kümmert sich um die Planung, Überwachung und Leitung der Verkehrsströme des deutschen Luftraums (Bachmann, 2005). Ihr obliegt die sichere Abwicklung des Flugverkehrs. Der Deutsche Luftraum ist lateral in Sektoren unterteilt, welche den Kontrollzentralen (Center) Bremen, Karlsruhe, Lange, Maastricht und München zugeordnet sind. Die Sektoren sind vertikal zusätzlich in sogenannte Lufträume unterteilt. Die Aufgabe der Tower-Fluglotsen beschränkt sich auf den Nahbereich eines Flughafens, wobei der Tower die letzte Phase des Landeanfluges und die Starts sowie alle Bewegungen auf Start-, Roll- und Landebahnen kontrolliert.

Die Zuständigkeit der Tower-Lotsen kann dabei in die des Roll-Lotsen (RL) und des Platz-Lotsen (PL) unterschieden werden. Die Aufgabe des RL fokussiert dabei auf die Planung der Verkehrsströme auf dem Vorfeld, wohingegen der Zuständigkeitsbereich des PL auf die Vorgänge im Bereich der Start- und Landebahnen beschränkt ist.

Die Aufgaben des PL lassen sich nach Tavanti (2006) in sechs Teilaufgaben untergliedern:

1. Überwachung/Bewertung der Situation,
2. Planung der Flugverkehrsregelung,
3. Änderung der Vorrangfolge,
4. Unterstützung des Flugzeugs,
5. Kommunikation/ Koordination mit anderen Positionen,
6. Konfiguration der Start- und Landebahnbeleuchtung.

Um die Teilaufgaben eins bis vier zu erfüllen, bauen Lotsen ein sogenanntes „Picture“ (vgl. Niessen, Leuchter & Eyferth, 1998) auf. Dabei handelt es sich um ein analoges, partielles und temporäres mentales Modell der zu kontrollierenden Situation (Haus, 2006). Hierzu sammelt der Lotse unterschiedliche Informationen aus Systemen wie Außensicht (Blick aus dem Fenster), Luftlage-, Bodenlageradar, An- und Abflugmanager (spezifische Koordinationssysteme) und integriert diese in sein mentales Modell (König, Hofmann, Bruder & Bergner, 2008).

Zur Erfüllung der Teilaufgaben vier und fünf ist darüber hinaus die Kommunikation der Planung mit diversen Schnittstellen erforderlich. Exemplarisch sind an dieser Stelle das Erteilen von Freigaben an Piloten, die Übergabe bzw. Übernahme von Luftfahrzeug (LFZ) an den RL, aber auch die Kommunikation mit anderen Arbeitspositionen, wie dem Approach oder dem Technischen Dienst, zu nennen. Hierzu stehen dem Lotsen technische Hilfsmittel wie Funk und Telefon zur Verfügung. Der PL besitzt zusätzlich die Aufgabe, die Befeuerung der Start- und Landebahn, abhängig von den aktuell vorherrschenden Sichtbedingungen, einzustellen (Tag/Nacht, Sichtweiten etc.)

5.1.2. Arbeitsperson

Bei Tower-Lotsen handelt es sich um eine hoch selektierte und trainierte Expertengruppe, welche eine definierte Ausbildung durchlaufen hat. Dadurch ergibt sich auf abstrakter Ebene eine gemeinsame Schnittstelle unter allen Tower-Lotsen, welche sich nicht nur auf eine gemeinsame Schulbildung (Mindestanforderung: Abitur) und ein gewisses Alter (20–55 Jahre, (DFS Deutsche Flugsicherung, 2011) beschränkt.

Heintz (1998) ermittelte in einer Studie Anforderungen an den Tower-Lotsen und ließ diese hinsichtlich ihrer Relevanz von insgesamt 107 Fluglotsen bewerten. Die als relevant eingestuftten Anforderungen an den Lotsen lassen sich in die Kategorien kognitive, psychomotorische, sensorische und interaktive sowie soziale Anforderungen untergliedern (vgl. Tabelle 20 bis Tabelle 22).

Psychomotorische Anforderungen		
Bezeichnung	Beschreibung	Bewertung
Reaktionszeit (Reaction Time)	Geschwindigkeit, mit der auf ein bestimmtes Signal mit einer festgelegten Bewegung reagiert wird	5,3
Reaktionsorientierte Bewegung (Response Orientation)	schnell mit unterschiedlichen Bewegungen auf unterschiedlich wahrgenommene Signale reagieren	4,7

Tabelle 19: Psychomotorische Anforderungen an Fluglotsen, zusammengestellt und übersetzt von Gräf (2010), in Anlehnung an Heintz (1998)

Kognitive Anforderungen		
Bezeichnung	Beschreibung	Bewertung
Zeitteilung (Time Sharing)	effektiv zwischen mehreren Informationsquellen oder Aktivitäten wechseln	6,7
Selektive Aufmerksamkeit (Selektive Attention)	Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Aufgabe fixieren	6,2
Visualisierung (Visualization)	Vorstellen, wie Muster oder Objekte nach gewissen Veränderungen wie Translation oder Rotation aussehen	6,1
Empfindsamkeit für Probleme (Problem Sensitivity)	zu wissen, wenn etwas falsch ist oder wahrscheinlich schief gehen wird; beinhaltet Probleme, schnell im Ganzen sowie einzelne Elemente davon zu erkennen	6,0
Schnelle Mustererkennung (Speed of Closure)	schnelles Kombinieren und Strukturieren von Informationen, die zunächst ungeordnet erscheinen, zu einem sinnvollen Muster, das gedeutet werden kann;	5,9
Räumliches Vorstellungsvermögen (Spatial Orientation)	Position von Objekten in Bezug zu sich selbst, aber auch seine eigene Position in Bezug zur Umgebung zu erkennen	5,8
Wahrnehmungsgeschwindigkeit (perceptual Speed)	schnell und akkurat Zahlen, Buchstaben, Objekte und Muster erkennen.	5,6
Flexible Mustererkennung (Flexibility of Closure)	Muster (wie Figuren, Objekte oder Wörter) in anderem Material oder vor einem anderen Hintergrund erkennen	5,5
Erinnerungsvermögen (Memorization)	Erinnern von Informationen wie Wörtern, Zahlen, Bildern und Verfahren aus speziellen Situationen.	5,5
Mündliches Verständnis (Oral Comprehension)	Zuhören und Verstehen von gesprochenen Wörtern, Phrasen, Sätzen oder Paragraphen	5,4
Informationsordnung (Information Ordering)	Befolgung von gegebenen Regeln, nach denen Zahlen, Buchstaben, Wörter, Sätze sowie Bilder einer bestimmten Reihenfolge geordnet werden	5,4
Mündlicher Ausdruck (Oral Expression)	verbale Kommunikation von Informationen und der Bedeutung von Ideen an andere	5,3
Originalität (Originality)	Entwickeln kreativer Lösungen für Probleme oder neuer Verfahren	5,1

Tabelle 20: Kognitive Anforderungen an Fluglotsen, zusammengestellt und übersetzt von Gräf (2010), in Anlehnung an Heintz (1998)

Sensorische Anforderungen		
Bezeichnung	Beschreibung	Bewertung
Fernsicht (Far Vision)	Sehen von Details entfernter Objekte	6,4
Nachtsicht (Night Vision)	Sehen unter schwachen Lichtverhältnissen	6,0
Blendungsunempfindlichkeit (Glare Sensitivity)	Objekte bei blendendem oder hellem Licht erkennen	6,1
Distanzeinschätzung (Depth Perception)	Unterscheiden der Distanz zu verschiedenen Objekten	6,0
Selektives Hören (Auditory Attention)	Fokussieren auf eine einzelne Quelle akustischer Informationen bei Ablenkung durch andere akustische Signale	6,0
Spracherkennung (Speech Recognition)	Verstehen der Sprache einer anderen Person	6,0
Klarheit der Sprache (Speech Clarity)	verbale Kommunikation in klar verständlicher Weise	5,5
Hörfähigkeit (Hearing Sensitivity)	Erkennen/Unterscheiden von variierenden Geräuschen	5,4
Farbunterscheidung (Visual Color Discrimination)	Zuordnung oder Unterscheidung von Farben	5,4
Nahsicht (Near Vision)	Erkennen von Details naher Objekte	5,2

Tabelle 21: Sensorische Anforderungen an Fluglotsen, zusammengestellt und Übersetzt von Gräf (2010), in Anlehnung an Heintz (1998)

Interaktive und soziale Anforderungen		
Bezeichnung	Beschreibung	Bewertung
Stressresistenz (Stress Resistance)	Umgang mit belastenden Situationen, indem die Kontrolle behalten und das Ziel erreicht wird	6,8
Teamfähigkeit (Cooperation)	mit den eigenen Fähigkeiten zur Erreichung des gemeinsamen Ziels beitragen durch Absprachen und Koordination	6,3
Kommunikation (Communication)	Mitteilen von relevanten Informationen und Vorhaben	6,3
Entscheidungsfindung (Decision Making)	Angemessen auf komplexe Situationen reagieren, in denen mehrere Möglichkeiten existieren	6,3
Situationsbewusstsein (Situational Awareness)	sich der dynamischen Umgebung immer bewusst sein; beinhaltet sowohl die aktuelle Situation als auch das Antizipieren von zukünftigen Ereignissen	6,2
Selbsteinschätzung (Self Awareness)	Beurteilung der eigenen Leistung und Kondition	5,8
Verhaltensflexibilität (Behaviour Flexibility)	sich an ändernde Umstände schnell anpassen	5,7
Motivation (Motivation)	Lenken, Regeln und Beibehalten von Anstrengungen und Energie, um ein Ziel zu erreichen; Eigeninitiative zeigen	5,4
Zähigkeit (Persistence)	sich schnell nach demotivierenden Situation erholen	5,2
Vermeidung voreiliger Entscheidungen (Resistance to Premature Judgement)	endgültige Entscheidungen erst treffen, wenn alle notwendigen Informationen gesammelt und bewertet wurden	5,1

Tabelle 22: Interaktive & soziale Anforderungen an Fluglotsen, zusammengestellt und Übersetzt von Gräf (2010), in Anlehnung an Heintz (1998)

Im Bereich der kognitiven Anforderungen werden insgesamt 13 Merkmale als für die Lotsentätigkeit relevant eingestuft. Aufgrund der hohen Relevanz sind dabei insbesondere die Anforderung des „Timesharings“, welche das sichere Wechseln zwischen mehreren Informationsquellen oder Aktivitäten beschreibt, sowie die Eigenschaft der „Selective Attention“ (selektive Aufmerksamkeit) hervorzuheben. Letztere beschreibt die Fähigkeit, sich auf relevante Signale fixieren zu können.

Die Anforderungen an die sensorischen Fähigkeiten zeigen, dass im Tower hohe Anforderungen an die visuelle Wahrnehmung des Lotsen gestellt werden. Die hohe Bewertung der „Far Vision“ (Fernsicht) verdeutlicht darüber hinaus die hohe Relevanz der Außensicht für die Aufgabe des Fluglotsen. Des Weiteren müssen Fluglotsen über eine gute selektive auditive Wahrnehmung verfügen.

Die sozialen Anforderungen an Tower-Lotsen zeigen einen hohen Bedarf an Teamfähigkeit und an kommunikative Fähigkeiten auf. Ebenso relevant wird die Fähigkeit des „Decision Making“ (der Entscheidungsfindung) eingestuft. Begründet werden kann dies dadurch, dass die Aufgabe des Tower-Lotsen durch kontinuierliche Entscheidungsfindungen unter hohem Zeitdruck geprägt ist.

Im Bereich der psychomotorischen Anforderungen werden lediglich reaktionsorientierte Bewegungen und Reaktionszeiten aufgeführt, welche allerdings eine eher untergeordnete Rolle spielen.

In der Summe können die Anforderungen an einen Tower-Lotsen als hoch eingestuft werden. Die Tätigkeit wird zudem unter schwierigen Bedingungen und einer hohen psychischen Beanspruchung durchgeführt (vgl. Zimmermann, 2001). Verschärfend kommen äußere Faktoren wie Zeitdruck, Umgebungsbedingungen, erhöhtes Verkehrsaufkommen sowie ungünstige Wetter- und Sichtbedingungen hinzu, unter denen die Entscheidungsfindung des Lotsen fehlerfrei funktionieren muss. Die Aufgabe des Lotsen geht mit viel Verantwortung daher und ist an eine konstante Aufmerksamkeitsleistung über die gesamte Arbeitsdauer gekoppelt.

Für eine ausführliche Beschreibung des Anforderungsprofils des Tower-Lotsen sei auf Heintz (1998) und König (2012) verwiesen.

5.1.3. Arbeitsobjekt

Das Arbeitsobjekt beschreibt das Objekt, welches durch die Aufgabe verändert werden soll. Vernachlässigt man hierbei Nebenaufgaben, wie z. B. das Einstellen oder Ändern der Start-/Landebahn-Befeuerung, so kann das primäre Arbeitsobjekt des Lotsen auf die Führung der LFZ, welche er unter seiner Kontrolle hat, reduziert werden.

Der Lotse verändert dabei indirekt die Position des LFZ durch Anweisungen, welche er an den Piloten übergibt. Besonders interessant ist diese Art der Steuerung, da der Pilot das Hoheitsrecht über sein LFZ besitzt. Er ist mit all seinen Entscheidungen für die Sicherheit von LFZ und Fracht verantwortlich. Dieses Ziel korreliert großteils mit der Aufgabe des Lotsen, welcher für die Sicherheit aller LFZ im gesamten System verantwortlich ist.

Die kooperative Zielerreichung beider Parteien erfolgt aktuell über einen Austausch von Informationen per Funk. Diese Informationen müssen zur Gewährleistung der Sicherheit mehrfach gegengecheckt werden, was einen zusätzlichen Arbeitsaufwand für Lotsen und Pilot bedeutet. Interessant ist, dass beide Parteien teilweise über unterschiedliche Informationen verfügen, welche in bestimmten Situationen untereinander ausgetauscht werden müssen.

Neben dem gemeinschaftlichen Ziel der Sicherheit verfolgen beide Parteien weitere Ziele, welche beim Lotsen zur Überarbeitung der ursprünglichen Verkehrsplanung führen. So konnte im Rahmen der Begehungen im Tower München häufig die Nutzung einer früheren Ausfahrt des Runways beobachtet werden, da die Piloten so die Taxi-Zeit um mehrere Minuten verkürzen konnten.

5.1.4. **Arbeitsmittel**

Um einen Eindruck über die regulär verwendeten Arbeitsmittel zu erhalten, wurden Erhebungen an drei Niederlassungen der Deutschen Flugsicherung durchgeführt. Die Daten wurden im Jahr 2009 an den Standorten Düsseldorf, München und Frankfurt erhoben. Im Folgenden werden die für diese Arbeit relevanten Ergebnisse kurz festgehalten.

Die technische Ausstattung der Tower ist unterschiedlich und abhängig von regionalen Gegebenheiten. Im Rahmen der Begehungen wurde jedoch festgestellt, dass die unterschiedlichen Systeme im Wesentlichen dieselben oder ähnliche Funktionalitäten besitzen. Die Realisierungen lassen sich auf unterschiedliche Bedien- und Programmlogiken, Darstellungen, Aufteilungen und Eingabetechnologien zurückführen.

Zur Erfüllung seiner Aufgabe nutzt der PL diverse technische Systeme, welche den Lotsen mit Informationen über das zu kontrollierende System versorgen. Ziel ist es, den Lotsen so beim Aufbau und Erhalt des mentalen Modells bestmöglich zu unterstützen.

Hierzu steht dem Fluglotsen unter anderem ein Radarsystem zur Verfügung. Dieses dient allgemein der Bestimmung der Position von Objekten innerhalb eines dreidimensionalen Raums und liefert ihm somit eine abstrakte Darstellung der Außenwelt. Aus den ermittelten Positionen einzelner Objekte und deren Veränderung zwischen zwei Messpunkten sind zusätzlich Rückschlüsse auf die Geschwindigkeit eines Objektes möglich. Das Radarsystem im Tower wird dabei in Luft- und Bodenlageradar unterteilt. Beide Systeme bilden die Flugbewegungen in Form einer 2D-Draufsicht ab.

Wie der Name bereits vermuten lässt, beschränkt sich die Anzeige des Luftlageradars auf den Luftraum. Dabei kann es so eingestellt werden, dass lediglich die LFZ in den für den Lotsen relevanten Bereichen (in lateraler und vertikaler Ausdehnung) angezeigt werden. Zusätzlich ist die Anzeige von relevanten Informationen aus Luftkarten (wie z. B. Sektorgrenzen) etc. möglich, um dem Lotsen die Orientierung zu erleichtern. Das Bodenlageradar beschränkt sich bei der Anzeige auf bodennahe Objekte. Es vermittelt dem Lotsen eine Übersicht über Standorte und Bewegungen auf dem Flugplatz selbst. Der Darstellung ist in der Regel eine schematische Abbildung des Flughafens hinterlegt. Dabei ist die Anzeige nicht auf Flugzeuge beschränkt. Auch Fahrzeuge und andere Objekte, wie z. B. Vogelschwärme, können auf dem Radar angezeigt werden. Die Bedeutung des BL-Radars nimmt bei schlechter Sicht zu. Zusätzlich zu den Positionen und Geschwindigkeiten der LFZ werden, bei beiden Systemen, auch die Rufzeichen der LFZ angezeigt.

Ein weiteres Arbeitsmittel des Lotsen ist der sogenannte An- und Abflugmanager, welcher die früher verwendeten Kontrollstreifen ersetzt. In den analysierten Tovern wurden sowohl separate An- und Abflugmanager als auch integrierte Systeme vorgefunden. In beiden Fällen handelt es sich um Versuche, die ursprünglichen Kontrollstreifen zu digitalisieren.

Der An- und Abflugmanager ist ein Planungstool, welches den Lotsen durch Visualisierung der Planung unterstützen soll. Dabei liefert er dem Fluglotsen zusätzliche Informationen, die hohe Relevanz für die Planung haben. Hierbei handelt es sich z. B. um Rufzeichen, Flugzeugtyp, Wirbelschleppen-kategorie, An- bzw. Abflugrouten, Parkpositionen etc. Neben der Visualisierung der Planung verfolgt der An- bzw. Abflugmanager das Ziel, die Entscheidungen der Lotsen zu dokumentieren. So muss der Lotse Veränderungen bezüglich der von ihm kontrollier-

ten LFZ ständig dokumentieren, so dass die Informationen des Systems immer auf dem neusten Stand sind und damit sichergestellt werden kann, dass die an seinen Kontrollbereich anschließenden Arbeitspositionen immer mit den aktuellsten Datensätzen arbeiten.

Neben der Darstellung der Position und der Darstellung eigenschaftsbezogener LFZ-Daten spielt das Wetter eine große Rolle in der Luftfahrt. Der Lotse erhält die für ihn relevanten Wetterinformationen über ein spezielles System. Das Wetterinformationssystem dient der Darstellung der aktuellen Wettersituation. Neben Information wie Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Luft- bzw. Platzdruck sind dort auch nicht direkt wahrnehmbare Informationen wie Bahnzustände enthalten.

Neben direktem Kontakt zu anderen Fluglotsen, welche ebenfalls im Tower sitzen, ist auch die Kommunikation zu anderen Positionen notwendig. Diese wird über ein Telefon realisiert. Die Kommunikation mit den Piloten erfolgt über Funk. Zum Einsatz kommt hier wahlweise ein Headset oder ein Handmikrofon in Verbindung mit einer Lautsprecherbox. Die Nutzung eines Headsets wird, laut Aussagen der Lotsen, durch eine Dienstanweisung zwar vorgeschrieben, der Großteil der Lotsen lehnt diese Anweisung jedoch bewusst ab. Begründet wird dies mit sicherheitskritischen Bedenken (Verpassen wichtiger und kritischer Informationen eines benachbarten Lotsen) sowie mit einem hohen Diskomfort.

Weiterhin existieren Systeme mit einer untergeordneten Priorität im Tower, wie z. B. die Steuereinheit der Flughafenbefehrerung oder Monitore, die schwer einsehbare Bereiche des Flughafens darstellen. Auf diese soll im Folgenden allerdings aufgrund der untergeordneten Priorität nicht weiter eingegangen werden.

Bei der Interaktion der Lotsen mit den technischen Systemen handelt es sich um eine klassische Mensch-Maschine-Schnittstelle, wie Abbildung 63 verdeutlicht. Im Rahmen der Erhebung wurde der Fokus, neben der bereits beschriebenen Funktion der Systeme, auf die verwendeten Ein- und Ausgabegeräte gelegt. Dabei wurden Funk und Telefon ausgeklammert, da es sich hierbei um reine Unterstützungssysteme der direkten Kommunikation handelt.

Die Ausgabegeräte bestehen vorwiegend aus optischen Software-Anzeigen. Akustische Anzeigen existieren in der Regel nur als Warntöne. Zur Darstellung werden ausschließlich Bildschirme verwendet. Die eingesetzten Technologien reichen dabei von CRT über LCD bis hin zu neueren TFT-Displays. Die Technologie ist abhängig vom Alter des Systems.

Die Eingabegeräte beschränken sich primär auf die konventionelle Computerbedienung, welche heutzutage mittels Maus und Tastatur vorgenommen wird.

Insbesondere im Tower Frankfurt (FRA), wo viele Systeme älteren Baujahrs zu finden sind, können zusätzlich Spezialtastaturen und Trackballs, als Vorgänger der herkömmlichen Computermaus, gefunden werden.

In den Towern FRA und München (MUC) wird als Anflugmanager das sogenannte TWR-TID (vgl. Tabelle 23) verwendet. Das System wird dem Lotsen auf einem resistiven Touchscreen dargeboten. Dieser reagiert auf Berührungen mittels Finger oder anderer Objekte. Das eingesetzte Gerät erkennt dabei zu jedem Zeitpunkt lediglich einen Berührungspunkt. Drag-and-drop-Interaktionen sind mit dem Display theoretisch möglich, werden vom System jedoch nicht

genutzt. Dem Gesamtsystem ist anzusehen, dass das Arbeitssystem Tower vornehmlich historisch gewachsen, anstatt kontrolliert und strategisch entwickelt worden ist.

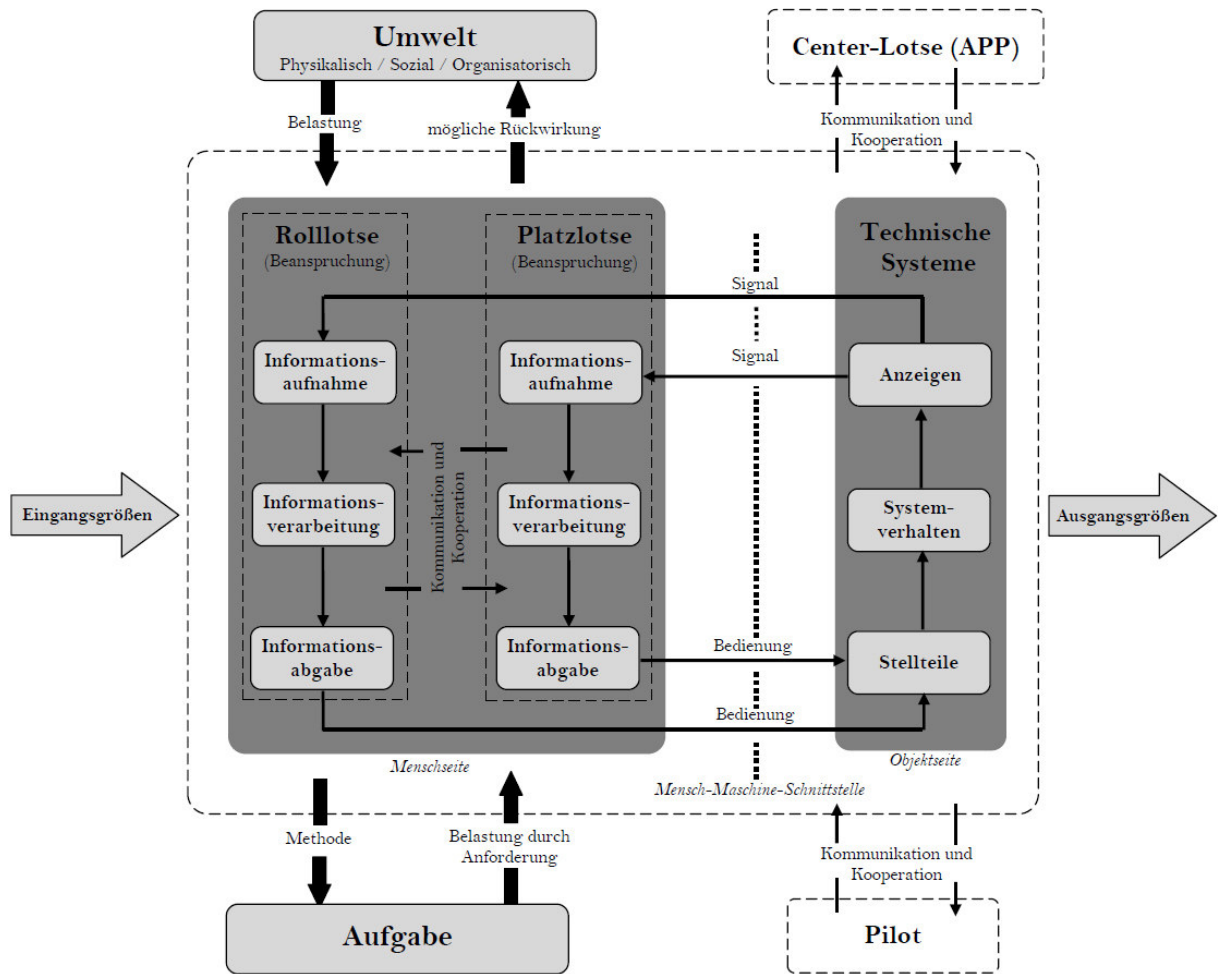


Abbildung 63: Darstellung des Mensch-Maschine-Systems Fluglotse im Tower (Gräf, 2010)

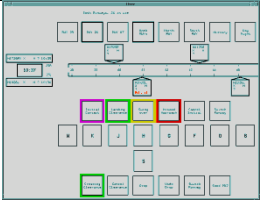

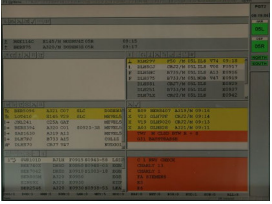
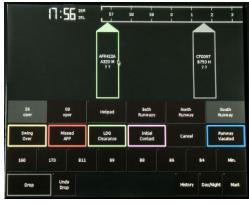



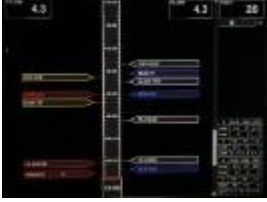







		FRA	DUS	MUC
Flugplandaten	Arrival (Anflug)	  TWR-TID		  TWR-TID
	Departure (Abflug)	 DEPCOS	 TCoS	 4D-Planner
Luftlageradar		 Phoenix	 Phoenix	 Phoenix
Bodenlageradar		 TRADIS		
Wetterdaten und weitere Informations- Displays		 IDVS & Videosystem	(nicht erhoben)	(nicht erhoben)

Tabelle 23: Darstellung der verwendeten Systeme samt Ein- und Ausgabegeräte in Anlehnung an (Bruder, König, Hofmann & Röbig, 2009)

Ergänzung: Neubau Tower Frankfurt

Im Rahmen des Projektes war es nicht möglich, den Neubau des Towers am Frankfurter Flughafen zu besichtigen. Allerdings ist aufgrund von Aktivitäten des Vorgängerprojektes die dort eingesetzte Technologie des Planungstools hinreichend bekannt. Die Darstellung des An- und

Abflugmanagers, welche zu einem System zusammengefasst wurde, wird auf einem WACOM Cintiq-21-UX-Display dargestellt.

Dabei handelt es sich um ein kombiniertes Ein – und Ausgabegerät. Zur Darstellung wird ein 21,3" großes TFT-Display verwendet, welches mithilfe eines induktiven Stiftes bedient werden kann. Das System baut auf berührenden Interaktionen und Drag- and Drop-Interaktionen auf. Weiterhin ist das Hinterlegen handschriftlicher Notizen möglich.

5.1.5. Umwelteinflüsse

Die Arbeit des Lotsen kann der Kategorie der überwiegend informatorischen Arbeit zugeordnet werden (Rohmert, 1973). Aufgrund der sicherheitskritischen Rolle des Lotsen und der gefährlichen Auswirkungen bereits geringfügiger Störungen (Wickens, Mavor & Mc Gee, 1997), handelt es sich bei dem Arbeitsplatz des Fluglotsen um ein hoch kontrolliertes Arbeitsumfeld.

Der Arbeitsplatz des Platz-Lotsen befindet sich im sogenannten Tower. Die Position des Towers ist dabei sowohl abhängig vom Bahnlayout des Flughafens als auch von den örtlichen Gegebenheiten, wie z. B. der Lage einzelner Gebäude. Große Fensterscheiben und die Position seiner Konsole ermöglichen dem Lotsen dabei den bestmöglichen Blick auf die für ihn relevanten Abschnitte des Bahnsystems (Hopkin, 1995). Die Außensicht ermöglicht ihm eine direkte Prüfung der über die Instrumente angezeigten Informationen.

Bei der Erfüllung seiner Aufgabe wird der Lotse mit unterschiedlichen Lichtverhältnissen, abhängig von Tages-, Nacht- und Jahreszeit, konfrontiert. Der Lotse verfügt über begrenzte Möglichkeiten, um die Beleuchtungssituation anzupassen. So besitzen der Tower selbst sowie jeder Arbeitsplatz eine separate Beleuchtungseinheit. Um Blendungen entgegenzuwirken, besitzt der Tower eine Außenjalousie. Systeme, bei denen die Ablesbarkeit aufgrund von Spiegelungen massiv beeinträchtigt wird, werden zusätzlich abgeschirmt.

Neben den Lichtverhältnissen beeinflussen insbesondere auch unterschiedliche Sichtbedingungen, z. B. aufgrund metrologischer Phänomene (Regen, Nebel etc.), die Außensicht und damit auch die Arbeitsweise der Lotsen.

Die Arbeitsposition des Towers weist eine hörbare und kontinuierliche akustische Belastung der Lotsen auf. Der Geräuschpegel wird dabei durch die kontinuierlich notwendige Abstimmung der Fluglotsen mit Kollegen und Piloten hervorgerufen. Darüber hinaus sorgen Warntöne und Flugzeuge für eine Erhöhung des Lärmpegels.

Eine Klimaanlage sorgt für eine angenehme klimatische Bedingung. Stofflich und chemisch konnten keine nennenswerten Belastungsgrößen festgestellt werden.

5.2. Potentialfindung

Der Begriff des Potentials wird von diversen Fachgebieten mit unterschiedlichen Bedeutungen verwendet. Im vorliegenden Fall beschreibt das Potential die Möglichkeit, das Arbeitssystem weiterzuentwickeln, um eine bessere Passung zwischen dem Menschen und dem Arbeitssystem zu gewährleisten. Dies geschieht unter der Ausschöpfung technologischer Möglichkeiten des Mensch-Maschine-Systems. Die Anpassung kann sich dabei sowohl am aktuellen als auch am zukünftigen Arbeitssystem orientieren. Welches Zeitfenster für die Betrachtung relevant ist, ist abhängig von den geplanten Entwicklungszeiten. Das Ziel der Aktivität besteht in der Identifikation von Verbesserungsmöglichkeiten in Form einer positiven Systemauswirkung.

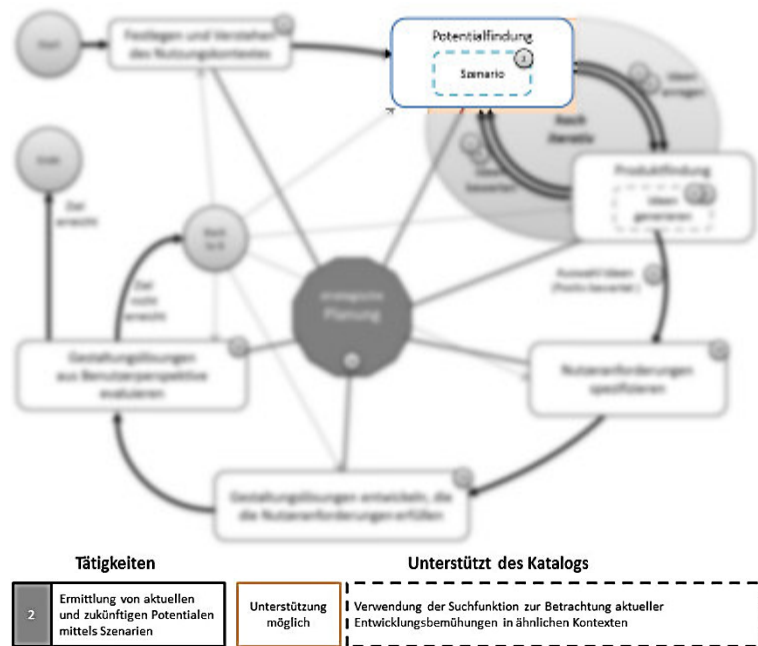


Abbildung 64: Orientierungshilfe „Potentialfindung“ und mögliches Einsatzfeld des Katalogs

Die in der Nutzungskontextanalyse identifizierten Defizite bieten erste Anhaltspunkte für die Umsetzung kurzfristiger Verbesserungspotentiale. Für eine strategische Arbeitsmittelplanung ist eine kurzfristige Betrachtung jedoch nicht ausreichend. Analog zur innovativen Produktentwicklung ist es notwendig, den Markt und seine Veränderungen in die Entwicklung mit einzubeziehen. Demzufolge müssen die zu erwartenden Veränderungen des Arbeitsumfeldes und die Entwicklung der innovativen Arbeitsmittelgestaltung korreliert und mit der Entwicklung in Einklang gebracht werden. Die Anwendung des Katalogs ist in der hier beschriebenen Phase theoretisch möglich. Sofern keine validen Informationen über aktuelle oder zukünftige Entwicklungen für den betrachteten Arbeitskontext vorliegen, ist es möglich, sich an analogen Arbeitskontexten zu orientieren. Im Folgenden wird jedoch von einem Anwendungsfall ausgegangen, in dem ausreichend Informationen über die zukünftige Veränderung des Zielsystems vorliegen und beschrieben sind.

5.2.1. Aktuelle Situation

Auf Basis der Nutzungskontextanalyse kann festgehalten werden, dass es sich bei der Arbeit des Lotsen um eine mental hoch beanspruchende Tätigkeit handelt. Die Belastung kommt unter anderem durch die hohe Komplexität der Aufgabe, die Vielzahl der möglichen Systemzustände sowie durch das Treffen von Entscheidungen unter Zeitdruck in einem sicherheitskritischen Umfeld zustande.

Die Analyse bestätigt den Eindruck von Zimmermann (2001), welcher die technischen Hilfsmittel des Lotsen nicht nur als Unterstützungsmedium, sondern auch gleichzeitig als Belastungs- und Beanspruchungsfaktor sieht.

Daraus ergeben sich u. a. die folgenden Potentiale für eine positive Systemauswirkung:

- Die Bedienung der einzelnen Systeme wird von den Lotsen häufig als zu umständlich eingestuft. Die umständliche Bedienung der Systeme ist nicht blind möglich, weshalb die Bedienung eine nach unten gerichtete Kopfneigung (Head Down) und somit auch eine Blickabwendung von der Außensicht notwendig macht. Für den Zeitraum der Bedienung ist die Aufmerksamkeit an das Bedienelement gebunden, wodurch die Aufmerksamkeit von anderen Systemen und der Außensicht abgezogen wird.
- Die notwendigen Informationen, welche der Lotse für sein mentales Modell benötigt, sind über mehrere Monitore hinweg verteilt. Die Anordnung ist dabei häufig so gewählt, dass Kopfdrehungen zur Informationserfassung notwendig werden, was den Workflow behindert.
- Der Blickwechsel zwischen Außensicht und Bildschirmanzeigen wird aufgrund der starken Kontrast- und Helligkeitswechsel, welche eine Anpassung des Auges durch Akkommodation erfordern, zusätzlich als anstrengend empfunden.
- Die Informationsdarstellungen unterliegen systemübergreifend einer sehr hohen Varianz, was eine zusätzliche Denkleistung der Lotsen bei der Interpretation der dargestellten Information erfordert.
- Allgemein haben die Tower-Lotsen trotz entspiegelter Displays häufig mit starken Reflexionen auf ihren Monitoren zu kämpfen. Die Reflexionen und Spiegelungen führen zu einer Erhöhung des Zeitaufwands beim Ablesen sowie zu zusätzlichen Fehlerquellen. Die Rollos, welche in jedem Tower vorhanden sind, erweisen sich als unzureichende Lösung, um die besagten Reflexionen zu vermeiden, da diese häufig auch einen Teil der Außensicht verdecken. Das führt dazu, dass einige Displays zusätzlich abgeschirmt werden, was zu einer Beeinträchtigung des Betrachtungswinkels führt.
- Der Geräuschpegel im Tower wird von Lotsen, aufgrund der Absprachen mit Kollegen, als notwendig empfunden. Gleichzeitig stellt er auch einen störenden Belastungsfaktor dar (Koros, Della Rocco, Panjwan, Ingurgio & D'Arcy, 2006).

5.2.2. Zukünftige Situation

Die Welt der Flugsicherung befindet sich aufgrund von Entwicklungen wie Globalisierung, Effizienzorientierung und Wertewandel in einem technischen und soziologischen Wandel. Die Veränderungen der Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zunahme des Luftverkehrs, führen tiefgreifende Einschnitte in das Air-Traffic-Management mit sich. Eine Langzeitstudie von The European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL) (2008) geht dabei von einer Verdopplung des Luftverkehrsaufkommens bis zum Jahre 2030 aus. Um der daraus resultierenden Zunahme an Komplexität und Dynamik im Luftverkehr (vgl. z. B. Hagemann, 2000; Manning & Stein, 2005) sowie den daraus resultierenden Kapazitätsengpässen (vgl.

z. B. Hagemann, 2000; Hein, 2003), entgegenzuwirken, und um das Verkehrsaufkommen langfristig bewältigen zu können, sind technische Innovationen sowohl am Himmel als auch am Boden notwendig (Wittig, 2005, zitiert nach C. Bruder et al., 2009).

Um den neuen Herausforderungen gerecht zu werden, lassen sich kurzfristig Trends zur Vereinheitlichung der Systeme erkennen. Die Flugsicherung setzt in neuen Tower verstärkt auf Eigenentwicklungen, welche besser aufeinander abstimmt werden können als Zukaufprodukte. So werden im neuen Tower am Flughafen Frankfurt die Eigenentwicklung Showcast als An- und Abflugmanager und das hauseigene Radarsystem Phönix, welches als Luft- und Bodenlageradar Verwendung findet, eingesetzt. Auch lassen sich Bemühungen zur Systemintegration erkennen, wie sich beispielsweise an der Entwicklung der Integrated Tower Working Position (ITWP) von Eurocontrol zeigen lässt.

Langfristig lassen sich weitreichendere Einschnitte in die Welt der Flugsicherung feststellen. Eine Vielzahl von Forschungsprojekten beschäftigt sich mit der Identifizierung von möglichen Zukunftsszenarien. Exemplarisch sind an dieser Stelle Aviator 2030 (C. Bruder et al., 2009), Cooperative Approach to Air Traffic Services (CAATS) (López & Sendat, 2009), Cooperative Air Traffic Management (C-ATM) (Stirnman, Rothmann, Graham, Dowdall & Eveleigh, 2005), Next Generation Air Transportation System (NextGen) (Federal Aviation Administration, 2014) und Single European Sky ATM Research (SESAR) (Bierwagen, 2007) zu nennen. Auch wenn die dargelegten Projekte sich teilweise nur indirekt auf die Arbeitsposition des Towers beziehen, so kann davon ausgegangen werden, dass die prognostizierten Veränderungen im Bereich der Verfahren und Organisationsstrukturen Auswirkungen auf die Gestaltung und Funktionalitäten der Arbeitsplätze haben werden (Wickens et al., 1997).

Allgemein kann demnach von einer Zunahme des Luftverkehrsaufkommens ausgegangen werden. Zusätzliches strategisches Ziel von SESAR ist neben der europaweiten Vereinheitlichung des gesamten europäischen Luftraums (Bierwagen, 2007) u. a. auch die Erhöhung der Sicherheit bei gleichzeitiger Reduktion der Kosten. Langfristig muss mit einer Zunahme der Automation (vgl. Hagemann, 2000; Smolensky, Stein & Hopkin, 1998) gerechnet werden.

Die Kommunikation erfolgt dabei per Data-Link und verdrängt den Sprechfunk im Normalbetrieb (C. Bruder et al., 2009). Dies führt zwar zu einer Absenkung des Geräuschpegels im Tower, wird von den Lotsen jedoch kritisch bewertet, da der gedankliche Austausch zwischen Lotsen und Piloten fehlt. Die technischen Systeme am Arbeitsplatz werden zukünftig nicht mehr ausschließlich dazu dienen, dem Lotsen Informationen zu übermitteln, sie werden den Lotsen auch aktiv bei der Entscheidungsfindung unterstützen. Dabei sind, abhängig von den Zukunftsszenarien, unterschiedliche Automatisierungsgrade denkbar.

Möglich wird die zuverlässige systemseitige Planung durch die zu erwartende Zunahme von Aktualität und Genauigkeit der Daten. So werden zukünftig für alle LFZ 4D-Trajektorien existieren. Eine 4D-Trajektorie beschreibt exakt die örtliche und zeitliche Position eines LFZ im Luftraum, so dass ein strategisches Planen auch durch rechnergestützte Systeme möglich ist. Die Einführung der 4D-Trajektorien soll dazu dienen, Konflikte von Gate zu Gate besser erkennen und vermeiden zu können.

5.2.3. Ausgewählte Potentiale

Aktuell ist der Fluglotse in der Lage, den Luftverkehr sicher zu geleiten. Dabei stößt der Fluglotse an hoch belasteten Arbeitsplätzen, wie z. B. am Flughafen Frankfurt, bereits heute in Spitzenzeiten an die Grenzen der Belastbarkeit. Die Abarbeitung eines erhöhten Verkehrsaufkommens wäre demnach nur unter starken Restriktionen wie Qualitätseinbußen im Bereich der Sicherheit oder der Termintreue möglich.

Zukünftig muss mit einem erhöhten Verkehrsaufkommen gerechnet werden. SESAR plant dabei eine Verdreifachung der Kapazitäten des Flugverkehrsmanagements. Gleichzeitig soll dabei der Faktor Sicherheit erhöht werden. Dabei gelten insbesondere Flughäfen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten als Flaschenhals, was zu einem Ausbau der Infrastruktur und zu veränderten Planungsabläufen am Boden, aber auch in der Luft, führen wird.

Die Leistungsfähigkeit des Lotsen muss demzufolge ebenfalls gesteigert werden. Dies darf jedoch nicht zulasten der Sicherheit gehen. Der Mensch stellt aufgrund der mentalen Beanspruchbarkeit einen limitierenden Faktor dar (Köper, 2001). Dabei ist zu erwarten, dass die Aufgabe des Lotsen aufgrund zunehmender Automatisierung sich von einer Steuerungsaufgabe zu einer Überwachungstätigkeit hin verschiebt. Zwar fällt mit der Einführung des Data-Links das Gegenchecken der Informationen per Funk weg – die Anweisungen müssen aber dennoch transportiert werden. Aufgrund der Komplexität der Informationen muss die Darstellung über den auditiven oder über den visuellen Kanal des Menschen erfolgen, was zu weiteren Displays und deren Überwachung durch den Lotsen führt.

Für den langfristigen Erfolg und die Bewältigung des Luftverkehrsaufkommens müssen demzufolge technische Systeme und Hilfsmittel gefunden werden, die neben einer Erhöhung der Leistung auch zu einer Reduzierung der Belastung bei gleicher oder zunehmender Sicherheit beitragen.

5.3. Produktfindung

Ziel der Phase ist es, geeignete Lösungen zu finden, die das identifizierte Potential der Leistungssteigerung bei gleichzeitiger Belastungsreduktion und mindestens gleichbleibender Sicherheit bestmöglich ausschöpfen.

Dabei muss davon ausgegangen werden, dass das gesuchte Produkt, da es sich bei der gesuchten Lösung um eine Innovation handelt, noch nicht existiert. Das

Produkt und seine grundlegenden Eigenschaften müssen im

Rahmen der Produktfindungsphase erst noch definiert werden. Die Produktfindung beschreibt demnach die Findung einer geeigneten Idee samt Identifikation einer geeigneten Technologie zur Erreichung der definierten Potentiale in Form eines Produktkonzepts.

Eine Einschränkung des Suchraums per Such- bzw. Filterfunktion in dieser Phase wurde zwar erwogen, bringt in dieser Phase aber geringe Aussichten auf Erfolg. Es sind keine sinnvollen Einschränkungen des Suchraums möglich, da das Konzept auf Übertragung von Wissen aus anderen Bereichen aufbaut. Die Verwendung der Suchfunktion in der Phase der Produktfindung ist demnach nur sinnvoll, wenn das Potential in der Lösung eines konkreten und bekannten Problems besteht. Erschwerend kommt hinzu, dass gleiche Effekte im Rahmen des Katalogs unterschiedlich bezeichnet werden können. So ist z. B. eine Erhöhung der Head-Up-Zeiten gleichbedeutend mit einer Verringerung der Head-Down-Zeiten.

Die Herausforderung dieser Phase besteht somit darin, die richtige Information zu finden, ohne zu wissen, wonach eigentlich gesucht wird. Da eine solche Suche in der Regel zum Scheitern verurteilt ist (vgl. Spath et al., 2011), muss der Entwickler in dieser Phase entsprechend unterstützt werden. Um dies zu ermöglichen, verfügt der Katalog im Bereich der Produkte über keine Kategorisierung. Dem Nutzer werden dabei zufällig Produkte präsentiert. Der Zufallsmodus ist so eingestellt, dass Seiten innerhalb einer Nutzungsphase nicht zufällig mehrfach angezeigt werden.

5.3.1. Anregen und Generieren einer ersten Idee

Ziel der ersten Phase der Produktfindung ist es, Ideen zu Ausschöpfung des Potentials durch möglichst viele, zielgerichtete Assoziationen zu erzeugen und

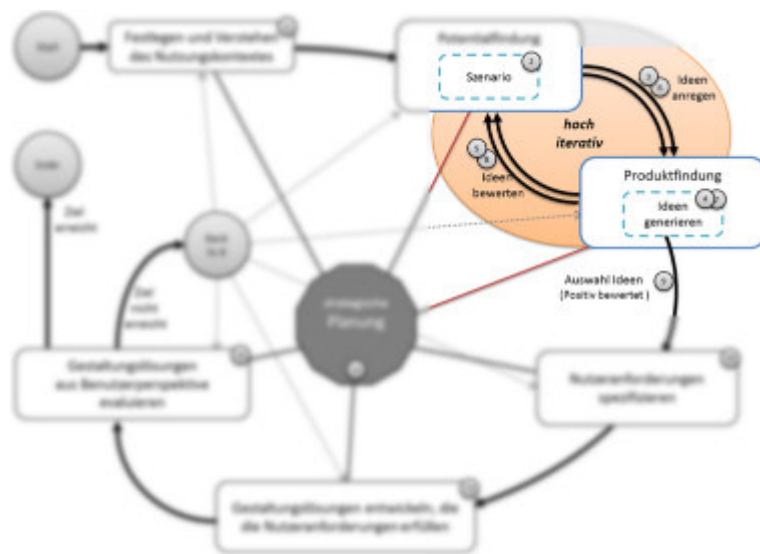


Abbildung 65: Orientierungshilfe „Produktfindung“



Abbildung 66: Im Rahmen des Kapitels 5.3.1. behandelte Unterstützung des Prozesses durch Verwendung des Katalogs

dabei gleichzeitig Ideenfixierungen abzubauen.

Dabei findet keine zielgerichtete Suche statt, da hierzu bereits eine Idee zur Ausschöpfung des Potentials notwendig ist. Der Katalog setzt bereits in der Ideenanstrengung an. Der Anwender wird hierzu mit zufällig ausgewählten Produkten und deren besonderen Eigenschaften konfrontiert. Der Zufallsgenerator des Katalogs ist dabei so eingestellt, dass er möglichst viele unterschiedliche Produkte darstellt.

Der Entwickler muss seinen Fokus zunächst lediglich auf die Produktabbildungen, welche sowohl das Produkt selbst als auch dessen Nutzung zeigen, sowie auf die Alleinstellungsmerkmale der Produkte richten. Dabei soll er gedanklich dazu angeregt werden, das dargestellte Produkt oder aber ein alternatives Produkt mit ähnlichen Kerneigenschaften (Alleinstellungsmerkmal) in dem betrachteten Arbeitskontext zu verwenden. Das so aufgespannte Szenario kann hinsichtlich seiner Auswirkungen auf den Arbeitskontext, insbesondere aber hinsichtlich der Ausschöpfung der Potentiale analysiert und bewertet werden. Tabelle 24 stellt einen Auszug der in der Datenbank hinterlegten, für diesen Schritt relevanten, Informationen dar. Die komplette Liste der Alleinstellungsmerkmale kann dem Anhang entnommen werden.

Produkte und deren Technologien können bei fehlender Passung für das Zielsystem verworfen werden, was bedeutet, dass der Anwender zur nächsten Zufallsseite springt. Über kurz oder lang wird der Anwender des Katalogs jedoch auf Produkte und Technologien stoßen, die sein Interesse wecken, und welche erste Ideen anregen. Auch wenn die entstandenen Ideen nicht weiterverfolgt werden, so ist eine Dokumentation dieser, samt Begründung der Entscheidung, immer ratsam. Da sich Rahmenbedingungen ändern können oder die Ideen vielleicht für andere Arbeitsplätze von höherem Interesse sein können, ist mindestens die Kommunikation der Ideen mit der strategischen Planung notwendig. Die Dokumentation und Kommunikation der Ideen selbst ist im Katalog jedoch nicht vorgesehen.




Abbildung	Produktname	Alleinstellungsmerkmal
	Splitview by Mercedes Benz	zwei Bilder auf einem Bildschirm – Sichtbarkeit ist abhängig vom Betrachtungswinkel
	Toyota Window to the World	transparenter Bildschirm mit Multitouch-Bedienung
	NEC CRV43 43-Inch Curved Monitor	gewölbte Displayfläche – Einbeziehung des peripheren Sehfeldes
	Microsoft Sphere	kugelförmiges Display – in einem 360-Grad-Winkel betrachtbar
	Heliodisplay M2	transparente, auf atomare Partikel aufgebraute Projektion
	Digital Sour Lollipop	Informationsübermittlung mittels Geschmack
	Soundbite	Übertragung akustischer Schwingungen über Knochenleitung
	Tactile Torso Display (von TNO)	Richtungsorientierung mittels Vibration
	Tactile Display für die Zunge	auf der Zunge befestigtes elektrotaktiler „Display“ zur Orientierung im Raum
	Segway	Fahrzeugsteuerung durch Neigen des Körpers
	Mimi Switch	Augenzwinkern als Interaktion
	Ergodex DX1	frei arrangierbare physische Tasten
	Polymer Vision Radius	biegsames Display
	SenseSurface	physische Drehknöpfe für Displays
	Livescribe Echo Smartpen	interaktives Papier – Koppelung von Tonspur und Mitschriften

Tabelle 24: Darstellung ausgewählter Produkte inkl. Alleinstellungsmerkmalen des Technologiekatalogs

Ergebnisse aus der Anwendung des Katalogs

Im Folgenden werden einige der so im Rahmen des iPort-Projektes entstandenen Gedanken-gänge vorgestellt. Die Ideen bauen dabei primär auf dem ersten Eindruck des Produktes und auf der Kenntnis des Nutzungskontextes, wie in Kapitel 5.1. erhoben, auf. Tabelle 25 bis Ta-belle 31 beschreiben dabei, neben den Ideen, die Einschätzung des Anwenders sowie die dem Katalog entnommenen Informationen. Es ist zu erwähnen, dass an dieser Stelle auch Fehlinter-pretationen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit eines Produkts oder einer Technologie zu-lässig sind, da diese indirekt Anforderungen an das zukünftige Produkt definieren.


	<p>ID: 0004</p> <p>Produkt: LG P920 Optimus 3D</p> <p>Alleinstellungsmerkmal: Autostereoskopisches 3D-Display – 3D ohne Brille</p>
<p>Idee:</p>	<p>Luft- und Bodenlageradar stellen eine zweidimensionale, virtuelle Repräsentation der dreidimensionalen LFZ-Positionen da. Eine 3D-Darstellung bietet die Möglichkeiten, beide Systeme zu einem System zusammenzuführen, was der geteilten Aufmerksamkeit entgegenwirken würde.</p>
<p>Einschätzung der Relevanz:</p>	<p>Die Aufgabe des Lotsen besteht u. a. in der Einhaltung lateraler und vertikaler Staffelungsabstände. Eine 3D-Ansicht birgt die Gefahr, dass die Abstände aufgrund perspektivischer Verzerrungen unterschiedlich wahrgenommen werden, was ein Sicherheitsrisiko darstellen könnte. Darüber hinaus spielt die Höhe für den betrachteten Arbeitsplatz eher eine untergeordnete Rolle. Evtl. ist die Idee für andere Arbeitsplätze in Kombination mit automatischen Kollisionswarnungssystemen von Interesse.</p>
<p>Aktion:</p>	<p>Idee wird verworfen und nicht weiterverfolgt.</p>

Tabelle 25: Darstellung der mithilfe des Technologiekatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 1


	<p>ID: 0001</p> <p>Produkt: Kindle (Serie 4)</p> <p>Alleinstellungsmerkmal: Lesen wie auf echtem Papier – sogar in hellem Sonnenlicht/keine Spiegelungen</p>
<p>Idee:</p>	<p>Einsatz der Display-Technologie im Tower, um die Ablesbarkeit der Displays auch im Tower unter schwierigen Lichtbedingungen zu verbessern</p>
<p>Einschätzung der Relevanz:</p>	<p>Die im Kindle verbaute Displaytechnologie verspricht ein spiegelungs- und blendungsfreies Ablesen von Informationen. Reflexionen und Blendungen sind aktuell auftretende Problemfelder im Tower. Visuelle Artefakte können die Lesbarkeit der abgebildeten Informationen behindern und so die Sicherheit negativ beeinflussen. Reflexionen sollten jedoch nicht die Regel sein, weshalb die Idee zunächst mit untergeordneter Priorität weiterverfolgt werden sollte.</p>
<p>Aktion:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Idee dokumentieren und mit untergeordneter Priorität weiterverfolgen 2. technologische Hintergrundinformationen einholen, um die Anwendbarkeit der Technologie im Tower zu prüfen

Tabelle 26: Darstellung der mithilfe des Technologiekatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 2


	ID: 0024 Produkt: ODICIS (One Display for a Cockpit Interactive Solution)
	Alleinstellungsmerkmal: MMS für ein LFZ, bestehend aus einem interaktiven Display
Idee:	Gestaltung der gesamten Konsole als ein einzelnes, großes interaktives Display
Einschätzung der Relevanz:	<p>Das ODICIS ermöglicht eine freie Anordnung von Anzeigen und virtuellen Bedienelementen im gesamten Konsolenbereich. Anzeigen und Bedienelemente der einzelnen technischen Systeme lassen sich wie Fenster an einem heutigen Bildschirm frei verschieben, in der Größe anpassen usw.</p> <p>Die entwickelte Idee bietet besonders Vorteile bei nachträglichen Änderungen bestehender Systeme durch z. B. Integration neuer Komponenten. Der Wegfall von bauraumbedingten Restriktionen ermöglicht immer eine optimale Anpassung der Konsole an die vorherrschenden Gegebenheiten. Dabei ist es egal, ob es sich hierbei um dauerhafte Anpassungen oder um situationsbedingte Anpassungen aufgrund von Wetterphänomenen handelt. Auch wenn die Idee für die Flugsicherung aufgrund der strategischen Vorteile als hochgradig relevant eingestuft werden kann, so wird die Idee im Folgenden nicht weiter verfolgt, da sie nicht zur Ausschöpfung des betrachteten Potentials beiträgt.</p>
Aktion:	Die Idee wird dokumentiert, aber im Rahmen dieses Projektes nicht weiter verfolgt.

Tabelle 27: Darstellung der mithilfe des Technologiecatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 3.


	<p>ID: 0018</p> <p>Produkt: TouchSense® 1000</p> <p>Alleinstellungsmerkmal: Haptische (taktile) Feedback-Technologie für Touchscreens – zur Simulation von z. B. Tastendrücken</p>
<p>Idee:</p>	<p>Einbeziehung des taktilen Kanals in die Informationsaufnahme des Lotsen</p>
<p>Einschätzung der Relevanz:</p>	<p>Um den bereits heute hoch belasteten visuellen und auditiven Kanal zu entlasten, kann die Auslagerung ausgewählter Informationen auf den taktilen Kanal sinnvoll sein.</p> <p>Die Anwendungsbeispiele können dabei von einer einfachen Rückmeldung, wie beispielsweise einem Tastendruck, bis hin zum Fühlen der Wirbelschleppenkatégorie reichen, welche für die Einhaltung der Separationen wichtig ist.</p> <p>Inwieweit die Haptik (allgemein) in der Lage ist, den Lotsen mental zu entlasten und die Leistungsfähigkeit zu steigern, muss geprüft werden.</p>
<p>Aktion:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Idee dokumentieren und weiterverfolgen 2. Informationen einholen über technologische Möglichkeiten 3. Abgleich dieser mit den Erfolgspotentialen zur mentalen Entlastung und zur Effektivitätssteigerung

Tabelle 28: Darstellung der mithilfe des Technologiekatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 4.

	<p>ID: 0013</p> <p>Produkt: Audiospotlight</p> <p>Alleinstellungsmerkmal: Richtschar – Fokussierung von Schall auf einen bestimmten Bereich</p>
<p>Idee:</p>	<p>Minderung des Geräuschpegels im Tower durch Verwendung von Richtschall; ein Audiospot pro Arbeitsposition</p>
<p>Einschätzung der Relevanz:</p>	<p>Der Einsatz von Audiospots kann dazu beitragen, den permanenten Geräuschpegel im Tower zu mindern, indem die Funksprüche der Piloten nur noch an den entsprechenden Arbeitspositionen zu hören sind.</p> <p>Die Minderung des Geräuschpegels stellt eine Möglichkeit dar, um die Konzentrationsfähigkeit der Lotsen zu steigern. Die Idee ist für eine kurzfristige Umsetzung interessant, da der Funkverkehr nach und nach durch einen Data-Link übernommen werden soll. Dies ist auch der Grund, weshalb die Idee zunächst mit untergeordneter Priorität weiterverfolgt werden sollte.</p>
<p>Aktion:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Idee dokumentieren und mit untergeordneter Priorität weiterverfolgen 2. technologische Hintergrundinformationen einholen, um die Anwendbarkeit der Technologie sowie den Realisierungszeitraum im Tower zu prüfen

Tabelle 29: Darstellung der mithilfe des Technologiekatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 5.


	<p>ID: 0011 + 0080 Produkt: Sony Playstation Vita + Tobii C12</p> <p>Alleinstellungsmerkmal: 0011: Berührungsempfindliche Flächen am rückseitigen Greifbereich 0080: Eyetracking-System zur Blickbewegungsanalyse und Steuerung</p>
<p>Idee:</p>	<p>Steuerung des technischen Systems mittels Gesten in Kombination mit der Blicksteuerung von Tobii C12 (ID 0080)</p>
<p>Einschätzung der Relevanz:</p>	<p>Auf den ersten Blick scheint eine rückseitige Bedienung eines Handheld-Gerätes für die wenig mobile Arbeit des Fluglotsen wenig relevant. Dennoch zeigt die Playstation Vita eine Möglichkeit, wie die Blindbedienbarkeit, sprich die Bedienung technischer Systeme unabhängig vom Blick, möglich ist. Gesten bieten eine interessante Alternative zu Bedienung mittels Tastatur und Maus.</p> <p>Die Auswahl eines LFZ kann z. B. durch Ansehen erfolgen. Die Veränderung der Parameter könnte mittels Geste auf oder über einer dafür vorgesehenen Fläche erfolgen.</p> <p>Die Idee hat große Relevanz hinsichtlich der gesuchten Potentiale. Sie ermöglichen eine automatische Auswahl und die Koordination dieser durch Gesten ohne Blickabwendungen oder das erneute Auffinden des relevanten LFZ in einem anderen technischen System. Der Wegfall der „Nebenaufgaben“ (Suchen, Finden, Positionieren für Eingabe) sollte zusätzliche Kapazitäten für ein erhöhtes Verkehrsaufkommen schaffen und gleichzeitig die mentale Belastung reduzieren.</p>
<p>Aktion:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Idee dokumentieren und weiterverfolgen 2. Informationen einholen über technologische Umsetzbarkeit 3. Abgleich mit den Erfolgspotentialen zur mentalen Entlastung und Effektivitätssteigerung

Tabelle 30: Darstellung der mithilfe des Technologiekatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 6.


	ID: 0045 Produkt: Nomad™ ND 1000
	Alleinstellungsmerkmal: Einblendung von Informationen im Sichtfeld – Head-mounted-Displays (HMD)
Idee:	kontinuierliche Einblendung von relevanten und für die Arbeit des Lotsen notwendigen Informationen in das Sichtfeld des Lotsen
Einschätzung der Relevanz:	<p>Die Lösung von aktuell verwendeten Head-Down-Anzeigen hin zu einer Informationsdarstellung im Blickfeld des Lotsen ermöglicht eine Erhöhung der Head-Up-Zeitanteile. Dies ist von Vorteil, da die Außensicht des Lotsen die realistischste Informationsquelle der Geschehnisse auf dem Flugplatz darstellt. Angereichert mit entsprechenden Informationen, wie z. B. Rufzeichen der LFZ, besteht hohes Potential, die Außensicht zur primären Informationsquelle des Lotsen auszubauen.</p> <p>Das Nomad™ ND 1000, ein Virtual-Retinal-Display von Microvision, könnte dies ermöglichen.</p> <p>Wesentliche Vorteile werden vor allem bei schlechtem Wetter und schlechten Sichtbedingungen gesehen, da der Lotse mit dem Verlust der Außensicht seine Arbeitsweise zwangsweise ändern muss, was zu Lasten der Kapazität geht.</p> <p>Das Virtual-Retinal-Display scheint hohes Potential zur Erhöhung der Sicherheit und Leistung bereitzustellen. Allerdings sind bei der Einführung der Technologie Widerstände der Lotsen zu erwarten, wie anhand der Akzeptanzprobleme von Headsets vermutet werden kann.</p>
Aktion:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Idee dokumentieren und weiterverfolgen 2. Informationen einholen über Produkt und alternative Lösungsmöglichkeiten 3. Abgleich dieser mit den Erfolgspotentialen zur mentalen Entlastung und zur Effektivitätssteigerung

Tabelle 31: Darstellung der mithilfe des Technologiekatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 7.

5.3.2. Produktdefinition durch Ausarbeitung der Idee und durch Technologieauswahl

Die Darstellung der in Kapitel 5.3.1. vorgestellten Ideen zeigt, dass mithilfe des Kataloges die Erzeugung von neuen und innovativen Ideen möglich ist. An-



Abbildung 67: Im Rahmen des Kapitels 5.3.2. behandelte Unterstützung des Prozesses durch Verwendung des Katalogs

hand des in Tabelle 31 vorgestellten Beispiels des Nomad™ ND 1000, einem Virtual-Retinal-Display von Microvision, soll exemplarisch das weitere Vorgehen bis zur Produktdefinition dargestellt werden. Dabei findet eine kontinuierliche Überprüfung und Bewertung der Idee und des Produktkonzeptes anhand der Kataloginhalte statt. Die durchgeführten Bewertungen beeinflussen dabei den dargelegten Handlungsstrang durch neue Anforderungen, Sichtweisen und Aspekte, die das Produkt final erfüllen muss.

Die Ideengenerierung beschreibt die Ausgestaltung der Idee zu einem Produktkonzept mit definierten Eigenschaften. Das Konzept wird im Entwicklungsprozess anschließend immer weiter definiert und bis zur Einsatzreife entwickelt. Dabei handelt es sich um einen hoch iterativen Prozess, bestehend aus den folgenden Elementen:

- Informationen sammeln,
- gegenseitige Anpassung von Konzept und Idee,
- Bewertung der neuen Situation.

Der Übergang zu der hier beschriebenen Phase wird in der Regel durch eine erste vage Idee definiert. Die Idee baut auf der Übertragung und Nutzung von einzelnen Produkteigenschaften an den Zielkontext auf. Dabei wird es lediglich in ein paar Ausnahmefällen möglich sein, das Produkt ohne Anpassungen zu übernehmen. Die Frage, welche vom Entwickler im Folgenden beantwortet werden muss, lautet:

Wie muss das Produkt aussehen, damit es die Potentiale im Ziel-Arbeitskontext bestmöglich erfüllt?

Um beurteilen zu können, ob, und wenn ja welche, Anpassungen nötig sind, muss sich der Entwickler näher mit dem Produkt befassen. Dafür ist es notwendig, dass der Entwickler neben den Möglichkeiten auch die Grenzen des Produkts versteht. Hierzu steht ihm das Produktdatenblatt des Kataloges zur Verfügung. Es fasst alle für den Entwickler notwendigen Informationen zusammen, so dass die Phase des „Informationen-Sammelns“ mit minimalem Zeitaufwand durchgeführt werden kann.

Im vorliegenden Fall verspricht das Virtual-Retinal-Display von Microvision eine permanente Einblendung von Informationen im Sichtfeld. Aus dem Produktdatenblatt (vgl. Abbildung 68) des Katalogs kann weiterhin entnommen werden, dass es sich bei hierbei um ein Produkt handelt, welches bereits 2004 als Serienanwendung verfügbar war. Die virtuelle Netzhautanzeige (VNA), oder ein direkter Nachfolger des Produktes, ist demnach auf dem Markt erhältlich und könnte bei entsprechender Eignung kurzfristig für eine Lotsenanwendung zur Verfügung stehen.

Die Technologie der VNA befindet sich ebenfalls seit 2004 in der Serienanwendung. Im vorliegenden Fall kann festgehalten werden, dass der erste Prototyp der VNA-Technologie bereits Anfang der 90er Jahre hergestellt wurde. Aufgrund der Angabe „serienreife Technologie“ und „Produkt“ kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei dem dargestellten Produkt um einen frühen Repräsentanten der VNA-Technologie handelt. Aufgrund der langen Zeitspanne von rund zehn Jahren, welche von der ersten Serienanwendung bis heute vergangen ist, kann davon ausgegangen werden, dass sich Technologie und Produkt ebenfalls weiterentwickelt haben oder bereits von einer neueren Technologie abgelöst worden sind. De facto sollte dem-

nach ausreichend Know-how zur Umsetzung und Anwendung der Technologie verfügbar sein. Das Risiko, dass ein solches Produkt technisch nicht umsetzbar sein könnte, kann also vom Entwickler vorerst vernachlässigt werden.

Weiterhin kann dem Produktdatenblatt entnommen werden, dass es sich bei der ausgewählten Technologie um ein reines Ausgabegerät handelt. Für die Auslegung eines kompletten MMS wäre ebenfalls die Findung geeigneter Eingabe-Technologien notwendig. Da der Fokus jedoch in der Beschreibung der Anwendung des entwickelten Katalogkonzeptes, und nicht in dem konkreten Endergebnis liegt, wird die Eingabe vernachlässigt.


Produkt
Technologie
Neues Bild einfügen

Suche
Kategorien
Freitext

Nomad™ ND 1000

(Virtual Retina Display von Microvision)

ID 0045




Alleinstellungsmerkmal
Einblendung von Informationen im Sichtfeld des Nutzers

Verfügbarkeit

Prototyp	Pilot	Serie
		2004

Seriennummer:
n. d.



Primär-Technologien:

Ausgabetechnologie:
... >
[1.1.1.1.2.1 optisch Durchsichtsfähig >](#)
[1.1.1.1.2.1.1 am Kopf angebracht >](#)
[1.1.1.1.2.1.1.1 Virtuelle Netzhautanzeige \(VNA\)](#)

Verfügbarkeit

Prototyp	Pilot	Serie
90er	2003	2004

Eingabetechnologie:
Nicht näher spezifiziert

Verfügbarkeit

Prototyp	Pilot	Serie
n. d.		

Eigene Notizen:

Kosten ca. 7.000 \$

Reines Anzeigesystem, welches über einen Rechner mit jeder beliebigen Eingabetechnologie kombiniert werden kann.

Produktbeschreibung:

Die amerikanische Firma Microvision hat ein Virtual Retina-System zur Serienreife entwickelt. Mit dem "Nomad ND Expert Technician System" ermöglicht es Computerbilder in hoher Auflösung als virtuelles Bild direkt auf die Netzhaut (Retina) zu projizieren. Das erzeugte Bild kann dabei in einem Bereich von ca. 30 cm bis zu einer optischen Entfernung von unendlich scharf Wahrgenommen werden. Das System kommt bereits erfolgreich in der Autoindustrie zum Einsatz - es wurde aber auch für den Einsatz in Bereichen des Militär, der Luftfahrt und der Medizin entwickelt.

Funktionsweise:
Das gesummte System besteht Helm und einem Gürtel, welcher die Stromversorgung sowie einen PC beinhaltet. Der Anwender trägt das über WLAN angekoppelte Virtual-Retina-Display wie einen Datenhelm auf dem Kopf. Das Nomad liest zunächst die Signale einer Bild- und Datenquelle eines Computers oder einer Videokamera und verarbeitet diese. Die verarbeiteten Signale enthalten Informationen über Intensität und Mischung der Farben sowie über die Position jedes einzelnen Pixels. Dann erzeugt ein schwacher Lichtstrahl eines Laser-Beamers ein Pixel und überträgt es durch die Pupille auf die Netzhaut des Auges. Die Pixel werden in einem Raster auf die Netzhaut aufgebracht, wobei ein horizontaler Scanner den Lichtstrahl in Windeseile über die Netzhaut jagt und dabei die Pixel reihenweise positioniert – das Bild entsteht also zeilenweise ähnlich wie bei einer Fernsehöhre. Dabei lenken lichtbrechende und lichtreflektierende Spiegel den Laser so auf die Netzhaut, dass beim Betrachter der Eindruck eines dreidimensionalen Bildes entsteht. Ihm erscheint das, als ob er auf einen Computerbildschirm schaut, der ungefähr eine Armeslänge von ihm entfernt ist. Weil der Spiegel selbst halb durchlässig ist, kann der Benutzer seine Umwelt weiterhin völlig normal wahrnehmen.

(Quelle: ariva.de, 2013)

Kontakte:

Hersteller:	Anspruchspartner:	
MicroVision Inc. 185th Ave NE 6244 WA 98052 Redmond USA +1 (0) 425-936-6847	Verkauf: Tilo Maier +1 (0) 425-936-6847 T.Maier@Microvision.com	Intern: Andreas Röbig (Projektbearbeitung / iPort) +49 (0)6151 16-0000 Roebig@iad.tu-darmstadt.de Bastian Kaiser (Technischer Support / iPort) +49 (0)6151 16-0000 Kaiser@iad.tu-darmstadt.de
		Extern: Deutsche Flugsicherung C. Schmand Rolle: Projektleiter +49 (0) 6103 707-0 info@DFS.de

Anhänge:

Typ	Jahr	Inhalte	Quelle & Link
Produktpräsentation	2003	<ul style="list-style-type: none"> Technische Funktionsweise Technische Daten Produktvorteile Einsatzgebiete 	Sanko, Thomas (2003), Microvision's Nomad® Augmented Vision System: The How and the Why, SID Pacific Northwest Chapter Meeting June 11, 2003 http://www.sidchapters.org/pacificnorthwest/meetings/jun11_03/presentation.pdf
Veröffentlichung	2009	<ul style="list-style-type: none"> Technische Funktionsweise des PicoP Moduls von Microvision 	Freeman, Marc; MicroVision Inc (2009), Scanned Laser Pico-Projectors: Seeing the Big Picture (with a Small Device), Redmond http://www.microvision.com/technology/pdf/OPN_Article.pdf
Video	2011	<ul style="list-style-type: none"> Bilder zu Anwendungsszenarien des Nomad ND Video des Nomad ND im Einsatz u. a. aus Nutzerperspektive 	Microvisiontracker (2011): Microvision Nomad: Microvision Nomad Investor Presentation http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=0GSRmrkTde

Abbildung 68: Screenshot des Produktdatenblatts am Beispiel des Virtual-Retinal-Displays von Microvision

Der Beschreibung kann entnommen werden, dass das System, neben dem helmähnlichen Gebilde, aus einer Rechneinheit besteht. Sowohl der Kompaktrechner als auch der Controller der VNA werden jeweils an einem separaten Gürtel getragen und sind über ein Kabel mit der Helmeinheit verbunden. Die Helmeinheit projiziert die Informationen mittels Laser direkt auf die Netzhaut des Nutzers. Die Anzeige erscheint dem Nutzer dabei wie ein Computerbildschirm, der etwa eine Armlänge entfernt platziert ist. Die Umsetzung setzt dabei auf einen semi-transparenten Spiegel als kombinierendes Element der unterschiedlichen realen und virtuellen Informationsquellen (Combiner), so dass das Auge nicht nur die virtuelle Anzeige auf der Netzhaut, sondern auch die dahinter liegende Umgebung erfassen kann. Die virtuelle Darstellung wird, ähnlich einem Röhrenmonitor, zeilenweise aufgebaut und besitzt lediglich eine Farbe (rot). Die Information kann dabei in einer Entfernung von 30 cm bis unendlich scharf wahrgenommen werden. Die VNA wurde für Militär-, Luftfahrt-, Medizin- und Industrieanwendungen entwickelt und soll dort primär zur Unterstützung der Bereiche Navigation, Ausrichtung, Positionierung und Echtzeit-Überwachung eingesetzt werden. Auch elektronische Supportsysteme mit kontextabhängigen Informationsdarstellungen sind denkbar.

Das Nomad ND 1000 scheint, auf Basis der Beschreibung, für die Anwendung im Tower prinzipiell geeignet zu sein. Als Manko kann die Farbdarstellung betrachtet werden, da aktuell nicht davon ausgegangen werden kann, dass eine einfarbige Darstellung von Informationen für einen Flugsicherungskontext, aufgrund des hier vorherrschenden „bunten“ Hintergrunds, als ausreichend erscheint. Da die Technologie jedoch einen frühen Vertreter der VNA-Technologie beschreibt, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass ein vergleichbares Produkt zu finden ist, das in der Lage ist, eine mehrfarbige Darstellung zu erzeugen.

Im vorliegenden Fall des VNA sind keine Ansprechpartner definiert. So fällt der fachliche Austausch zur Leistungsfähigkeit und zu potenziell möglichen Anwendungsszenarien, alternativen Produkten und Technologien unter Kollegen, aus. Der Austausch mit einem Experten kann dazu dienen, die Entwicklungszeit eines geeigneten Produktkonzepts drastisch zu verkürzen.

Das angefügte Video zeigt die Verwendung des Displays in einer Logistikanwendung. Der Entwickler kann sich dadurch einen vertiefenden Eindruck hinsichtlich der Bildqualität und der Wahrnehmung verschaffen. Auffällig dabei ist, dass es im Video häufiger zu einem Flackern der Anzeige kommt. Dies kann als störend empfunden werden. Zum aktuellen Zeitpunkt kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass es sich hierbei lediglich um ein Aufnahmeproblem handelt. Der aktuelle Stand der Erkenntnis nach ausführlicher Studie des Produktdatenblatts beschreibt das Nomad ND 1000 als ungeeignet für den Einsatz in der Flugsicherung. Die Funktionalität bleibt jedoch weiterhin interessant. Darauf folgt die Abwandlung des Suchauftrags wie folgt:

Gesucht wird ein vergleichbares Produkt mit gleichen Funktionalitäten und einer mehrfarbigen Darstellung.

Alternative Produkte lassen sich im Katalog nicht direkt anzeigen. Der Entwickler muss dabei den Umweg über die Technologie nehmen, welche die gewünschte Eigenschaft besitzt. Dieser Umweg ist sinnvoll, da die Technologie den beschränkenden Faktor der realisierbaren Produkteigenschaften darstellt. Die Technologie beschreibt die physikalischen Restriktionen, denen alle Umsetzungen dieser Technologie unterworfen sind. Technologien stellen darüber

hinaus auf lösungsneutraler Ebene den kleinsten gemeinsamen Nenner aller der ihr zugeordneten Produkte dar und definieren die prinzipielle Leistungsfähigkeit der späteren Produkte. Das Technologiedatenblatt des Kataloges hilft dabei, die beschränkenden Faktoren hinsichtlich der Produkteigenschaften schnell und einfach zu erfassen. Darüber hinaus vermittelt das Datenblatt Kenntnisse über den prinzipiellen Aufbau und die prinzipielle Funktionsweise der Technologie, um dem Entwickler eine valide Grundlage zur Bewertung der technischen Eignung einer Technologie bezüglich ihrer geplanten Anwendung in einem konkreten Nutzungskontext zu bieten.

Abbildung 69 beschreibt den mit dem VNA verknüpften Technologieeintrag der „virtuellen Netzhautanzeige“, sofern diese für den aktuellen Schritt interessant ist.

Virtuelle Netzhautanzeige (VNA) ID 1112111

Definition:
VNA beschreibt eine Anzeigentechnologie, in der ein Rasterbild direkt auf die Netzhaut des Nutzers geworfen wird. Der Nutzer erhält den Eindruck dass das projizierte Bild in einiger Entfernung vor ihm schwebt.

Beschreibung der Technologie:
Virtuelle Netzhautanzeigen wurden entwickelt, um die Einschränkungen herkömmlicher Head-Mounted-Displays hinsichtlich ihrer Bildqualität (Größe, Auflösung, Flimmern & Helligkeit), Gewicht, Kosten und der Fokussierung zu umgehen. Die VNA-Technologie stellt dabei eine Erweiterung der Scanning-Laser-Ophthalmoskopie dar – Erzeugung von flimmerfreien und hochauflösenden Bildern und projiziert diese direkt auf die Netzhaut des Betrachters.

Aufbau und Funktionsweise:
Eine Recheneinheit nimmt die Umwandlung der Bilddaten für den modulierten, gepulsten Laserstrahl vor. Für farbige Darstellungen wird zusätzlich ein Multiplexer benötigt. Dieser übernimmt das Zusammenmischen der benötigten Farbe aus roten, grünen und blauen Laserstrahlen.

Diagramm: Ein Schemadiagramm zeigt den Aufbau einer VNA. Ein Laserstrahl von einer Laserdiode wird durch eine Linse in eine Scanning-Einheit geleitet. Diese Einheit enthält einen vertikalen Scanning-Spiegel und einen horizontalen Scanning-Spiegel, die den Strahl in beide Richtungen lenken. Ein weiterer Spiegel und eine Linse fokussieren den Strahl auf die Retina des Auges.

Das Licht des Lasers wird weiter zur sog. Scanning-Einheit geleitet, welche aus lichtbrechenden und lichtreflektierenden Spiegeln oder modulierbaren Prismen besteht. Die Aufgabe der Einheit besteht in der richtigen Positionierung (horizontal und vertikal) des Laserstrahls, so dass im Auge des Anwenders ein Rasterbild entsteht.

Der Laserstrahl kann dabei immer nur einen einzelnen Pixel darstellen. Ein „nachglühen“ aufgrund der Photorezeptoren der Netzhaut ermöglicht dem Anwender das Sehen eines ganzen Bildes. Hierzu muss der Laser mit niedriger Intensität pro Pixel $\sim 30\text{-}40\text{ ns}$ auf der Netzhaut verweilen. Dabei geht praktisch kein Licht verloren und die Helligkeit der Displays ist so groß, dass sie auch für den Einsatz bei Umgebungslicht geeignet sind.

Neuere Scanner basieren auf der Micro Electro-Mechanical Systems (MEMS); diese ermöglicht eine gleichzeitige Bewegung auf zwei Achsen, so dass der Aufbau mit einem Spiegel auskommt.

Da das System mit äußerst niedrigen Lichtintensitäten arbeitet, besteht keine direkte Gefahr für das menschliche Auge. Die Gefahr einer Netzhautverbrennung durch einen blockierten Scanner kann ausgeschlossen werden. Die Gesamtenergie des Lichtstrahls, welche eine VNA erzeugt, liegt laut Angaben des HIT-Laboratory der Universität von Washington im Bereich zwischen $100\text{-}300\text{ nW}$. Damit liegen Sie um $\sim 2\text{-}3$ Größenordnungen unterhalb der maximal zulässigen Grenzwerte.

Ausgabetechnologie:
... >
[1.1.1.1.2.1 optisch Durchsichtsfähig >](#)
[1.1.1.1.2.1.1 am Kopf angebracht >](#)
[1.1.1.1.2.1.1.1 Virtuelle Netzhautanzeige \(VNA\)](#)

Verfügbarkeit

Prototyp	Pilot	Serie
90er	2003	2004

Ansprechpartner:
n. d.

Brother zeigt Einsatzbereiche für Datenbrille AirScoute

Eigene Notizen:
2D: Potenziellen Fehlbarkeit klären

(Vorsetzung siehe nächster Seite)

Chancen:

- Scharfe Darstellung unabhängig vom Fokussierungszustand.
- Best mögliche Helligkeit, da praktisch kein Photon verschwendet wird (effizient und energiesparende).
- Herstellung von kleinen, leichten, aber leistungsfähigen Systemen hinsichtlich Bildqualität, Gewicht, Kosten
- Binokulare VNA-Systeme ermöglichen einen verbesserten 3D-Eindruck, da der Konflikt von Akkommodation und Konvergenz, der bei herkömmlichen Stereobetrachtungsgeräten auftritt, minimiert wird.

Herausforderungen:

- Ein großes Field of View kann nur durch ein Pupillentracking erreicht werden. Die Projektion der Anzeige erfolgt durch die Pupille des Auges selber. Berücksichtigt man das sich das Auge in einem Bereich von bis zu 15mm bewegen kann, wird klar, dass die Projektion an die Augenbewegung angepasst werden muss. Ohne diese Anpassung kann es dazu kommen, dass das Auge den Lichtstrahl am Eindringen in die Pupille hindert. Ohne Pupillentracking erhält der Nutzer den Eindruck, als würde er lediglich einen Teil der Darstellung durch ein Schlüsseloch betrachten.
- Eines der größten Probleme bei einem Virtual Retina Display stellt die Fokussierung freischwebender Bildern dar. Ist das Abbild nicht perfektscharf oder erfolgt die Projektion nicht exakt coplanar zur Pupillenöffnung, versucht das Auge sich immer wieder auf das Objekt scharfzustellen, was nicht gelingen kann und weshalb es zu Augenschmerzen kommt.
- Eine weitere Herausforderung liegt in der Nutzung der VNA für Menschen mit Fehlsichtigkeit. Um die Fehlsichtigkeit zu kompensieren, muss entweder die Optik des Systems angepasst werden oder der Projektor muss hinter der Brille des Nutzers getragen werden. Letzteres wirkt sich negativ auf den Tragekomfort aus. Die Herstellung personalisierter VAN-Systeme wäre sehr kostspielig, wohingegen das Tragen des Projektors vor der Brille Rückwirkungen auf die darstellbare Anzeigengröße hat. Darüber hinaus sind auch Fehlsichtigkeit, welche nicht durch ein optisches System kompensiert werden können, zu beachten.
- Die Nutzung Monokularer Head-Up-Systemen (u.a. auch VNA) kann zu einer Rivalität der Augen führen (Siehe [binokulare Rivalität](#)).

Quelle:

- Friedrich W., 2004, ARVIKA. Augmented Reality für Entwicklung, Produktion und Service: Augmented Reality Für Entwicklung, Produktion Und Service, Publicis Corporate Publishing (ISBN 978-3895782398)
- <http://display-magazin.net/thema/displays/virtual-retinal-display> letzter Zugriff: 12.12.2013
- http://www.wearable.ethz.ch/education/sada/winter03_vrd3 letzter Zugriff: 12.12.2013
- http://de.wikipedia.org/wiki/Virtuelle_Netzhautanzeige letzter Zugriff: 12.12.2013
- <http://www.brillen-sehhilfen.de/google-brille/google-brille-technik-funktionsweise.php> letzter Zugriff: 12.12.2013

Technologische Eigenschaften:

- Monokular / binokular
- Monochrom / farbig
- Tageslichttauglich durch hohe Helligkeit
- Kleiner und leichter als HMD durch den Wegfall des Combiners
- Hohe Durchsichtsfähigkeit möglich
- Variabler Fokus (30cm bis unendlich*)
- Die Projektion muss direkt in das Auge gelange, was bei mobilen Anwendungen eine Fixierung der Projektionseinheit am Kopf erfordert

Verknüpfte Produkte

ID_0045	NOMAD ND 1000	monoculare, monochrome VNA
ID_0036	SPECTUM	monoculare, farbige VNA
ID_0115	VRX T4215	binocular, monochrome VNA
ID_0114	Google Glass	monoculare, farbige VNA – in Leichtbauweise

Arbeitskontexte

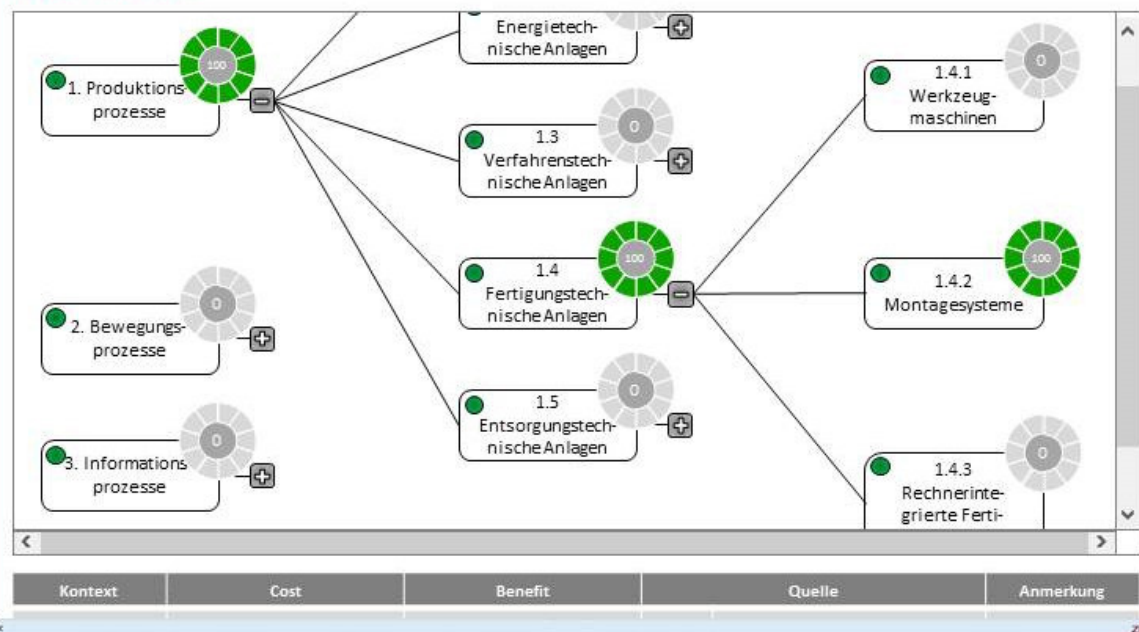


Abbildung 69: Screenshot des Technologiedatenblatts am Beispiel der virtuellen Netzhautanzeige (Auszug)

Eignung der Technologie

Das Technologiedatenblatt beschreibt die Funktionsweise der Technologie. Auf der einen Seite bestätigt sich die Anwendbarkeit der Technologie für den Einsatz im Tower. Den Eigenschaften kann entnommen werden, dass die Anzeigen in einem weiten Tiefenbereich mit hoher Auflösung dargestellt werden können. Die Tageslichttauglichkeit, eine wichtige Eigenschaft für die Anwendung im Tower, kann, aufgrund der hohen Helligkeit der Anzeige, ebenfalls bestätigt werden. Dem Eigenschaftsfeld kann ebenfalls entnommen werden, dass auch farbige Anzeigen mit der Technologie möglich sind.

Darüber hinaus deckt das Technologiedatenblatt ein potenzielles Risiko durch Verwendung der VNA-Technologie auf, welches die Anwendung im Tower erschweren könnte. Bei der Entwicklung ist es notwendig, potenzielle Fehlsichtigkeiten der Lotsen zu berücksichtigen. Auch wenn es sich bei Lotsen um eine stark selektierte Personengruppe handelt, bei der hohe Anforderungen an den Sehapparat gestellt werden (100 % der Sehkraft, Augen und Anhangsorgane ohne akute, chronische oder progressive Erkrankung), so sind bei der Einstellung Sehschärfenkorrekturen bis zu +5/-6 Dioptrien zulässig (DFS Deutsche Flugsicherung, 2011). Da es sich hierbei ausschließlich um korrigierbare Mängel des Sehapparats handelt, schließt dies die Verwendung der Technologie nicht aus. Allerdings muss mit einer Minderung des Tragekomforts gerechnet werden. Hinzu kommt die Gefahr der binokularen Rivalität, was den Nutzen einer VNA aufheben könnte. Zwar wäre eine technische Auflösung dieses Punktes durch ein binokulares System denkbar, dies würde jedoch eine Erhöhung des Gewichts und eine weitere Verminderung des Tragekomforts bedeuten. Weitaus kritischer wird die starke Beschränkung des Blickfeldes aufgrund der eingeschränkten zulässigen Augenbewegungen eingestuft. Die VNA-Technologie wird demnach aus Gründen der Praktikabilität für den Tower verworfen.

Alternative Technologien

Die aktuelle Ausgangssituation beschreibt die Idee weiterhin als brauchbar, allerdings haben sich technologische Defizite für eine Umsetzung herausgestellt. Der Suchauftrag ändert sich daher wie folgt:

Welche Technologien existieren, die die gleiche oder eine ähnliche Funktionalität wie VNA ermöglichen, ohne dabei eine starke Einschränkung des Sichtfeldes zu erhalten.

Anmerkung: Die definierten Ansprüche aus dem VNA-Bereich bleiben selbstverständlich erhalten.

Um einen Überblick über alternative Technologien zu erhalten, wurde im Katalog der sogenannte Technologiebaum implementiert. Dieser gruppiert Technologien mit ähnlichen Eigenschaften. Dabei ist es durchaus möglich, dass einzelne Technologien auch zu mehreren Stellen verknüpft worden sind. Den Zugriff auf den Technologiebaum erhält der Entwickler durch Klicken auf den Reiter „Technologie“. Die Ansicht wechselt auf eine mindmap-ähnliche Struktur. Dabei ist der Zweige der betrachteten Technologie ausgeklappt (vgl. Abbildung 70).

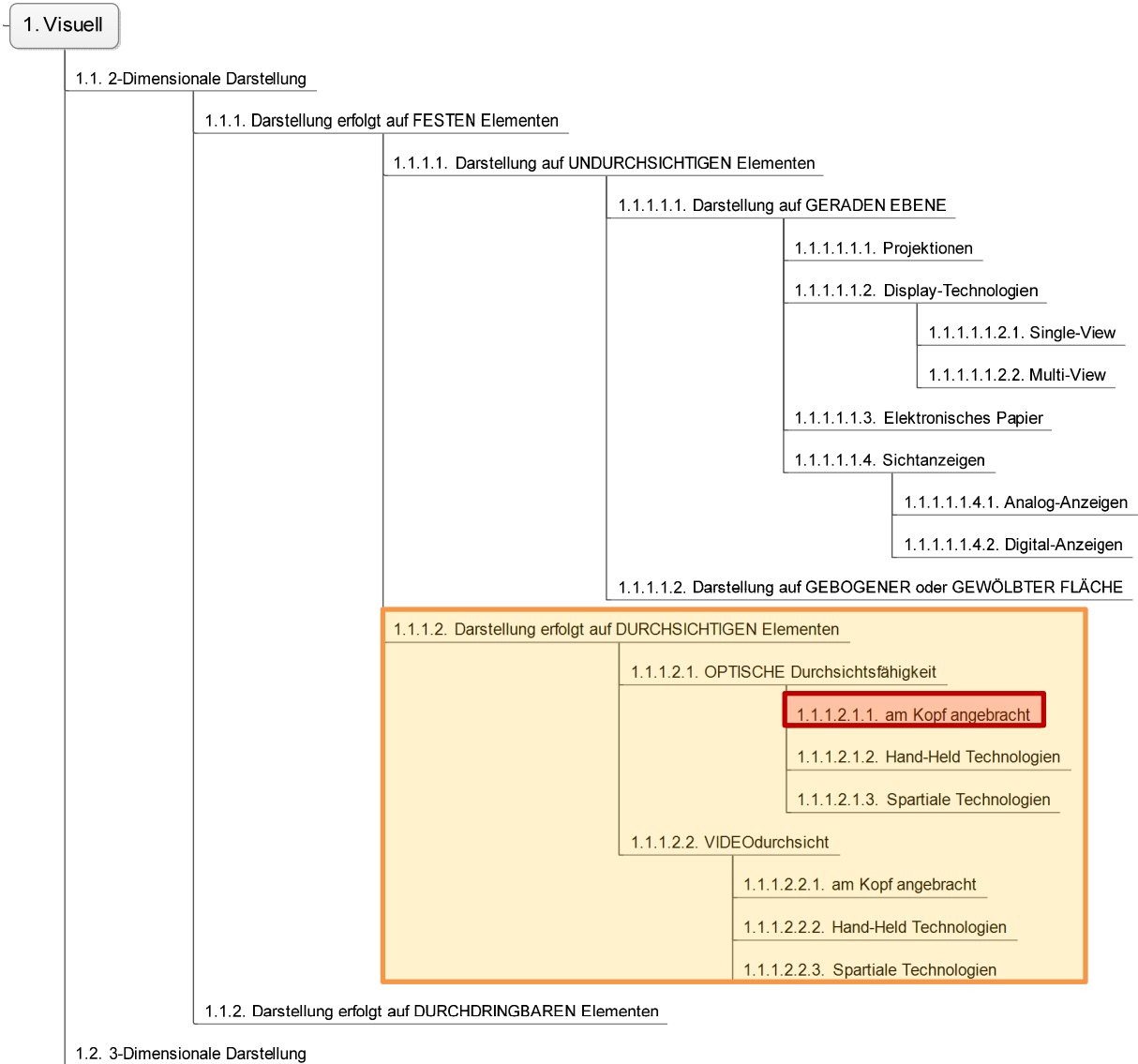


Abbildung 70: Darstellung von technologischen Eigenschaften mittels der vorgenommenen Systematisierung

Die Zweige definieren, wie in Kapitel 4.3.2.1. bereits beschrieben, Gruppierungen mit ähnlichen technologischen Eigenschaften. Am Ende eines jeden Pfades sind konkrete Technologien zu finden. Der Entwickler kann nun, ähnlich wie in einem Dateibaum, navigieren, um sich die den einzelnen Zweigen (Ordnern) angefügten Technologiedatenblätter (Dateien) anzusehen. Je weiter er sich dabei vom Ausgangspunkt entfernt, desto unähnlicher werden sich die Technologien dabei.

Verlässt der Nutzer die Darstellung von der Seite der VNA, so wird der Technologiebaum an der folgenden Stelle geöffnet:

... \optisch durchsichtsfähig\am Kopf angebracht

Der Entwickler kann der Darstellung entnehmen, dass die VNA zum Unterzweig der am Kopf befestigten Technologien zählt. Dem Unterzweig können weiterhin folgende Technologien entnommen werden:

ID	Bezeichnung	Definition
1112111	Virtuelle Netzhautanzeige (VNA)	Sie beschreibt eine Anzeigetechnologie, in der ein Rasterbild direkt auf die Netzhaut des Nutzers geworfen wird. Der Nutzer erhält den Eindruck, dass das projizierte Bild in einiger Entfernung vor ihm schwebt.
11121112	Optical-see-through Head-Mounted Display (O-HMD)	Hierbei handelt es sich um am Kopf angebrachte Anzeigesysteme, welche ein Miniaturbild direkt vor dem Auge des Nutzers erzeugen. Das Bild erscheint dabei wie ein in einer fixen Entfernung aufgestelltes transparentes Display.
11121113	Head Mounted-Projection (HMP)	Am Kopf angebrachte Projektoren sorgen dafür, dass ein Bild direkt auf einem realen Objekt in die Richtung, in die auch der Kopf zeigt, dargestellt wird.
11121114	Kontaktlinsen-Display (KD)	Das Display wird in Form einer Kontaktlinse direkt im Auge getragen. Das Bild erscheint dabei wie ein in einer fixen Entfernung aufgestelltes, transparentes Display.

Tabelle 32: Verordnete Technologien – des Zweigs: ... |am Kopf angebracht

Die VNA wurde aus praktikablen Gesichtspunkten bereits ausgeschlossen. Aus den Eigenschaften der VNA ist bekannt, dass die VNA, im Vergleich zu anderen HMD, eine leichtere Bauform ermöglichen. Aus Gründen des Tragekomforts ist es möglich, die O-HMD ohne nähere Betrachtung auszuschließen.

Übrig bleiben nur noch die Technologien der Head-mounted-Projektion (HMP) und Kontaktlinsen-Displays (KD). Der Head-Mounted-Projektor ist für die gesuchte Lösung zur Ausgestaltung der Idee „relevante Informationen immer im Blickfeld zu haben“ im Tower ungeeignet, da in dem Sinne keine Objekte betrachtet werden, auf die Informationen projiziert werden können.

Die Akzeptanz gegenüber Kontaktlinsen-Displays ist ebenfalls fraglich. Zudem handelt es sich bei der Technologie des Kontaktlinsen-Displays um eine noch nicht ausgereifte Technologie, bei der noch lange Entwicklungszeiten zu erwarten sind.

Was wäre wenn

Die Technologie des HMP taugt zwar nicht zur Ausgestaltung der gesuchten Idee, provoziert bei den Entwicklern jedoch eine neue Idee, welche in einem alternativen Handlungsstrang weiterzuerfolgen ist. Die Idee besteht darin, die Konsole des Tower-Lotsen als passives Element ohne Displays, Anzeigen, und Stellteile zu gestalten. Die Konsole wird zu einem einfachen Tisch reduziert. Die Anzeigen und Stellteile sind lediglich als Aufprojektion auf die Konsole verfügbar. Richtet der Lotse nun seinen Blick von der Außensicht ab, so findet er dort, unabhängig von seiner physischen Position im Tower, die notwendigen Anzeigen und Bedienelemente direkt vor sich. Das Zusammensuchen der Informationen von mehreren Displays mit fixen Positionen entfällt.

Die diesen Zweig zugeordneten Technologien sind zur Ausgestaltung der Idee unzureichend. Dieser Zweig liefert keine brauchbaren Ergebnisse, was den Wechsel in einen anderen Zweig notwendig macht. Betrachtet man die Eigenschaften des geöffneten Pfades und besinnt sich auf den Kern der Idee, so fällt auf, dass die Durchsichtsfähigkeit der Anzeige für die Idee ausschlaggebend ist. Demzufolge können alle Technologien, die diesem Zweig untergeordnet sind, eine potenzielle Lösung für den Einsatz im Tower darstellen. Der Zweig untergliedert sich in zwei Unterzweige:

...*\optisch durchsichtsfähig*...

...*\Videodurchsicht*...

Der Entwickler muss sich in der nachfolgenden Recherche intensiver mit diesen zwei Pfaden auseinandersetzen. Schnell wird dabei klar, dass die Technologien des Zweiges „Videodurchsicht“ auf einer virtuellen Repräsentation der Außensicht mittel Echtzeitvideos aufbauen. Da eine solche Umsetzung nicht gewünscht ist, kann die Betrachtung dieses Pfades für die weitere Technologiesuche ausgeschlossen werden. Gleiches gilt für die Unterkategorie der Handheld-Technologien der optischen Durchsichtsfähigkeit.

Der zulässige Lösungsraum kann somit auf den Unterzweig der „spatialen Technologien mit optischer Durchsichtsfähigkeit“ eingeschränkt werden. Tabelle 33 stellt die diesem Bereich zugeordnete Technologie dar.

ID	Bezeichnung	Definition
1112131	Passive spatial Optical See-Through Displays	Ein vor dem Betrachter aufgestellter semitransparenter Spiegel ermöglicht eine Kombination der Anzeige mit dahinterliegenden Objekten. Als bildgebendes Element dienen in der Regel herkömmliche Displays. Sofern es sich bei dem dahinterliegenden Objekt um ein weiteres bildgebendes Element handelt, kann das Display ebenfalls dazu genutzt werden, 3D-Darstellungen zu erzeugen.
1112132	TOLED-Displays	Organische LEDs können transparent hergestellt und in Pixelverbunde, wie in einem LED-Fernsehgerät, zusammengefasst werden. Die einzelnen Pixel sind im inaktiven Zustand transparent, so dass sie einen Ausblick auf die dahinterliegenden Objekte ermöglichen. Der Combiner ist in diesem Fall ein aktives Element.
1112133	Projektion auf halbtransparente Scheiben	Projection-based-spatial-Displays beschreiben die Projektion von Informationen auf ein teilweise lichtdurchlässiges Medium, in der Regel ein spezielles Glas oder eine Acrylscheibe. Das Licht der Anzeige kann dabei diffus oder gezielt gestreut bzw. in das Auge des Nutzers gelenkt werden.
1112134	Head-Up-Display (HUD)	Die Head-Up-Display-Technologie bezeichnet eine spezielle Unterart der Spatial-optical-see-through-Systeme (vgl. ID 1031/1033).

		Eine aufwendige Optik sorgt dabei dafür, dass die dargestellte Anzeige nicht auf dem Combiner, sondern in einiger Entfernung dahinter, im Raum schwebend wahrgenommen wird.
1112135	Einfache Projektion auf Objekt	Hierbei handelt es sich um eine Aufprojektion von Informationen auf das betrachtete Objekt.
1112136	Nebelleinwand	Eine Projektion auf eine Leinwand aus feinen Wassertropfen ermöglicht die Erzeugung eines teilweise transparenten, scheinbar schwebenden und durchdringbaren Bildes.

Tabelle 33: Verordnete Technologien – des Zweigs: ... | *spatiale Technologien*

Auswahl einer Technologie

Der Katalog bietet dem Entwickler insgesamt sechs Lösungsvorschläge zur technischen Ausgestaltung seiner Idee. Die Technologiedatenblätter der jeweiligen Technologien helfen den Entwickler dabei, geeignete Lösungen zu identifizieren und ungeeignete Lösungen auszuschließen.

So stellen sich sowohl die Realisierung eines Nebelleinwand als auch die Aufprojektion von Informationen auf das betrachtete Objekt schnell als ungeeignet für den Einsatz im Tower heraus. Die Technologie des Passive-spatial-optical-see-through-Displays kann, aufgrund des hohen Bauraumbedarfs und der mangelnden Transparenz des optischen Combiner-Elements, ebenfalls ausgeschlossen werden. Letztendlich verbleiben dem Entwickler drei Technologien, welche sich prinzipiell für den Einsatz im Tower eignen. Diese müssen lediglich gegeneinander abgewogen werden. Dabei handelt es sich um:

- 1112132: TOLED-Displays,
- 1112133: Projektion auf halbtransparente Scheiben,
- 1112134: Head-Up-Display (HUD).

Der Entwickler ist nun mithilfe des Katalogs in der Lage, die verbleibenden Technologien hinsichtlich ihrer technischen Eignung für einen Einsatz im Tower zu bewerten und die für ihn günstigste Variante auszuwählen. Die Auswahl einer Technologie, samt den gewünschten oder unerwünschten Eigenschaften, beschreibt dabei das Produktkonzept.

Ergebnisse des Produktkonzepts

Im Fall des iPort-Projektes wurde sich für die Realisierung eines Augmented-Reality-Layers durch Verwendung einer transparenten Projektionsfläche entschieden. Auf Basis des Technologiedatenblattes wurde die Nutzung einer holografischen Projektionsfläche für die finalen Prototypen gewählt, da diese eine verbesserte Bildqualität im Vergleich zur Diffusionsfläche ermöglicht.

Um Wartezeiten, entstehend durch die Herstellung der holografischen Projektionsscheibe, sinnvoll überbrücken zu können, sollte zunächst ein Versuchsaufbau unter Verwendung einer Diffusionsscheibe für notwendige Voruntersuchungen verwendet werden. Die Darstellung der Informationen sollte zunächst im Rahmen einer kontaktanalogen Darstellung erfolgen.

5.3.3. Ideen bewerten

Neben der Generierung einer Idee und der Identifikation und Auswahl einer geeigneten Technologie ist im Rahmen der innovativen Arbeitsmittelgestaltung auch eine Bewertung des definierten Konzeptes notwendig.

Tätigkeiten		Unterstützt des Katalogs	
5/8	Ideen bewerten (in unterschiedlichen Iterationsstufen)	Unterstützung durch	Nähere Informationen zu relevanten Produkten, Technologie und deren kontextspezifisch Costs & Benefits (Analoge Technologien & Kontexte)
9	Auswahl einer Idee zwecks Umsetzung	Unterstützung durch	Aufzeigen von alternativen / ähnlichen technologischen Lösungen (Analoge Technologien)

Abbildung 71: Im Rahmen des Kapitels 5.3.3. behandelte Unterstützung des Prozesses durch Verwendung des Katalogs

Bisher ging es bei der Technologieauswahl lediglich um die Überprüfung der prinzipiellen Anwendbarkeit der Technologie im gewünschten Zielkontext sowie um die Definition notwendiger und grundlegender Eigenschaften.

Um das Risiko einer Fehlentwicklung zu minimieren, ist eine Abschätzung hinsichtlich der Erfolgchancen der Idee zur Erfüllung der in Kapitel 5.2.3. definierten Potentiale erforderlich. Des Weiteren hilft die Bewertungsphase, mögliche Risiken der Umsetzung frühzeitig zu erkennen. So ist es möglich, kritische Punkte bereits vor dem eigentlichen Start der Entwicklungsphase zu klären oder Risiken in der Entwicklungsphase zu berücksichtigen.

Den Ausgangspunkt der Bewertung stellt das entwickelte Produktkonzept dar. Zum Zeitpunkt der erstmaligen Bewertung besteht dieses aus einer Technologie, einigen wenigen Eigenschaften und einer Idee, welche die Anwendung im Zielsystem definiert. Der Katalog unterstützt den Entwickler bei der Bewertung durch das Aufzeigen von Costs und Benefits, welche eine bestimmte Technologie in einem konkreten Kontext mit sich bringt. Die Darstellung der Costs und Benefits basiert auf der Analyse und Aufbereitung von Veröffentlichungen, welche sich thematisch einem konkreten Kontext zuweisen lassen. Wie in Kapitel 4.3.4.3. beschrieben, sind diese am Ende eines jeden Technologiedatenblatts zu finden.

In dem für diese Idee relevanten Bereich waren dem Katalog zum Zeitpunkt der Anwendung lediglich 20 Quellen zugeordnet. Die Analyse dieser Quellen ergab 43 Datensätze, die in der Regel mehrere Vor- bzw. Nachteile einer bestimmten Technologie, unter Verwendung in einem bestimmten Kontext, enthalten. Diese Liste erhebt somit keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Dennoch lässt sich bereits an dieser Version das Unterstützungspotential des Kataloges im Rahmen der Bewertung darstellen. Um das ausgewählte Konzept zu bewerten, stehen dem Entwickler durch den Katalog mehrere, sich ergänzende Möglichkeiten zur Verfügung.

Da es bei der vorzunehmenden Bewertung um eine kombinierte Bewertung aus Technologie und Kontext geht, sollte der erste Schritt der Bewertung immer eine Überprüfung der vorhandenen Erkenntnisse der ausgewählten Technologie und des Zielkontexts sein, da die dort hinterlegten Informationen die größtmögliche Übertragbarkeit aufweisen. Die dort verordnete Literatur liefert im Idealfall einen kompletten Überblick über den aktuellen Stand der For-

schung, oder zumindest Anhaltspunkte für weitere Recherchen, da der Katalog nie eine vollständige Wissenssammlung darstellen kann.

Im Fall der „Projektion auf halbtransparente Scheiben“, welche als Technologie ausgewählt wurde, konnten Anhänge im Zielkontext der Flugsicherung gefunden werden. Die dort dargestellten Erkenntnisse sind in Tabelle 34 zusammengefasst.

Technologie: Projektion auf halbtransparente Scheiben		Kontext: ... <i>Verkehrskontrollsysteme</i> \Flugsicherung	
Quelle	Cost	Benefit	
On the use of transparent rear projection screens to reduce head-down time in the air-traffic control tower (Fürstenau, Rudolph, Schmidt, Lorenz & Albrecht, 2004)	Untersuchung von nicht-kollimierten, holografischen, transparenten Rückprojektionsscheiben anhand abstrakter Flugsicherungsaufgaben: <ul style="list-style-type: none"> • Auftreten von Cutter-Effekten möglich -> beschränkt die darstellbare Informationsmenge • untersuchte transparente Scheibe ist einem richtig ausgerichteten Head-Down-Display nicht überlegen 	-	
Very large format stereoscopic head-up display for the airport tower (Peterson, Axholt & Ellis, 2007)		<ul style="list-style-type: none"> • verwendete holografische Projektionsscheibe führte zu keiner signifikanten Verschlechterung der Sehschärfe durch die Transparenz der Scheibe 	
Remote Airport Tower Operation with Augmented Vision Video Panorama HMI (Schmidt, Rudolph, Werther & Fürstenau, 2006)	Versuchsaufbau im Tower mit holografischen, transparenten Rückprojektionsscheiben <ul style="list-style-type: none"> • erwartet attentional tunneling: Wechsel der Aufmerksamkeit möglich 	Versuchsaufbau im Tower mit holografischen, transparenten Rückprojektionsscheiben <ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung der Head-Down-Zeiten zum Lesen der Information Head-Up erwartet • Aufbau eignet sich auch für Tageslicht 	

Tabelle 34: Anhänge des Technologiedatenblatts Projektion auf halbtransparente Scheiben (ID 1033), mit dem Kontext ... |*Verkehrskontrollsysteme*|*Flugsicherung*

Durch den Katalog erfährt der Entwickler, dass zu viele Informationen auf der Scheibe dazu führen können, dass der Mensch die dargebotene Informationsmenge nicht mehr verarbeiten

kann. Dieses Phänomen wird als Cutter-Effekt bezeichnet und beschreibt einen Mangel der menschlichen Informationsverarbeitung. Das Auftreten von Cutter-Effekten wurde durch Fürstenau et al. (2004) anhand eines Versuchsaufbaus mit für die Flugsicherung typischen Aufgaben nachgewiesen. Die Übertragbarkeit der Erkenntnisse ist aufgrund der Übereinstimmung von Technologie und Kontext als sehr hoch zu betrachten. Für den Entwickler ergeben sich daraus Restriktionen bei der darstellbaren Informationsmenge. Die darzustellenden Informationen sind mit äußerster Sorgfalt auszuwählen, um die Gefahr von Cutter-Effekten zu vermeiden. Eine reduzierte Darstellung von Informationen ist zu bevorzugen.

Weiterhin kann der Entwickler dem Katalog entnehmen, dass anhand von abstrakten Flugsicherungsaufgaben keine Vorteile einer transparenten Darstellung gegenüber einem optimal ausgerichteten Head-Down-Display festzustellen sind (Fürstenau et al. 2004). Diese Aussage betrifft direkt das gesuchte Potential, da durch die Einblendung der Informationen in das Sichtfeld mit einer Zeitersparnis und weiteren positiven Folgen gerechnet wird. Um diesen Punkt im Rahmen der Bewertung sinnvoll einfließen lassen zu können, muss der Entwickler die Frage klären, was in diesem Fall unter einem optimal ausgerichteten Display zu verstehen ist. Beschäftigt sich der Entwickler mit der dem Katalog angehängten Originalquelle, so stellt er fest, dass der Versuchsaufbau auf minimale Kopfbewegungen ausgerichtet war. Für den operativen Einsatz scheint ein adäquater Aufbau aufgrund der Vielzahl an Informationen und Systemen kaum realistisch. Der Autor kündigt weitere Untersuchungen an.

Peterson et al. (2007) untersuchten, in dem dem Technologiedatenblatt angefügten Paper, die technischen Parameter einer großflächigen holografischen Scheibe. Sie beschreiben die Vision, diese Scheibe als einen großflächiges Augmented Reality (AR) Layer im Tower einzusetzen, um so die bestehenden Probleme des eingeschränkten Field of View herkömmlicher HUD zu umgehen. Dabei überprüfen sie auch, inwieweit die Transparenz der Scheibe die Sehschärfe des Fluglotsen beeinträchtigt. Das Ergebnis ist überraschend, da keine negative Beeinträchtigung durch die halbtransparente Scheibe festgestellt werden kann. Weitere Untersuchungen sollen folgen.

Schmidt et al. (2006) beschreiben u. a. einen erstellten Versuchsaufbau mittels nicht-kollimierter, holografischer, transparenter Rückprojektionsscheiben im alten Tower Dresden. Er geht jedoch nicht auf Ergebnisse eigener Untersuchungen ein. Die Aussagen hinsichtlich der Costs und Benefits beschreiben lediglich Erwartungen, weshalb diese hier nicht weiter aufgeführt werden.

Die dem Technologiedatenblatt der „Projektion auf halbtransparente Scheiben“ zugeordneten Publikationen ermöglichen es dem Entwickler, die Costs und Benefits hinsichtlich der für ihn relevanten Faktoren zu bewerten. Die so gewonnenen Erkenntnisse sind für eine abschließende Bewertung des Produktkonzepts jedoch nicht ausreichend. Dennoch liefert der Katalog dem Entwickler weitere Anhaltspunkte dafür, wo er nach weiteren Informationen suchen kann. In diesem Fall liefert ihm die angehängte Datei zwar wenige inhaltliche Erkenntnisse, dafür sind die bibliografischen Angaben jedoch umso wertvoller für eine anschließende Recherche außerhalb des Katalogs. Erste Anhaltspunkte für eine weiterführende Recherche können der Autor, der Ort der Veröffentlichung oder die verwendeten Quellen darstellen.

Die Durchführung einer eigenen Recherche kann zeitintensiv und, unter Umständen, ergebnislos verlaufen, zumal es sich bei dem gesuchten System um etwas Neues, noch im Ganzen

Unerforschtes handelt. Der Katalog muss deshalb andere Möglichkeiten zur Überprüfung des Produktkonzepts zur Verfügung stellen. Das dem Katalog zugrunde liegende Wirkprinzip basiert auf der Bildung von Analogien. Dies soll dem Entwickler einen Wissenstransfer aus anderen Bereichen ermöglichen. Wie Abbildung 72 verdeutlichen soll, stehen dem Entwickler für diese Aufgabe zwei Dimensionen zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um einen Wissenstransfer aus einem analogen Kontext oder bezüglich einer ähnlichen Technologie. Dabei gehört es zur Aufgabe des Entwicklers, die vorhandenen Costs und Benefits hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit kritisch zu hinterfragen.

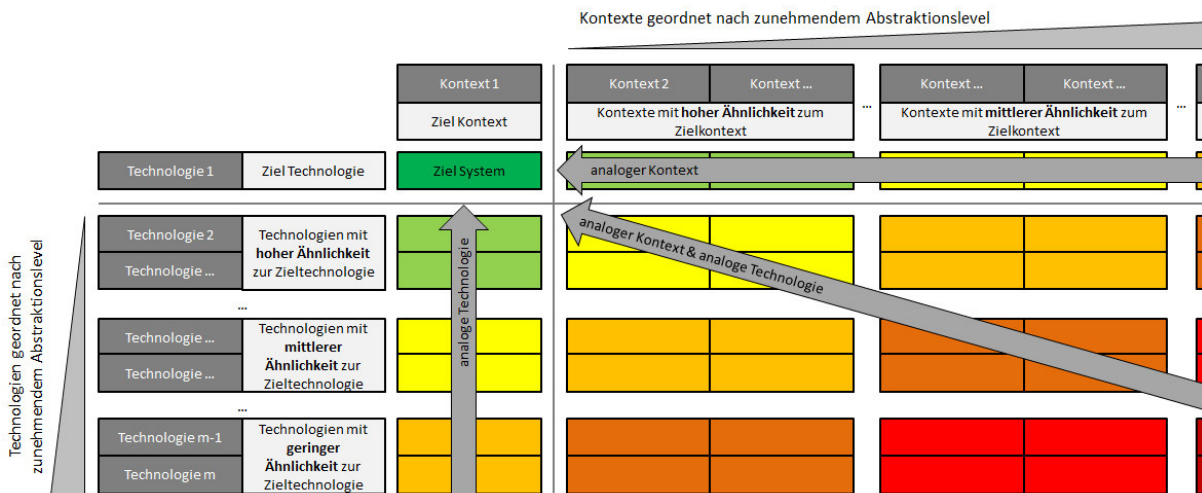


Abbildung 72: Möglichkeiten des Analogietransfers mithilfe des Technologiekatalogs mit Darstellung des Abstraktionslevels (grün = gering – rot = hoch)

Im Fall der halbtransparenten Projektionsscheiben lassen sich, anhand des Kataloges nur wenige Kontexte identifizieren, in denen diese Technologien zur Anwendung kommen. Eine große Verbreitung dieser Technologie scheint es im Bereich der Werbetechnik (*öffentliche Systeme\Auskunftssysteme*) zu geben, da zu diesem Bereich einige Anhänge vorhanden sind.

Die Verwendung der Technologie in Schaufensterscheiben, um potenzielle Kunden auf die neuesten Angebote aufmerksam zu machen, ist für den Zielkontext lediglich von geringer praktischer Relevanz. Die einzige Erkenntnis, die hieraus gewonnen werden kann, betrifft die Eignung von holografischen, halbtransparenten Projektionsflächen für den Einsatz bei Tageslicht. Die gezielte Lenkung des Lichts in das Auge des Betrachters reicht im Bereich der Werbetechnik aus, um Informationen auch bei Tageslicht gut erkennen zu können, wie sich aus dem Datenblatt des Herstellers herauslesen lässt. Allerdings gilt es zu beachten, dass es sich bei Werbung um kein sicherheitskritisches System handelt. Die Verwendung von Diffusionsscheiben eignet sich nur unter stark kontrollierten Lichtbedingungen, welche im Tower nicht vorhanden sind. Die Betrachtung der vorhandenen Kontexte ist im vorliegenden Fall, aufgrund der fehlenden Ähnlichkeit nicht hilfreich.

Als Alternative ist eine Betrachtung der Costs und Benefits von ähnlichen Technologien möglich. Die Betrachtung sollte dabei zunächst auf den Zielkontext beschränkt werden, kann aber später auf andere Kontexte ausgeweitet werden. Das Wissen über den prinzipiellen Aufbau der Technologie vereinfacht die Interpretation der Übertragbarkeit.

Ähnliche Technologien wurden bereits im Kapitel 5.3.2. definiert. Die 43 Datensätze der ähnlichen Technologien verteilen sich wie folgt auf die entsprechenden Bereiche:

Verteilung der Publikationen (Anhänge)	Kontext – Domäne	Schwerpunkte	
		Kontext	Technologie
58 %	Bewegungsprozesse	Fahrzeug (PKW)	HUD
		Luftfahrzeuge	HUD OHMD
33 %	Informationsprozesse	Verkehrskontrollsysteme (Flugsicherung)	HUD OHMD
9 %	Produktionsprozess	Montagesysteme (Montage)	OHMD VNA

Tabelle 35: Verteilung der den relevanten Technologiedatenblättern angehängten Publikationen

Aus der Sparte der HUD-Technologie (vgl. Tabelle 36) ist bekannt, dass die Anzeige von Informationen eine bessere Informationsintegration im Vergleich zu herkömmlichen Displays ermöglicht. Das heißt, dass ein HUD eine bessere Zuordnung von Informationen und Objekt ermöglicht. Nach Isselmann (2009) führt die Verwendung von HUD zu einer Veränderung der Head-Up- und Head-Down-Zeitanteile. Demnach kommt es zu einer Erhöhung der Head-Up-Anteile – was den Erwartungen des Entwicklers entspricht. Dabei bemängelt Isselmann (2009) den relativ kleinen Bereich der Sichtbarkeit der HUD-Anzeige, welche kommerzielle HUD heutzutage aufweisen. Dieser Punkt kann durch die Verwendung einer holografischen Projektionsscheibe jedoch vernachlässigt werden (Peterson et al., 2007).

Anmerkung: Der Mangel des kleinen Sichtbereichs kommerzieller HUD gibt dem Entwickler gleichzeitig den Hinweis. Er muss sich bei der Auslegung des Produktes Gedanken machen, von welchen Positionen aus die Information auf der Scheibe sichtbar sein sollen bzw. müssen, zumal die ausgewählte holografische Scheibe das Licht gezielt in das Auge des Betrachters lenken soll.

Technologie:		Kontext:
HUD		... Verkehrskontrollsysteme\Flugsicherung
Quelle	Cost	Benefit
Human factors issues in head-up display design: the book of HUD (Weintraub & Ensing, 1992)		<ul style="list-style-type: none"> • begünstigt eine bessere Informationsintegration im Vergleich zu herkömmlichen Displays
Bewertung und Anwendung innovativer Medientechnik in der Flugsicherung (Isselmann, 2009)	<ul style="list-style-type: none"> • HUD-Projektion nur in einem 100x100-cm-Sichtfeld vollständig sichtbar 	<ul style="list-style-type: none"> • weniger häufige Wechsel zwischen Head-Up- und Head-Down-Zeiten • Verkürzung der Head-Down-Zeiten
Head-Up displays and visual attention: Integrating data and theory (Stuart, Mc Anally & Meehan, 2001)	<ul style="list-style-type: none"> • keine Verbesserung der geteilten Aufmerksamkeit • keine reduzierten Anforderungen an Scanning-Aufgaben 	<ul style="list-style-type: none"> • verbesserte Kollimation • überlegene Eigenschaften durch verwendete Symbologie • Vorteile großteils gestaltungsabhängig
...	<ul style="list-style-type: none"> • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • ...

Tabelle 36: Anhänge des Technologiedatenblatts HUD (ID 1034), mit dem Kontext ... |Verkehrskontrollsysteme|Flugsicherung

Stuart et al. (2001) stellen fest, dass die Vorteile von HUD-Systemen primär durch die verwendete, reduzierte Darstellung zustande kommen. Anhand eines kollimierten Systems konnte keine Verbesserung der geteilten Aufmerksamkeit nachgewiesen werden. Weiterhin trägt die Verwendung eines HUD nicht zur Reduzierung der Anforderungen an den Menschen bei.

Der Technologie der Optical-see-through-Head-mounted-Displays wird nach Neveu, Blackmon & Stark (1998) eine reduzierte Belastung des okulomotorischen Systems zugeschrieben. Auch kommt es zu weniger Fokussiervorgängen, was eine geringere Ermüdung zur Folge hat.

Reisman & Ellis (2003) weisen ein verbessertes Situationsbewusstsein bei schlechten Sichtbedingungen (z. B. durch Nebel etc.) sowie eine reduzierte Arbeitsbelastung von Fluglotsen bei der Verwendung eines OHMD nach. Reisman & Brown (2006) bestätigen darüber hinaus die prinzipielle Eignung der AR-Technik auf Basis von Lotsenaussagen.

Technologie: Optical-see-through-Head-mounted Display (O-HMD)		Kontext: ...Verkehrskontrollsysteme\Flugsicherung
Quelle	Cost	Benefit
Evaluation of the effects of head mounted display on accommodation (Neveu et al., 1998)	–	<ul style="list-style-type: none"> • reduziert die Belastung auf das okulomotorische System des Betrachters, da die menschliche Akkommodation verhältnismäßig träge auf Blickwechsel reagiert (200–400 ms) • visuelle Aufgaben gestalten sich aufgrund der abnehmenden Fokussierungsvorgänge weniger ermüdend, insbesondere bei Controllern über 40 Jahren
Augmented reality for air traffic control towers (Reisman & Ellis, 2003)		<ul style="list-style-type: none"> • verbessertes Situationsbewusstsein, insbesondere bei schlechten Sichtbedingungen oder anderen Sichtbehinderungen • die durch ein HMD verbesserte Informationsintegration und -präsentation führt zu einer reduzierten mentalen Belastung
Design of Augmented Reality Tools for Air Traffic Control Towers (Reisman & Brown, 2006)	<ul style="list-style-type: none"> • 20 % Transmissions-grad sind nicht ausreichend • nicht kompensier-barer Einfluss der Beleuchtung auf das OHMD Display • mangelnder Tragekomfort • Darstellungsmethode war hinsichtlich der Information und der Symbolik nicht befriedigend 	<ul style="list-style-type: none"> • positive Rückmeldung zur prinzipiellen Eignung von AR-Technik im Tower zur Unterstützung der Arbeitsaufgabe • gute Eignung als Warnsystem • Unterstützung schlechter Sicht- und Wetterbedingungen
...	...	• ...

Tabelle 37: Anhänge des Technologiedatenblatts O-HMD (ID 1022), mit dem Kontext ...|Verkehrskontrollsysteme\Flugsicherung

Die bisherigen Erkenntnisse über die Bewertung der Leistungsfähigkeit einer holografischen Scheibe lassen sich kurz zusammenfassen. Die Nutzung einer holografischen Scheibe im Kontext der Flugsicherung führt bei richtiger Gestaltung voraussichtlich zu:

- einer Erhöhung der Head-Up-Zeiten, was häufig mit einer Erhöhung der Sicherheit gleichgesetzt wird,
- einer Erhöhung der Sicherheit und Minderung der mentalen Belastung bei hoch beanspruchenden Situationen unter schlechten Sichtbedingungen,
- einer geringeren Belastung der Augen aufgrund der geringeren Anzahl an Fokussiervorgängen,
- einer Erhöhung der für die Situationserfassung verfügbaren Zeitanteile aufgrund geringerer Akkomodationswechsel,
- die Verwendung einer holografischen Scheibe führt zu keiner Reduzierung der Anforderung an den Lotsen.

Bisher wurde keine direkte Aussage gefunden, welche sich auf eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit bezieht. Eine weitere Ausdehnung der Betrachtung auf ähnliche Technologien in ähnlichen Kontexten ist daher sinnvoll, um weitere Unsicherheiten abzubauen. Insbesondere eignet sich hierzu der Bereich der Flugzeuge, aufgrund der ähnlichen Informationen.

Ergebnisse der Bewertung

Aufgrund der dargelegten Informationen und dem vorhandenen Wissen aus anderen Bereichen, vermittelt durch den Katalog, ist der Entwickler in der Lage, die tatsächliche Leistungsfähigkeit einer Technologie durch Wissenstransfer objektiv einzuschätzen. Die vorhandenen Informationen zu Risiken und Nutzen zeigen Einschränkungen auf, welche bereits durch den Katalog für alle nachvollziehbar dokumentiert wurden. Der Entwickler kann diese Erkenntnisse sowie die sich daraus ergebenden Restriktionen in seiner Entscheidungsfindung berücksichtigen und bereits frühzeitig versuchen, Risiken zu kontrollieren.

Mithilfe des durch den Katalog vermittelten Wissens ist der Entwickler ebenfalls in der Lage, bestehende Produktkonzepte zu hinterfragen und offene Punkte gezielt abzuklären, wie auch im Falle des iPort-Projektes geschehen. Im Rahmen der ausgedehnten Suche zu anderen Technologien und Kontexten wurde die Frage aufgeworfen, ob die Herstellung einer ortskorrekten Darstellung in allen drei Raumrichtungen für die Arbeit des Fluglotsen tatsächlich notwendig ist oder ob eine zweidimensionale Ortskorrektheit ausreichend ist.

Der Aufbau einer nicht kollimierten Darstellung (zweidimensionale Ortskorrektheit) hätte zur Folge, dass das LFZ in der Außensicht und als virtuelle Information auf der Scheibe vom Lotsen aufgrund der unterschiedlichen optischen Tiefen nicht gleichzeitig scharf wahrgenommen werden kann. Verzichtet man auf eine Kollimation, so ist der Lotse lediglich in der Lage, auf eine der beiden Darstellungen (AR-Layer oder Außensicht) zu fokussieren. Es wären lediglich quasi-kontaktanaloge Darstellungen mit einer zweidimensionalen Ortskorrektur möglich.

Zum Zeitpunkt der Festlegung war nicht klar, ob für den Lotsenarbeitsplatz tatsächlich der Bedarf an einer kollimierten Darstellung besteht. Ein dem Katalog angehängtes Dokument

(Verordnung Technologie: ...*HUD*; Kontext: *Bewegungsprozess*\...\i>Flugzeug), welches sich mit der Untersuchung der Verwendung stereoskopischer Informationsdarstellung im Flugzeug (vgl. Kaiser, 2004) befasst, weist auf eine Erhöhung der Sicherheit durch mehr Zeit bei der Situationserfassung hin. Dies kann auch bei unvollständigen Akkommodationswechseln nachgewiesen werden. So ist es für den Piloten nicht notwendig, die Landebahn scharf zu sehen, wenn es lediglich um eine Überprüfung geht, ob die Landebahn frei ist.

Ähnliche Phänomene könnten sich auch bei Arbeit des Fluglotsen einstellen, zumal er für die Überprüfung der korrekten Position eines LFZ nicht zwingend die Flugzeugkennung des LFZ überprüfen muss – in der Regel reichen einfachere Erkennungsmerkmale wie zum Beispiel eine airline-typische Lackierung aus, um Verwechslungen auszuschließen. Die Klärung dieser Frage wurde zu einem Ziel innerhalb des iPort-Projektes erklärt. Deshalb wurde bei dem neuen Produktkonzept auf die Eigenschaft einer kollimierten Darstellung verzichtet.

5.4. Nutzeranforderungen spezifizieren

Die Aufgabe, die der Entwickler des innovativen Arbeitsmittels in diesem Prozessschritt zu bewältigen hat, besteht in der Beschreibung der erwünschten Soll-Eigenschaften. Diese gilt es, in überprüfbare Anforderungen zu überführen.

In Kapitel 3. wurden bereits einige grundlegende Möglichkeiten zur Erhebung der Anforderungen beschrieben. Zukünftig erhält der Entwickler mit dem Katalog ein Unterstützungssystem, welches ihm ermöglicht, innerhalb kürzester Zeit valide Anforderungen für sein Zielsystem zu erheben.

Dies wird in erster Linie durch die den Technologiedatenblättern angehängte Literatur und den Transfer des dort enthaltenen Wissens in den Zielkontext möglich.

Die zusätzliche Zuordnung der Literatur zu einem bestimmten Kontext vereinfacht die vom Entwickler zu prüfende Übertragbarkeit. Bei der dort verordneten Literatur handelt es sich primär um wissenschaftliche Veröffentlichungen. Diese stellen in der Regel die Vor- bzw. Nachteile einer Lösung für einen bestimmten Kontext kritisch dar.

Die Erhebung der Costs und Benefits findet anhand kommerzieller Produkte oder adäquater Versuchsaufbauten statt. Die Ergebnisse können unter Umständen stark von dem Versuchsdesign und dem eingesetzten Untersuchungsgegenstand beeinflusst werden. Die Paper stellen somit eine Bewertung des Untersuchungsobjektes dar. Um die Ergebnisse nachvollziehbar zu gestalten, werden in der Regel die für die Untersuchung relevanten Parameter und technischen Eigenschaften der Umsetzungen mit angegeben.

Im Teil der Anforderungsermittlung greift der Entwickler gezielt auf die technischen Eigenschaften zu, welche einen bestimmten Nutzen oder ein bestimmtes Risiko fördern, und formuliert diese Eigenschaft in Anforderungen um. Bei den so ermittelten Anforderungen handelt es sich nicht um Mindestanforderungen, wie sie z. B. in Normen definiert werden, sondern um Eigenschaften, die sich für einen bestimmten Arbeitskontext bereits bewährt haben. Die Extraktion der Eigenschaften guter Praxisbeispiele soll zusätzlich zu einer höheren Qualität des zu entwickelnden Produktes beitragen.

Über das Paper von Peterson et al. (2007) ist es z. B. möglich, die genaue Typenbezeichnung der verwendeten holografischen Scheibe zu ermitteln, um technische Daten wie z. B. Transparenzwerte der eingesetzten Scheibe oder Parameter der Projektion in Erfahrung zu bringen, die zu den im Paper beschriebenen Eigenschaften führen und den Untersuchungen zufolge keinen negativen Einfluss auf die Arbeit des Lotsen haben.

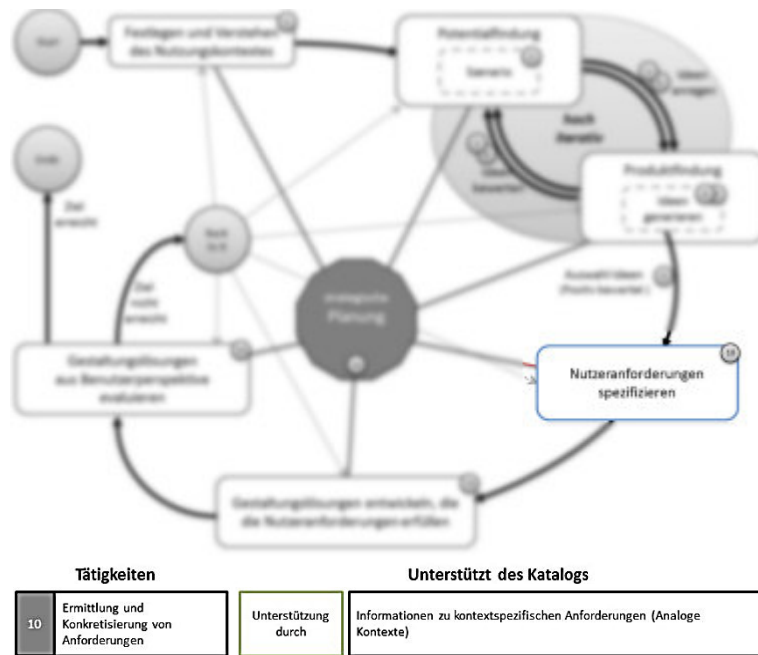


Abbildung 73: Orientierungshilfe „Nutzeranforderungen spezifizieren“ und im Rahmen des Kapitels 5.4 behandelte Unterstützung des Prozesses durch Verwendung des Katalogs

Neben dem direkten Wissen ist, auch in dieser Phase, wieder ein Wissenstransfer aus ähnlichen Bereichen, analog zur Ermittlung der in Kapitel 5.3.3. beschriebenen Vor- und Nachteile, möglich, wie exemplarisch am Beispiel der visuellen Darstellung verdeutlicht werden soll.

Der Schwerpunkt einer visuellen Informationsdarstellung besteht in der Darstellung von Informationen. Diese müssen zunächst vom Menschen wahrgenommen, dann interpretiert und anschließend verarbeitet werden. Bei der Darstellung von Informationen auf einer transparenten Scheibe für einen Tower der Flugsicherung besteht eine besondere Herausforderung darin, die Informationen so darzustellen, dass die Informationen zum einen trotz schwieriger und wechselnder Lichtbedingungen immer gut lesbar sind. Zum anderen besteht die Herausforderung darin, dass der Hintergrund der Information sich abhängig vom Standpunkt des Lotsen, den Vorkommnissen in der Außensicht und den betrachteten Objekten kontinuierlich verändert. Beide Aspekte können sich auf die Lesbarkeit der abgebildeten Informationen, z. B. durch einen veränderten Kontrast, auswirken.

Der Entwickler ist mithilfe des Kataloges in der Lage, geeignete Quellen für die Übertragbarkeit zu identifizieren. Wie im Kapitel 5.3.3. bereits dargelegt, ist das vorhandene Wissen bezüglich der Gestaltung und Auslegung von ähnlichen Technologien im Bereich der Bewegungsprozesse am größten. Schwerpunkte liegen, wie sich leicht feststellen lässt, auf der Gestaltung von HUD im PKW und im LFZ-Bereich.

Der Entwickler muss sich zunächst die Frage nach der Übertragbarkeit stellen. Die Übertragbarkeit wird untergliedert in die Übertragbarkeit der Technologie, der Aufgabe und der Umgebungsbedingungen. Diese werden im Folgenden näher erläutert.

Übertragbarkeit der Technologie

Hinsichtlich der oben genannten Herausforderungen (unterschiedliche und schwierige Lichtbedingungen, Lesbarkeit bei wechselndem Hintergrund) sollte eine Übertragbarkeit zwischen einem HUD und der Projektion auf eine holografische Scheibe großteils gewährleistet sein, zumal der wesentliche Unterschied in der Darstellung lediglich im wahrgenommenen Ort der Anzeige besteht.

Übertragbarkeit der Aufgabe

Die prinzipiellen Aufgaben bei der Führung eines PKW, beim Führen eines LFZ und bei der Arbeit des Fluglotsen unterscheiden sich auf den ersten Blick. So handelt es sich bei einem Fahrzeug in der Regel um eine zweidimensionale, bei einem Flugzeug um eine dreidimensionale Bahnführungsaufgabe. Die Verwendung eines HUD trägt in beiden Fällen dazu bei, wichtige Informationen in die Außensicht des Fahrers/Piloten einzublenden. Die Aufgabe besteht im Entdecken und Erkennen von relevanten Merkmalen in der Außensicht, bei gleichzeitiger Überwachung und Regelung der Bahnführungsaufgabe. Die Aufgabe ist gekennzeichnet durch Elemente des optischen Scannings bei gleichzeitiger Durchführung einer Nebenaufgabe und durch Reaktion auf neue Rahmenbedingungen. Primäre Informationsquelle bei der sicherheitsrelevanten Aufgabe ist dabei die Außensicht. Eine Übertragbarkeit der grundlegenden Elemente sollte gewährleistet sein, da bei sicherheitskritischen Anwendungen ein zuverlässiges und schnelles Entdecken und Erkennen der abgebildeten Zeichen und Symbole wichtig ist.

Übertragbarkeit der Umgebungsbedingungen

Die Umgebungsbedingungen sind die wesentlichen Aspekte bei der Auslegung der visuellen Informationsdarstellung. Die Head-Up-Anzeige im Fahrzeug sowie im Flugzeug müssen dabei bei unterschiedlichen Lichtbedingungen (Tag, Nacht ...) und Sichtbedingungen (Nebel, Regen ...) zuverlässig funktionieren. Abbildung 74 bis Abbildung 76 stellen eine Gegenüberstellung der Außensicht, anzutreffen im Tower, im LFZ und im PKW, dar.



Abbildung 74: Sicht aus dem „alten“ Tower Frankfurt (Welt Online, 2013)



Abbildung 75: Head-Up-Display einer F/A-18C (Navy, 2013)



Abbildung 76: HUD eines PKW – BMW 730D (designs-world-of-weblog, 2009)

Die Sicht aus dem Tower ist gekennzeichnet durch große Asphaltflächen, welche durch Grünflächen unterbrochen werden. LFZ heben sich durch bunte Lackierungen davon ab. In größerer Entfernung stehen verschiedenfarbige Gebäude vor einem Bergpanorama. Auch der Himmel ist zu erkennen. Die Helligkeit nimmt von unten nach oben zu. Bei dem LFZ ist ein eher monotonen Farbspektrum der Außensicht mit geringeren Unterbrechungen und weniger schroffen Übergängen zu erkennen. Eine weitaus größere Vergleichbarkeit zum Tower weist die Sicht aus einem PKW auf. Straßen im Untergrund haben ein ähnliches Farbspektrum wie der Asphalt der Start- und Landebahnen. Seitenstreifen sind häufig begrünt und wandern z. B. bei Kurvenfahrten in den Hintergrund der HU-Anzeige. Andere Fahrzeuge weisen ebenfalls bunte Lackierungen auf und stellen, z. B. bei Autobahnfahrten, einen Hintergrund für die HU-Anzeige dar. Der Entwickler kann daraus schließen, dass den Eigenschaften, welche dem KFZ-Bereich entnommen werden, der Vorrang gegenüber den Eigenschaften aus dem LFZ-Bereich gegeben werden sollte.

Eine Analyse des angehängten Papers führte u. a. zu den in Tabelle 38 dargelegten Anforderungen.

Quelle	Anforderung	Begründung	Kontext
Entwicklung und Erprobung eines kontaktanalogen Head-Up-Displays im Fahrzeug (Schneid, 2009)	Kontrastverhältnis von mindestens 500:1	Kontrastverhältnis soll die Ablesbarkeit auch unter starker Sonneneinstrahlung gewährleisten	PKW
Entwicklung und Erprobung eines kontaktanalogen Head-Up-Displays im Fahrzeug	Leuchtdichte von mindestens 5000 cd/m ² ; bei besonders heller Umgebung sind Werte	Annahme wurde aus KFZ-Bereich übernommen; Ziel ist es, die	PKW / LFZ

<p>zeug (Schneid, 2009)</p> <p>Human factors issues in head-up display and design: the book of HUD (Weintraub & Ensing, 1992)</p>	<p>von 6900–10300 cd/m² anzustreben</p>	<p>Ablesbarkeit des Displays auch bei z. B. starker Sonneneinstrahlung gewährleisten zu können</p>	
<p>Sichere und ergonomische Nutzung von Head-Up Displays im Fahrzeug (Miličić, 2010)</p> <p>Human factors issues in head-up display and design: the book of HUD (Weintraub & Ensing, 1992)</p>	<p>60 Pixel pro Grad, da das menschliche Auge nicht mehr auflösen kann; 16 Zeilen pro Buchstabenhöhe, 20 Zeilen bei Symbolen</p>	<p>ausreichende Auflösung gewährleisten Lesbarkeit</p>	<p>PKW / LFZ</p>
<p>Sichere und ergonomische Nutzung von Head-Up Displays im Fahrzeug (Miličić, 2010)</p>	<p>die durch das HUD eingeblendeten Informationen verdecken keine wichtigen Objekte in der Außenwelt; Deconflicting von Informationen erforderlich</p>	<p>Überdecken/Überlappen von Symbolen oder Texten im HUD ist unbedingt zu vermeiden; dies vermindert die Übersichtlichkeit und führt zu einer überfrachteten Anzeige</p>	<p>PKW</p>
<p>Sichere und ergonomische Nutzung von Head-Up Displays im Fahrzeug (Miličić, 2010)</p> <p>Straßenfahrzeuge – Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen – Anforderungen und Bewertungsmethoden der visuellen Informationsdarstellung</p>	<p>Schriftgröße von 25' (ca. 0,4°) Sehwinkel</p>	<p>Gewährleistung der Lesbarkeit. Hinweis: Die Zeichenhöhe ergibt sich dann zu $h = (d \cdot \alpha) / 3438$ mit h: Zeichenhöhe [m] d: Sichtabstand [m] α: Sichtwinkel [°]</p>	<p>PKW</p>

im Fahrzeug (EN ISO 15008, 2009)			
Design Criteria Standard: Human Engineering (MIL-STD-1472, 1999)	transparente Projektionsflächen müssen einen ausreichenden Transmissionsgrad aufweisen; MIL-STD-1472F nennt einen Transmissionsgrad von mindestens 70 % entlang der Sichtlinie	reales Bild bleibt beim Blick durch die Projektionsfläche ausreichend sichtbar (Tages-/Nachtzeit und meteorologische Lichteinflüsse)	Flugsicherung / LFZ
Human factors issues in head-up display and design: the book of HUD (Weintraub & Ensing, 1992)	Verhältnis von Zeichenbreite zu Zeichenhöhe sollte zwischen 0,6 und 0,8 liegen		LFZ
Human factors issues in head-up display and design: the book of HUD (Weintraub & Ensing, 1992)	minimale Größe der Zeichenmatrix muss 7x9 px betragen		LFZ
Towards determination of visual requirements for augmented reality displays and virtual environments for the airport tower (Ellis, 2006)	Field of View sollte mindestens 60° betragen	Dieser Wert stammt aus der Luftfahrt. In einer Studie zu diesem Wert (beim Einsatz von HMD im Bereich der Towerlotsen) wurde festgestellt, dass ab einem Wert von ca. 50° Gesichtsfeld sich die Leistungen der Probanden asymptotisch einer Grenze annäherten.	Flugsicherung
...

Tabelle 38: Einige ausgewählte Anforderungen auf Basis des angewandten Technologietransfers (Bruder, König, Hofmann & Röbig, 2012b)

Eine weitere Möglichkeit, Anforderungen zu ermitteln, liefern die den Produkten angehängten Datenblätter. Die dort dargestellten Informationen lassen sich in der Regel jedoch nicht einem konkreten Kontext zuordnen. Dennoch können sie dem Entwickler weitere Hinweise zu potenziellen Anforderungen liefern. Sie können ihn darüber hinaus bei der Klärung von Anforder-

derungen und Zielkonflikten unterstützen. Der wesentliche Vorteil der meisten Produkte besteht darin, dass diese bereits physisch vorhanden sind. Häufig ist es möglich, diese für wenig Geld zu leihen oder zu begutachten. Dies ermöglicht die Klärung von Zieleigenschaften anhand eines einfachen A/B-Tests durch Nutzer. Der Entwickler ist anschließend in der Lage, die relevanten technischen Daten aus den Datenblättern des Produkts mit den besten Bewertungen zu extrahieren und als Anforderungen für die Neuentwicklung zu formulieren.

Die Verwendung des Katalogs fungiert in diesem Fall lediglich als Unterstützung und ist mit Anforderungen aus entsprechenden Normen und Richtlinien abzugleichen bzw. mit entsprechenden Anforderungen zu ergänzen.

5.5. Erarbeiten von Gestaltungsentwürfen, die die Nutzeranforderungen erfüllen

Das Ziel der Phase „Erarbeitung von Gestaltungsentwürfen, die die Nutzeranforderungen erfüllen“ liegt in der Festlegung und Gestaltung von konkreten Lösungen.

Ein Mensch-Maschine-System muss dabei auf unterschiedlichen Ebenen gestaltet werden (Moran, 1981; Wandke, Oed, Metzker, Ballegooy & Nitschke, 2010). Die relevanten Ebenen sind in Abbildung 34 dargestellt. Im Folgenden wird die Anwendung des Prozesses und des Katalogs anhand der Ebene der Informationscodierung erläutert.

Ziel der Codierung ist es, die zur Erfüllung der Aufgabe notwendigen Informationen so darzustellen, dass diese von dem Nutzer des Systems schnell, einfach und eindeutig erkannt und verarbeitet werden können.

In einem ersten Schritt wurden, anhand der Nutzungskontextanalyse, relevante Informationen für die Aufgaben des Fluglotsen identifiziert. Parallel dazu wurden die Anhänge des Katalogs nach vorhandenen Darstellungsmöglichkeiten durchsucht, um diese mit den bereits vorhandenen Anforderungen abzugleichen. Das Vorgehen bei der Verwendung des Kataloges war analog zur Unterstützung der Ermittlung der Anforderungen und wird daher im Folgenden nicht näher beschrieben.

Die so gesammelten Entwürfe wurden zusammen mit einer Expertengruppe, bestehend aus aktiven und ehemaligen Fluglotsen, hinsichtlich ihrer Darstellbarkeit und dem daraus resultierenden Mehrwert bei Darstellung auf einer transparenten Scheibe diskutiert. Dies führte zu einer Selektion von Informationen, lieferte aber auch neue Anforderungen für die Gestaltung.

In einem nächsten Schritt wurde die Expertengruppe mit bereits existierenden Darstellungen aus dem Katalog konfrontiert und gebeten, diese zu bewerten. Um einen möglichst realistischen Eindruck zu erhalten, wurden die Darstellungen auf einer transparenten Scheibe dargestellt. Aus Kostengründen und wegen der schnelleren Verfügbarkeit fand die Präsentation jedoch nicht auf einer holografischen Scheibe, sondern auf einer Diffusionsscheibe statt. Die technologischen Nachteile der Diffusionsscheibe gegenüber der holografischen Scheibe, wie geringere Transparenz oder Hot-Spot-Bildung, konnten durch den Katalog schnell recherchiert werden. Dadurch war es den Entwicklern möglich, Kommentare der Lotsen, welche sich rein auf technologische Faktoren bezogen, zu erkennen und bereits vorab herauszufiltern. Die

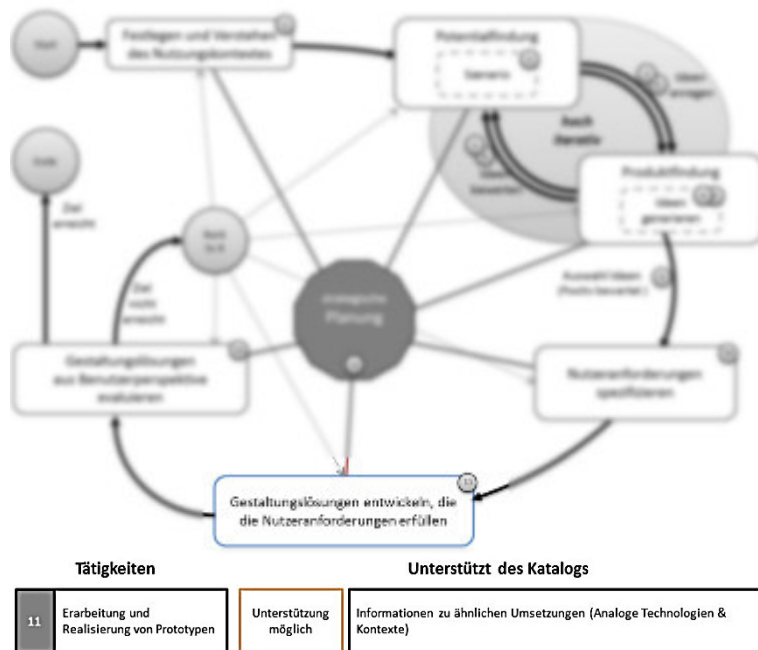


Abbildung 77: Orientierungshilfe „Gestaltungslösungen entwickeln, die die Nutzeranforderungen erfüllen“ und im Rahmen des Kapitels 5.5. behandelte Unterstützung des Prozesses durch Verwendung des Katalogs

Bewertung der Lotsen lieferte sowohl neue Anforderungen an die Codierung als auch neue Erkenntnisse hinsichtlich der Darstellbarkeit einzelner Elemente.

Die vorhandenen Entwürfe, Bewertungen und neue Anforderungen, welche sich daraus ergaben, bildeten die Grundlage für die weitere Gestaltung. Diese wurde iterativ und in Kooperation mit der Expertengruppe vorgenommen.

Auf diesem Weg ließen sich im Rahmen des Projektes, aufbauend auf vorhandenen Darstellungen aus dem Bereich der Flugsicherung und auf Basis von Anzeigen des Augmented-Reality-Bereichs, geeignete Darstellungskonzepte erarbeiten. Dabei wurde auf eine stark reduzierte Darstellung Wertgelegt. Kerninformationen der Darstellung sind die örtliche Lage des LFZ inkl. dem Rufzeichen und einer symbolischen Aussage der Willenserklärung (\wedge = starten / \vee = landendes LFZ). Für die ortskorrekte Anzeige der LFZ-spezifischen Informationen sorgte ein Trackingsystem, welches wahlweise mit oder ohne Marker betrieben werden konnte. Weiterhin wurden auf der holografischen Scheibe ortsfeste Informationen über den aktuellen Wetterzustand integriert. Die Ergebnisse der finalen Darstellung sind in Abbildung 78 dargestellt. Im Rahmen der Entwicklung wurde insbesondere auf den vorhandenen Erkenntnissen von Reisman & Brown, (2006) und Schmidt et al. (2006) aufgebaut.

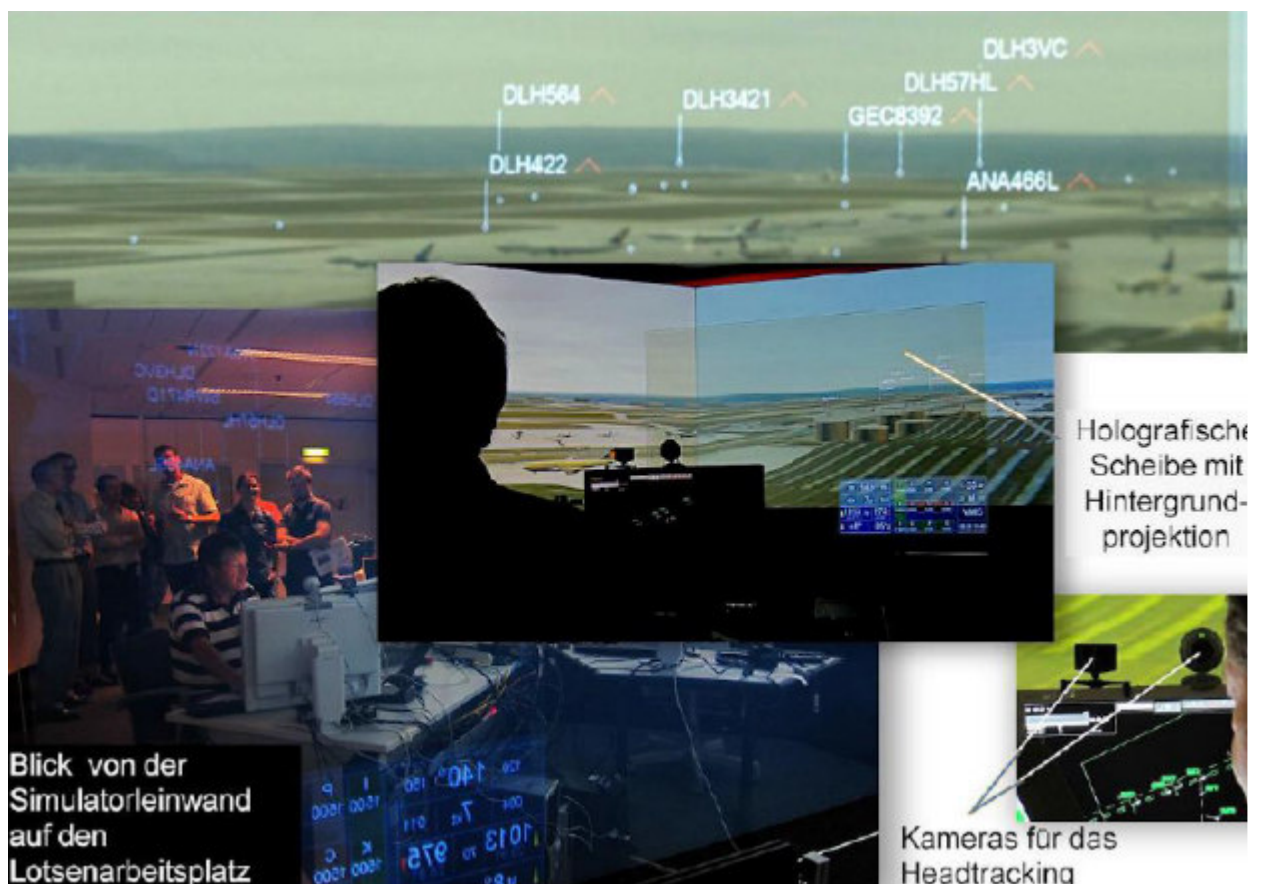


Abbildung 78: Im Rahmen des iPort-Projekts realisierter Aufbau (Türk, Dietz-Kullmann, Ehret & Ruehl, 2011)

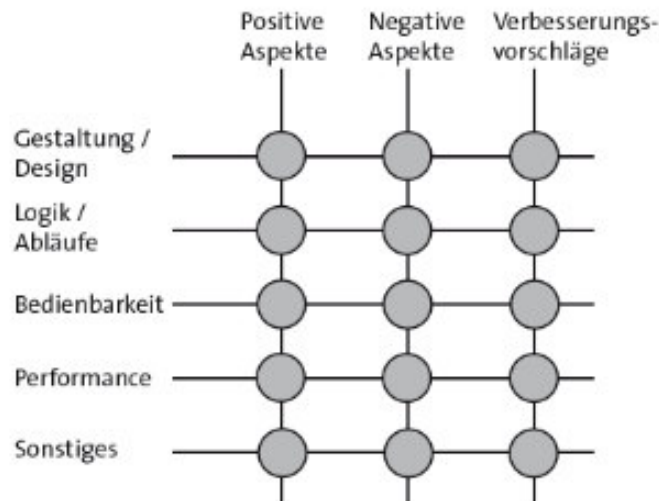


Abbildung 80: Kategorien des Interviews (Bruder, König, Hofmann & Röbig, 2012a)

Im Rahmen der finalen Evaluation wurden unterschiedliche Kennwerte erhoben. Dabei handelte es sich um:

- subjektiv empfundene Arbeitsbelastungen; erhoben durch den Fragebogen NASA-TLX (Task-Load-Index),
- Häufigkeit und Dauer der Funksprüche als Indikator für die tatsächliche Arbeitsbelastung,
- Zeitannteile der Head-Up/Head-Down-Anteile, mithilfe eines Softwaretools als Indikator für eine Veränderung der Arbeitsweise,
- visuelle Ermüdung, erhoben durch den Ermüdungsfragebogen nach Bangor (2000).

Untersucht wurden dabei unterschiedliche Sichtzustände. Dabei handelte es sich um:

- klare Sicht bei Tag,
- schlechte Sicht bei Nacht,
- schlechte Sicht bei Nebel.

Die Daten, welche in mehreren Realzeitsimulationen mit unterschiedlichen Probanden erhoben wurden, zeigen eine Unterstützung der Lotsen bei schlechten Sichtzuständen. In der Regel ist bei schlechten Sichtbedingungen mit einer Abnahme der von einem Fluglotsen pro Stunde bearbeiteten LFZ zu rechnen. Das entwickelte System ist in der Lage, die Leistungsfähigkeit der Lotsen bei schlechter Sicht mit positiv zu beeinflussen und den Leistungsabfall teilweise zu kompensieren. Die Ausschöpfung des Potentials wird allerdings nur unter schlechten Sichtbedingungen erreicht. Für eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse sei auf R. Bruder et al., 2012a verwiesen.

6. Diskussion und Ausblick

Das letzte Kapitel fasst die wesentlichen Erkenntnisse der Arbeit zusammen und diskutiert diese unter wissenschaftlichen und praktischen Gesichtspunkten. Die Arbeit schließt mit einem Ausblick.

6.1. Betrachtung unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten

Zur Unterstützung der innovativen Arbeitsmittelgestaltung wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit der Begriff der Innovation auf den Arbeitskontext übertragen. Anhand der Definition konnten notwendige Kriterien und Risiken, z. B. durch eine zu frühe Nutzerpartizipation, für eine erfolgreiche Entwicklung innovativer Arbeitsmittel definiert werden. Die Kriterien verdeutlichen den Bedarf einer prozessseitigen Unterstützung, von der Idee bis hin zur Umsetzung. Die in Kapitel 2. durchgeführte Analyse vorhandener Prozesse hinsichtlich ihrer Eignung zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel deckt vorhandene Defizite auf. Dies ist auch der Grund, weshalb in Kapitel 3. ein eigenständiger Prozess zur Gestaltung innovativer Arbeitsmittel definiert wird. Eine Betrachtung von Methoden zur Unterstützung der betrachteten Prozesse (vgl. Kapitel 2.5.2.) weist weiterhin auf eine fehlende Unterstützung auf operativer Ebene hin.

Definierter Prozess zur innovativen Arbeitsmittelgestaltung

Der neu definierte Prozess vermindert bestehende Defizite vorhandener Prozesse und ist direkt an die Entwicklung innovativer Arbeitsmittel und Produkte angepasst. Bei dem entwickelten Prozess handelt es sich bewusst um keinen Managementprozess zur Definition der strategischen Unternehmensziele. Der Managementprozess ist der Produktentwicklung vorgelagert. Vielmehr war es das Ziel, den Entwickler bzw. das Entwicklerteam unabhängig von Aufgabenverteilung und Abteilungszugehörigkeit durch definierte Prozessschritte zu unterstützen, um so die Entwicklung innovativer Arbeitsmittel gewährleisten zu können.

Der so entstandene Prozess ist dabei größtenteils der DIN EN 9241-210 nachempfunden. Hierbei handelt es sich um einen Prozess zur menschenzentrierten Gestaltung interaktiver Systeme, bei welcher der Mensch und seine Bedürfnisse im Mittelpunkt stehen. Allerdings wurden zusätzliche Phasen zur Produktkonzeption in den Prozess integriert. Die Phase der Potentialfindung soll dabei helfen, aktuelle und zukünftige Verbesserungspotentiale bereits frühzeitig zu identifizieren, um langfristig die in der Praxis vorherrschende korrektive Arbeitsgestaltung zu prospektiven Maßnahmen hin zu verschieben.

Die darauf folgende Phase der Produktfindung definiert das prinzipielle Produktkonzept und bildet damit den Grundstein für die Entwicklung innovativer Arbeitsmittel. Die Implementierung des Produktkonzepts in den Entwicklungsprozess soll dabei ein Umdenken bei der Suche nach potenziellen Lösungen zur Ausschöpfung der Potentiale ermöglichen, indem beispielsweise Systemgrenzen verschoben werden.

Der Prozess beschreibt die Einbindung des Nutzers und weiterer relevanter Personengruppen in bestimmten Prozessschritten. Insbesondere in der Arbeitswelt kann die Einführung neuer Arbeitsmittel unbeabsichtigte und massive Auswirkungen auf den gesamten Arbeitsprozess mit sich führen. Die Einbindung relevanter Personengruppen dient dabei als Qualitätssicherungsmaßnahme. Sie soll verhindern, dass am Nutzer vorbei entwickelt wird, um eine produktive Arbeitsleistung langfristig sicherstellen zu können.

Ein weiteres Sicherungswerkzeug im Rahmen des Prozesses wird durch den zusätzlichen Prozessschritt der strategischen Planung definiert. Die Aufgabe der strategischen Planung besteht in der Sicherung der langfristigen Unternehmensziele. Auch die Schaffung und Anpassung entsprechender Schnittstellen gehört in den Aufgabenbereich der strategischen Planung. Die

Verbindung des Prozesses zur menschenzentrierten Gestaltung interaktiver Systeme mit dem Innovationsprozess stellt eine Neuerung da.

Entwickeltes Katalogkonzept zur Unterstützung der innovativen Arbeitsmittelgestaltung

Weiterhin wurde im Rahmen der Arbeit ein Werkzeug zur Unterstützung der innovativen Arbeitsmittelgestaltung entwickelt. Das Vorbild für die Entwicklung dieses Werkzeuges stellten die in der Praxis bewährten Konstruktionskataloge dar. Diese funktionieren auf Basis der vollständigen Abbildung eines thematisch sehr eingeschränkten Lösungsraums. Die Übertragung dieses Wirkprinzips auf das weite Feld der innovativen Arbeitsmittel stellt sich jedoch als unmöglich heraus.

Im Rahmen der Arbeit wurde ein alternatives Wirkprinzip identifiziert, welches auf der Bildung von Analogien basiert. Dieses wurde in ein katalogähnliches Unterstützungstool zur innovativen Arbeitsmittelgestaltung implementiert.

Der so entstandene Technologiekatalog ermöglicht ein schnelles und effizientes Auffinden von Wissen und unterstützt die Übertragung dieses Wissens in das Zielsystem. Die im Katalog enthaltenen Informationskategorien wurden anhand des zuvor definierten Prozesses ermittelt, um eine optimale Unterstützung des gesamten Prozesses gewährleisten zu können. Weiterhin wurden für die Aufgabe geeignete Systematisierungen erarbeitet.

Die Anwendung des entwickelten Prozesses und des Technologiekataloges fand im Rahmen des Verbundvorhabens Innovativer Airport (iPort) in Zusammenarbeit mit der Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS), gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) statt. Die Ergebnisse demonstrieren die Eignung und Funktionsfähigkeit beider Elemente für die Entwicklung innovativer Arbeitsmittel. So wurden neben dem hier beschriebenen Augmented-Reality-Aufbau auch ein großflächiges Multitouch-Interface sowie ein haptischer Stift entwickelt, welcher aufgrund seiner Umsetzungen völlig neuartige Interaktionskonzepte ermöglicht.

Wie die Ergebnisse zeigen, ist der Katalog in der Lage, den Prozess von der Generierung neuer Ideen bis hin zur Ausgestaltung dieser zu unterstützen. Der Schwerpunkt der Unterstützung liegt dabei auf der Produktfindung, welche, neben dem Generieren der Idee, auch die Ausgestaltung und Bewertung der Produktidee beinhaltet.

Der Katalog kann darüber hinaus auch in den darauf folgenden Aktivitäten des definierten Prozesses genutzt werden. Die Unterstützung liegt hauptsächlich in einer Zeitersparnis bei der Recherche relevanter Veröffentlichungen und unterstützt bei der Einschätzung der Übertragbarkeit. Allerdings hat sich, insbesondere in den Phasen der Anforderungsdefinition, der Entwicklung von Gestaltungslösungen und der Evaluation, die Wissensextraktion aus den Anhängen als recht umständlich erwiesen. Die kam dadurch zustande, dass die angehängten Veröffentlichungen vom Entwickler nach relevanten Elementen aus den Bereichen der Anforderungen, Gestaltung und Evaluation durchsucht werden mussten. Bei einer sequenziellen Abarbeitung des Prozesses mussten einzelne Veröffentlichungen mehrfach gelesen werden, nur um festzustellen, dass diese für die betrachtete Kategorie keine relevanten Informationen enthält.

Für zukünftige Versionen des Katalogs wäre es von Vorteil, wenn der Entwickler bereits vorab eine Einschätzung erhält, für welchen Prozessschritt der Anhang relevante Informationen enthalten kann.

Die Lösung dieses Problems ist kurzfristig durch einen Eintrag des Entwicklers im Feld „Bemerkung“ möglich. Um dieses Problem langfristig und dauerhaft zu lösen, ist für kommende Generationen des Katalogs eine zusätzliche Kategorie zu implementieren. Diese soll dazu genutzt werden, die Inhalte eines Papers, ähnlich wie ein Inhaltsverzeichnis, bereits vorab darzulegen. Von einer Extraktion konkreter Merkmale, ähnlich wie bei den Costs und Benefits, ist jedoch wegen potenzieller Fehlinterpretationen aufgrund des fehlenden Kontextes Abstand zu nehmen.

Die Unterstützung des Entwicklers sowie die Funktionsfähigkeit von Prozess und Katalogkonzept konnten im Rahmen des iPort-Projektes nachgewiesen werden. Verbesserungspotentiale bestehen wie beschrieben.

6.2. Auswirkung auf die Praxis

Die Bedeutung von Innovationen ist längst nicht mehr auf den Markt der Produkte beschränkt. Auch innerhalb der Unternehmen steigt der Bedarf an Innovationen. Sei es, weil die Verwendung innovativer Arbeitsmittel im Rahmen des sich zuspitzenden Fachkräftemangels die Entscheidung der Fachkraft für oder gegen ein Unternehmen beeinflussen kann, oder auch weil sich unsere Gesellschaft zukünftig weiterhin verändern wird und die menschliche Arbeitsleistung ein immer wertvolleres Gut wird.

Innovationen beschreiben den Versuch, eine Situation auf bisher unerprobte Art und Weise zu verbessern (Hof & Wengenroth, 2007). Veränderungen in der Arbeitswelt sind häufig mit großen Risiken verbunden. Die Änderung eines Arbeitsmittels hat direkten Einfluss auf die Produktivität eines Unternehmens. In Anbetracht dieser Umstände kann es in der Arbeitswelt umfangreiche Folgen haben. Der Wunsch nach Risikominimierung ist einer der wesentlichen Gründe dafür, weshalb die Arbeitswelt einer ausgesprochenen Innovationsträgheit unterliegt.

Dennoch wird die Bedeutung innovativer Arbeitsmittel aufgrund des sich verändernden Arbeitsmarktes zunehmen. Der in dieser Arbeit definierte Prozess liefert dem Entwickler ein Vorgehen, das es ihm ermöglicht, vorhandene Arbeitssysteme nicht nur korrektiv, sondern auch langfristig und konstruktiv zu verbessern, indem er bestehende Systemgrenzen hinterfragt und variiert.

Der Prozess stellt effektiv alle notwendigen Aktivitäten bereit. Dabei enthält der Prozess Sicherungsmechanismen, welche die Akzeptanz der späteren Anwender sicherstellen soll.

Die Verwendung des an den Prozess angepassten Technologiekatalogs führt dabei zu einer Erhöhung der Effektivität, bei gleichzeitiger Reduzierung von Risiken und Unsicherheiten.

Mithilfe des Kataloges ist es bereits in der Phase der Produktdefinition möglich, valide Aussagen über die potenzielle Leistungsfähigkeit der präferierten Idee zu treffen. Der Katalog liefert schnell und effektiv belastbare Quellen, welche als Diskussionsgrundlage dienen können. Das Aufzeigen der Vorteile und Nachteile, welche durch den Einsatz einer bestimmten Technologie in einem konkreten Kontext entstehen können, führt dazu, dass Risiken bereits frühzeitig identifiziert und deren Folgen gemindert werden können. Der Katalog unterstützt den Entwickler bei der Suche nach alternativen Lösungsideen, welche unter Umständen für den Einsatz in seinem Kontext besser geeignet sind, und stellt das dafür notwendige Wissen bereits in aufbereiteter Form bereit.

Die frühzeitige Definition der Potentiale und die Kenntnisse über technischen Möglichkeiten und Risiken ermöglichen eine langfristige Erreichung von Zielen in einzelnen, planbaren Stufen, z. B. in Form einer systematischen Klärung noch offener Fragen.

Zusammengefasst helfen Prozess und Technologiekatalog den Entwicklern langfristig dabei, die Arbeitssituation durch den Einsatz innovativer Arbeitsmittel zu verbessern. Die Anwendung der Komponenten ist dabei auf eine hohe Effektivität und Effizienz bei einer gleichzeitigen Reduzierung des Risikos und einer Akzeptanzsteigerung der späteren Nutzer ausgelegt.

Die Funktionsfähigkeit von Prozess und Katalog können anhand der erfolgreichen Anwendung im Rahmen des Verbundvorhabens Innovativer Airport (iPort) nachgewiesen werden. Die

positiven Rückmeldungen aus der betrieblichen Praxis durch Projektpartner bezüglich der mithilfe des Katalogs erzeugten Ideen sind eindeutig.

6.3. Ausblick

Zur Ideengenerierung dienen Produkte, welche besondere Merkmale aufweisen und welche das Produkt zu etwas Besonderem machen. Die abgebildeten Produkte stellen einen Ausschnitt von Mensch-Maschine-Systemen zum Zeitpunkt der Recherche dar. Es ist jedoch bekannt, dass sich Technik und Produkte weiterentwickeln und Begeisterungsmerkmale mit der Zeit zu Hygiene-Faktoren werden.

Die Weiterentwicklung macht eine regelmäßige Überprüfung der Inhalte auf Aktualität notwendig. Dabei ist zu klären, ob Produkte, die als veraltet gelten, aus dem Katalog gelöscht werden sollten, wenn es Produkte gibt, die über eine verbesserte Funktionalität verfügen, oder ob es gerade auch veraltete Produkte sind, die den Entwickler zukünftig zum Umdenken bewegen können.

Die Systematisierung der Technologien versucht, aktuell alle gängigen und denkbaren Eigenschaften von Mensch-Maschine-Systemen zu beschreiben. Es ist jedoch davon auszugehen, dass im Laufe der Zeit weitere Eigenschaften hinzukommen, an die heute noch niemand denkt. Dies würde eine Anpassung der Eigenschaftsbäume durch weitere Detaillierungen notwendig machen.

Des Weiteren basiert das Katalogkonzept auf der Übertragung von Wissen aus ähnlichen Bereichen. Der Grad der Unterstützung ist abhängig von dem im Katalogsystem gespeicherten Wissen. Entgegen vielen anderen Datenbanksystemen ist für die Unterstützung bei der Entwicklung innovativer Arbeitsmittel primär nicht das Wissen im betrachteten Bereich (z. B. Flugsicherung) relevant, sondern vielmehr das Wissen aus fremden Bereichen (z. B. Fahrzeug, Logistik etc.), zu denen eine prinzipielle Gemeinsamkeit vorhanden ist. Eine Eingrenzung der relevanten Bereiche ist erst mit Kenntnis des Zielsystems möglich.

Um das entwickelte Konzept und den darauf aufbauenden Demonstrator soweit auszubauen, dass eine prinzipielle Anwendbarkeit auf alle denkbaren Arbeitstitel des Bereichs Mensch-Maschine-Systeme möglich ist, ist eine breite Implementierung von Wissen in das System notwendig. Dies betrifft insbesondere den Bereich der wissenschaftlichen Veröffentlichungen, welche die Vor- und Nachteile einzelner Technologien in bestimmten Kontexten darstellen.

Eine Befüllung des Kataloges zur Herstellung der allgemeingültigen Einsatzbereitschaft für alle Mensch-Maschine-Systeme im Arbeitskontext ist nicht zu empfehlen, da der Aufwand den Nutzen im Rahmen eines einheitlichen Projekts sicher überschreiten würde. Dennoch stellt der Katalog im befüllten Zustand ein mächtiges Werkzeug für die Entwicklung innovativer Arbeitsmittel dar.

Es wird daher empfohlen, den Katalog zunächst ausschließlich als Dokumentationswerkzeug für kommende Projekte zu nutzen, um die notwendigen Inhalte so in den Katalog zu übertragen. Die Nutzung des Kataloges bringt ab der Ausarbeitung der Ideen lediglich praktische Vorteile durch die Präsentation von Wissen in aufbereiteter Form. Nach der Definition der Idee ist klar, welche Informationen benötigt werden. Ab hier ist ein guter Entwickler in der Lage, die notwendigen Inhalte, welche er im Idealfall im Katalog findet, zu recherchieren. So recherchiert der Entwickler z. B. eigenständig, in welchen Kontexten die gesuchte Technologie noch eingesetzt wird, und dokumentiert die Funde im Katalog. Der Katalog dient indirekt als Leitfaden für die durchzuführenden Aktivitäten. Die Nutzung des Kataloges als Dokumentati-

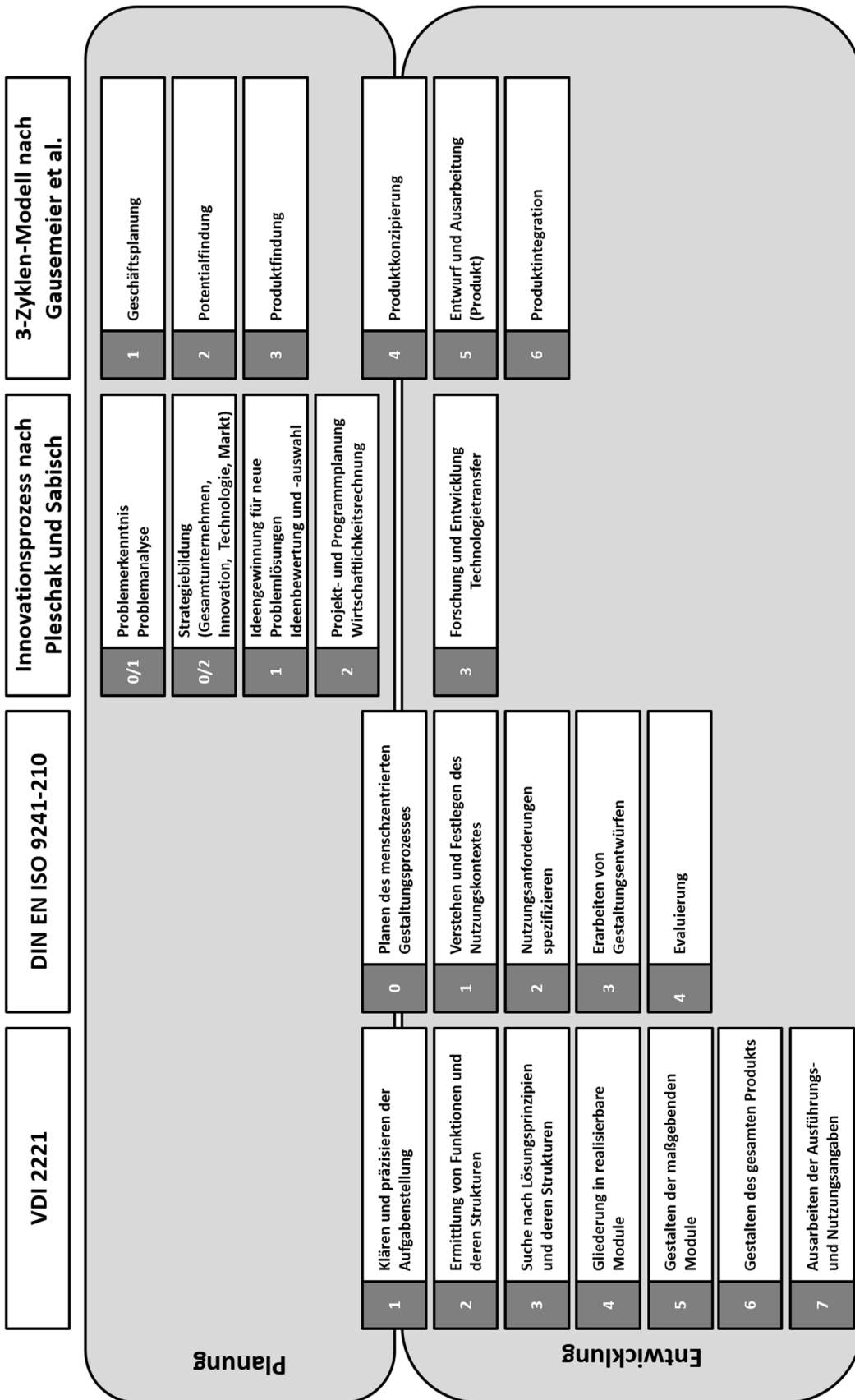
onswerkzeug füllt den Katalog automatisch nach und nach, und macht auch getroffene Entscheidungen für Außenstehende nachvollziehbar.

Erst wenn der Katalog ausreichend mit Inhalten aus unterschiedlichen Bereichen befüllt ist, ist eine Nutzung des Katalogs als Informationssystem zulässig. Der Katalog kann dabei als firmeninternes Wissensmanagementsystem oder über das Internet einer breiteren Masse zur Verfügung gestellt werden. Abhängig von dem gewählten Konzept ist die Frage nach der Zuständigkeit zu klären, um die Inhalte des Systems immer auf dem aktuellen Stand zu halten. Auch ist gelegentlich die Kategorisierung der Nutzungskontexte auf ihre Gültigkeit hin zu überprüfen, da die Eindeutigkeit dieser Systematisierung, insbesondere bei einer unternehmensübergreifenden Nutzung, eine entscheidende Rolle spielt.

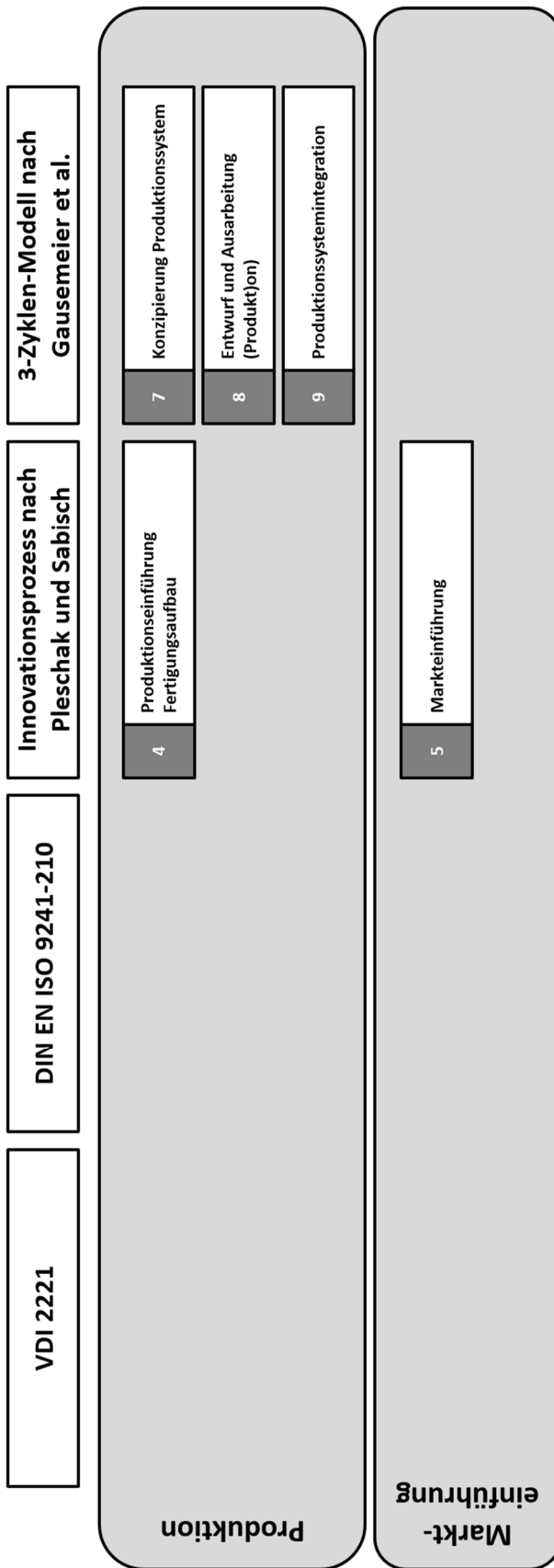
Kritisch für die gewinnbringende Nutzung des Katalogs ist die Aktualisierung der Inhalte. Ohne eine entsprechende Wartung der Datenbank besteht die Gefahr, dass der Katalog bereits nach kurzer Zeit veraltet. Für eine dauerhafte Verwendung ist sicherzustellen, dass die Inhalte des Katalogs zum einen korrekt sind und zum anderen auch aktuell. Der Katalog ermöglicht in seiner jetzigen Ausbaustufe einen Abgleich zwischen dem aktuellen Datum und dem Status-Datum. Vor Durchführung einer Statusänderung sollte das Produkt- oder Technologiedatenblatt immer einer Prüfung auf Richtigkeit unterzogen werden. Die Prüfung sollte dabei das gesamte Datenblatt einschließen. Um Aktualität im Sinne von technologischen Neuheiten oder von Produktneuheiten zu erreichen, ist es notwendig, die Datenbank weiter auszubauen. Hierzu wird empfohlen, Entwicklern Schreibrechte für die Datenbank zu geben, so dass sie fehlende oder neue Technologien, mit denen sie zwangsweise konfrontiert werden, auch in die Datenbank einpflegen können. Durch die Möglichkeit, Entwicklerwissen zu Speichern, entsteht ein hochgradig individualisierbares Wissensmanagement-Tool.

Eine weitere Ausbaustufe des Technologiekatalogs, im Falle einer firmeninternen Verwendung, besteht in der Rückführung von eigenen Ergebnissen. Dabei sollte es sich nicht nur um positive, sondern auch um negative Ergebnisse, d. h. im Sinne einer misslungenen Umsetzung, handeln. Dies ermöglicht es zukünftigen Generationen von Entwicklern, aus bereits gemachten Fehlern zu lernen sowie bereits ad acta gelegte Ideen unter anderen Bedingungen wieder aufzugreifen. Hierfür wäre ebenfalls die zusätzliche Implementierung eines Ideenspeichers sinnvoll.

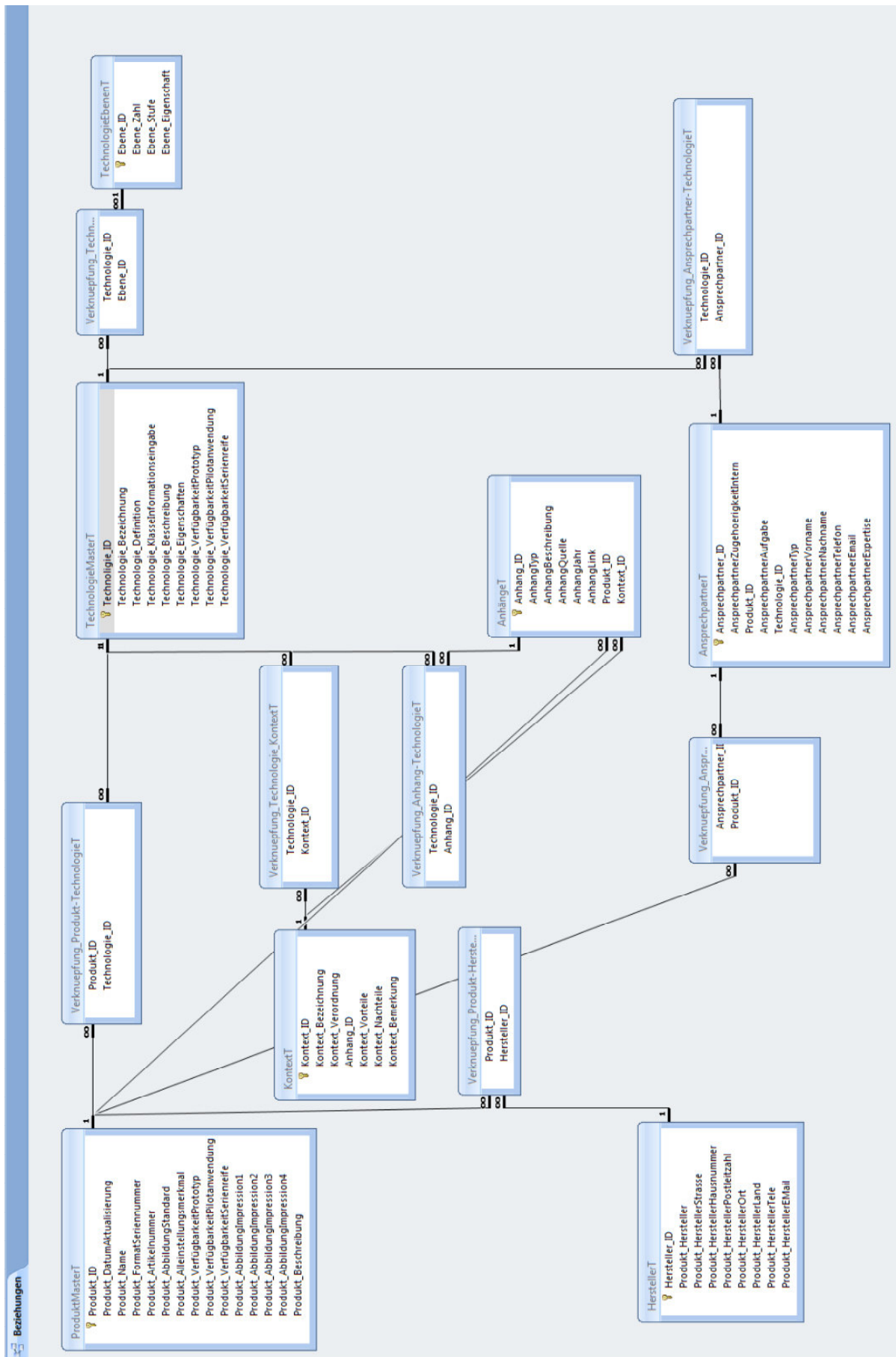
Gegenüberstellung der analysierten Prozesse (oberer Teil)



Gegenüberstellung der analysierten Prozesse (unterer Teil)



Schematische Darstellung der in der Datenbank implementierten Verknüpfungen






















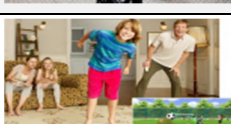



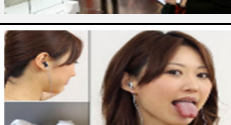
Liste der gesammelten Alleinstellungsmerkmale des Katalogs zum Zeitpunkt der Erstanwendung






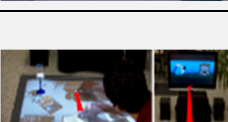

ID	Abbildung	Produktname	Alleinstellungsmerkmal
1		Kindle (Serie 4)	Lesen wie auf echtem Papier – sogar in hellem Sonnenlicht/keine Spiegelungen
2		Kindle Paperwhite	ermüdungsfreies Lesen bei Dunkelheit (lt. Hersteller)
3		Toshiba Qosmio F750	autostereoskopisches 3D Display – 3D ohne Brille
4		LG P920 Optimus 3D	autostereoskopisches 3D Display – 3D ohne Brille
5		Splitview by Mercedes Benz	zwei Bilder auf einem Bildschirm – Sichtbarkeit ist abhängig vom Betrachtungswinkel
6		Sharp Triple Directional Viewing LCD	drei Bilder auf einem Bildschirm – Sichtbarkeit ist abhängig vom Betrachtungswinkel
7		Head-Up-Display KFZ (am Beispiel 7er BMW F01/F02)	Einblendung von Informationen hinter der Windschutzscheibe, im Sichtfeld des Autofahrers
8		Dräger FPS® 7000 Head-Up-Display für Atemschutzmaske	niederkomplexe Anzeige im Sichtfeld des Anwenders
9		Google Glass	monokulares Head-mounted-Display – Einblendung von kontextabhängigen Informationen im Sichtfeld
10		Microsoft Kinect	3D-Kamera zur Bewegungssteuerung unter Einbezug des gesamten Körpers
11		Sony Playstation Vita	berührungsempfindliche Flächen am rückseitigen Greifbereich

12		Apple iPhone 4s	Bedienung mittels natürlicher Sprache – Sprachsteuerung
13		Audiospotlight	Richtschall – Fokussierung von Schall auf einen bestimmten Bereich
14		Samsung Smart Window	einseitig transparenter Bildschirm
15		Toyota Window to the World	transparenter Bildschirm mit Multitouch-Bedienung
16		Dynamic Lights – Siemens M55	seitliche LEDs zur Übermittlung des Telefonstatus – Informationscodierung mittels Blinkfrequenz, Reihenfolge der Ansteuerung und Farbe
17		NEC CRV43 43-Inch Curved Monitor	gewölbte Displayfläche – Einbeziehung des peripheren Sehfeldes
18		TouchSense® 1000	haptische (taktile) Feedback-Technologie für Touchscreens – zur Simulation von z. B. Tastendrücken
19		Interactive 360° Light Field Display	volumetrisches Display
20		Microsoft Sphere	kugelförmiges Display – in einem 360-Grad-Winkel betrachtbar
21		Heliodisplay M2	transparente, auf atomare Partikel aufgebraute Projektion
22		ODICIS (One Display for a Cockpit Interactive Solution)	MMS für ein LFZ, bestehend aus einem interaktiven Display
23		Datron D5	abnehmbares Bedienelement zur mobilen Überwachung der Produktion

24		Space Pilot Pro (3Dconnexion)	3D Maus – mit 6 Freiheitsgraden
25		Painstation	Feedback nach dem Prinzip der negativen Verstärkung mittels Schmerz (Stromstöße, Hitze und Minipeitsche)
26		Bioforce Controller (Mad Catz)	Feedback nach dem Prinzip der negativen Verstärkung mittels Schmerz (Stromstöße)
27		Electro Pads	Feedback nach dem Prinzip der negativen Verstärkung mittels Schmerz (Stromstöße)
28		EPOC Neuroheadset (Emotiv Systems)	Neuro-Controller – zur Steuerung von Computerspielen, Maschinen etc. mittels Elektroenzephalografie des motor cortex
29		Pirates	Joystick für Kniebedienung
30		Eye of Ra	lageabhängige und bewegungsabhängige Eingabe für stiftbasierte Interaktionen im 3D-Raum
31		Facial-Gesture-Interface	Mimik – Steuerung
32		Mouth-Driven Musical Interface	Interpretation der Mundform und Umwandlung in Töne
33		Fabric Computing Interfaces	flexibles Keypad aus wattiertem Stoff
34		SoundMaster2000/Shockwaves	Erzeugung einer ton- und luftbasierten Schockwelle
35		Tactylus	multi-sensorische Informationsübermittlung zur Detektion von Materialeigenschaft

36		CMControl (OMICRON)	Berührungsempfindliches Interface für Industrieanwendungen/einfache Symbolik
37		CIRRIN (CIRCular INput device)	Tippen durch Wischen einer kreisförmigen Tastatur
38		iPod (4. Generation)	Simplifikation – Ein-Tasten-Bedienung
39		Halimeter®	Mundgeruch – Interface
40		Digital Taste Interface	Informationsübermittlung mittels Geschmack
41		Digital Sour Lollipop	Informationsübermittlung mittels Geschmack
42		FogScreen®	Projektion auf Wasserdampf
43		Nomad™ ND 1000	Einblendung von Informationen im Sichtfeld – Head-mounted-Displays (HMD)
44		Head-Up-Display eines F/A 18C Kampffjets	Einblendung von Informationen in das Sichtfeld des Piloten – Akkommodation ins Unendliche
45		FingerWhisper (Ear Bone Conduction)	Zeigefinger als Kopfhörer
46		Soundbite	Übertragung akustischer Schwingungen über Knochenleitung

47		Tactile Torso Display (von TNO)	Richtungsorientierung mittels Vibration
48		VibroTac	Vibrationsarmband
49		Smellit (by Nuno Teixeira)	Geruchsfernsehen – als Informationsquelle durch gezielte Freisetzung chemischer Substanzen
50		Taktiler Display für die Zunge	auf der Zunge befestigtes elektrotaktiler „Display“ zur Orientierung im Raum
51		Tobii PCEye Go (Eye-tracking Steuerung)	Blick als Informationseingabe
52		No Hands Mouse	Fußsteuerung mit vergleichbaren Funktionalitäten wie bei normaler PC-Maus
53		Swooper™ – Sitzflieger	Steuerung durch eine 3D-Welt mittels Veränderung der Sitzposition
54		Segway	Fahrzeugsteuerung durch Neigen des Körpers
55		Wii Balance Board	Bedienung durch Gewichtsverlagerung
56		Mouseless	unsichtbare PC-Maus
57		Leap Motion Controller	berührungsfreie Interaktion in Raum mit Finger und Handgesten
58		Point Screen (Fraunhofer IAIS)	Interaktion durch Zeigen
59		Mimi Switch	Augenzwinkern als Interaktion

60		Drucksensoren zur Atmungserfassung	Atmung als Signal zur Informationseingabe
61		Tongue Drive System	Systemeingaben mittels Zungenposition
62		Microsoft PixelSense	objektbasierte Interaktion
63		Digitale Litfaßsäule (Litefast 360°)	zylindrisches Display – in einem 360-Grad-Winkel betrachtbar
64		Plasma Tube Array-Display	flexibles Plasmadisplay
65		Optimus Maximus	veränderliches Tastaturlayout mittels OLED-Displays in den Tasten
66		Ergodex DX1	frei arrangierbare physische Tasten
67		CRISTAL (Control of Remotely Interfaced Systems using Touch-based Actions in Living spaces)	Gestensteuerung
68		Touchy-feely	fühlbare Tasten durch Eindellungen und Ausbeulungen
69		Polymer Vision RADIUS	biegsames Display
70		MindSet	kabelloser Neuro-Controller in Headsetform, misst u. a. Aufmerksamkeit, Meditation, Augenzwicken etc.
71		SenseSurface	physische Drehknöpfe für Displays
72		Kontaktlinsen-Display	HMI mit LED-Displays auf Kontaktlinsen

73		Livescribe Smartpen	Echo	interaktives Papier – Koppelung von Tonspur und Mitschriften
74		EMG Kopfhörer (von NTT DoCoMo)		Blicksteuerung im Kopfhörer
75		Ergomaus		Joystick mit Mausfunktionalität
76		BeMoved (von Douwe Egberts)		Hüpfinterface
77		Tobii C12		Eyetracking-System zur Blickbewegungsanalyse und Steuerung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Einflussfaktoren der Technologiediffusion (Holwegler, 2000)	4
Abbildung 2:	Darstellung Aufbau Kapitel 2.	15
Abbildung 3:	Entwicklung des Innovationsbegriffs in Anlehnung an Mitterdorfer-Schaad (2001)	16
Abbildung 4:	Arbeitssystemmodell in Anlehnung an Schlick, Luczak & Bruder (2010).....	21
Abbildung 5:	Offene und verdeckte Kosten ergonomisch ungünstiger Arbeitsgestaltung in Anlehnung an (Winter, Schaub, Landau, Großmann & Laun, 1990) – eigene Darstellung	27
Abbildung 6:	Teilaspekte der Akzeptanz, zusammengestellt von Büddefeld (2013)	29
Abbildung 7:	Darstellung eines vollständigen Innovationsprozesses in Anlehnung an Verworn & Herstatt (2007)	41
Abbildung 8:	Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren (VDI Richtlinie 2221, 1993)	44
Abbildung 9:	Darstellung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses inkl. wechselseitiger Abhängigkeiten (DIN EN ISO 9241-210, 2010)	51
Abbildung 10:	Ablauf des Innovationsprozesses nach (Pleschak & Sabisch, 1996)	56
Abbildung 11:	Übersicht der von Pleschak und Sabisch empfohlenen Problemlösemethoden (Pleschak & Sabisch, 1996)	58
Abbildung 12:	Innovationsprozess nach Gausemeier, Brandis & Kaiser (2010)	61
Abbildung 13:	Grundlegende Marktmodelle für elektronische Katalogsysteme (Meier & Stormer, 2008)	65
Abbildung 14:	Screenshot eines Onlinekatalogs – Systematisierungen anhand von Über- und Unterbegriffen (Amazon, 2013).....	67
Abbildung 15:	Aufbau und mögliche Inhalte einer Sachmerkmal-Leiste (Lang, 2005).....	67
Abbildung 16:	Eindimensionaler Konstruktionskatalog (Roth, 1994)	70
Abbildung 17:	Gegenüberstellung von Katalogarten, Inhalten und Konstruktionsablauf (VDI Richtlinie 2222, Blatt 2, 1982)	72
Abbildung 18:	Zweidimensionaler Konstruktionskatalog (Roth, 1994)	73
Abbildung 19:	Konstruktionskatalog mit dreidimensionalem Gliederungsteil und in den Gliederungsteil aufgenommenem Zugriffsteil (Roth, 1994)	73
Abbildung 20:	Konzeption der Innovations-Datenbank des Heinz Nixdorf Instituts (Brink & Ihmels, 2007)	76
Abbildung 21:	Technologiesteckbrief am Beispiel eines Formgedächtnismetalls (Brink et al., 2008)	77
Abbildung 22:	Darstellung einer Produktidee am Beispiel „Innovativer Motion Controller“ (Brink et al., 2008)	78
Abbildung 23:	Automatisch erstellte Technology-Roadmap am Beispiel eines Miniaturroboters (Brink et al., 2008).....	79
Abbildung 24:	Datenbankkonzept der Innovationsdatenbank des Heinz Nixdorf Instituts (Heinz Nixdorf Institut & Lehrstuhl für Produktentstehung, 2013)	80
Abbildung 25:	GINA: Einträge zur Methode „Brainstorming“ (Zelewski & Alparslan, 2004) 81	
Abbildung 26:	GINA – Abbildung der implementierten Methodenklassen (Zelewski & Alparslan, 2004)	83

Abbildung 27:	Zusammenspiel der Softwareprodukte für eine ganzheitliche Unterstützung des Innovationsprozesses (XWS Cross Wide Solutions GmbH, 2013c).	84
Abbildung 28:	Persönliche Startseite des Idea-&-Request-Management-Tools (Stahl & Antonucci, 2013)	85
Abbildung 29:	Eingabemaske zur Einreichung von neuen Ideen (Stahl & Antonucci, 2013)	86
Abbildung 30:	Darstellung des mehrstufigen Selektionsprozesses (Stahl & Antonucci, 2009)	87
Abbildung 31:	Gegenüberstellung der analysierten Prozesse (eigene Darstellung)	89
Abbildung 32:	Darstellung Aufbau Kapitel 3.	94
Abbildung 33:	Erarbeiteter Prozess zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel	99
Abbildung 34:	Ebenenmodell der User-Interface-Gestaltung (König, 2012)	107
Abbildung 35:	Darstellung Aufbau Kapitel 4.	110
Abbildung 36:	Gegenüberstellung Zonen der Unterstützung durch den Katalog	117
Abbildung 37:	Primärer Unterstützungsbedarf.....	118
Abbildung 38:	Schematische Darstellung des Analogiedenkprozesses nach Holyoak et al. (2005)	121
Abbildung 39:	Beispiele für erfolgreichen Wissenstransfer mittels Analogien (Schulthess, 2013)	123
Abbildung 40:	Übertragung des Analogiedenkprozesses auf den Katalog	125
Abbildung 41:	Abstrakte Darstellung der Beziehungen zwischen Produkt, Arbeitskontext und dem Arbeitsergebnis	127
Abbildung 42:	Darstellung der Vernetzung der Analogietreiber.....	127
Abbildung 43:	Darstellung der gesammelten Ein- und Ausgabegeräte in Form einer Medienliste (Auszug)	132
Abbildung 44:	Schematische Darstellung der Verknüpfung von Produkt/Technologie und Alleinstellungsmerkmal	135
Abbildung 45:	Systematisierung der Informationseingabe	137
Abbildung 46:	Systematisierung der Informationseingabe – 1. Ebene.....	138
Abbildung 47:	Systematisierung der Informationseingabe – visuell bis zur Technologieebene (n-1)	139
Abbildung 48:	Systematisierung der Informationseingabe – auditiv bis zur Technologieebene (n-1)	140
Abbildung 49:	Strukturierungsmöglichkeit der haptischer Interaktionen anhand von Fragenclustern (Matysek & Kern, 2009)	142
Abbildung 50:	Systematisierung der Informationseingabe – haptisch bis zur Technologieebene (n-1)	143
Abbildung 51:	Beispiele für Merkmale des Nutzungskontextes (DIN EN ISO 9241-11, 1998)	144
Abbildung 52:	Unterscheidung von Anwendungsfeldern anhand technischer Systeme (nach Johannsen, 1993; eigene Darstellung).....	147
Abbildung 53:	Header des Technologiekatalogs	154
Abbildung 54:	Prinzipielle Bildschirmaufteilung des Produktdatenblatts.....	155
Abbildung 55:	Prinzipielle Darstellung des Produktdatenblatts	156
Abbildung 56:	Prinzipielle Bildschirmaufteilung des Technologiedatenblatts	159
Abbildung 57:	Prinzipielle Darstellung des Technologiedatenblatts.....	160

Abbildung 58:	Beschreibung der aktiven Elemente der Cost-und-Benefit-Darstellung anhand eines Ausschnitts von Abbildung 57	162
Abbildung 59:	Schematische Darstellung der in der Datenbank implementierten Verknüpfungen	164
Abbildung 60:	Gegenüberstellung von Prozessaktivitäten, Tätigkeiten und Unterstützung des Katalogs	167
Abbildung 61:	Orientierungshilfe „Festlegen und Verstehen des Nutzungskontextes“	168
Abbildung 62:	Vereinfachte Darstellung des Arbeitssystems Tower (Röbig, König, Bruder & Hofmann, 2010)	169
Abbildung 63:	Darstellung des Mensch-Maschine-Systems Fluglotse im Tower (Gräf, 2010)	177
Abbildung 64:	Orientierungshilfe „Potentialfindung“ und mögliches Einsatzfeld des Katalogs	180
Abbildung 65:	Orientierungshilfe „Produktfindung“	184
Abbildung 66:	Im Rahmen des Kapitels 5.3.1. behandelte Unterstützung des Prozesses durch Verwendung des Katalogs	184
Abbildung 67:	Im Rahmen des Kapitels 5.3.2. behandelte Unterstützung des Prozesses durch Verwendung des Katalogs	193
Abbildung 68:	Screenshot des Produktdatenblatts am Beispiel des Virtual-Retinal-Displays von Microvision.....	196
Abbildung 69:	Screenshot des Technologiedatenblatts am Beispiel der virtuellen Netzhautanzeige (Auszug)	199
Abbildung 70:	Darstellung von technologischen Eigenschaften mittels der vorgenommenen Systematisierung	201
Abbildung 71:	Im Rahmen des Kapitels 5.3.3. behandelte Unterstützung des Prozesses durch Verwendung des Katalogs	205
Abbildung 72:	Möglichkeiten des Analogietransfers mithilfe des Technologiekatalogs mit Darstellung des Abstraktionslevels (grün = gering – rot = hoch)	208
Abbildung 73:	Orientierungshilfe „Nutzeranforderungen spezifizieren“ und im Rahmen des Kapitels 5.4 behandelte Unterstützung des Prozesses durch Verwendung des Katalogs	214
Abbildung 74:	Sicht aus dem „alten“ Tower Frankfurt (Welt Online, 2013)	216
Abbildung 75:	Head-Up-Display einer F/A-18C (Navy, 2013).....	216
Abbildung 76:	HUD eines PKW – BMW 730D (designs-world-of-weblog, 2009)	216
Abbildung 77:	Orientierungshilfe „Gestaltungslösungen entwickeln, die die Nutzeranforderungen erfüllen“ und im Rahmen des Kapitels 5.5. behandelte Unterstützung des Prozesses durch Verwendung des Katalogs	220
Abbildung 78:	Im Rahmen des iPort-Projekts realisierter Aufbau (Türk, Dietz-Kullmann, Ehret & Ruehl, 2011)	221
Abbildung 79:	Orientierungshilfe „Gestaltungslösungen aus Benutzerperspektive evaluieren“ und im Rahmen des Kapitels 5.6. behandelte Unterstützung des Prozesses durch Verwendung des Katalogs.....	222
Abbildung 80:	Kategorien des Interviews (Bruder, König, Hofmann & Röbig, 2012a)	223

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bevorzugte Arbeitsweisen in Anlehnung an (Ehrlenspiel, 2009)	8
Tabelle 2:	Darstellung der analysierten Prozesse	42
Tabelle 3:	Auflistung anwendbarer Methoden für den Teilbereich „Entwicklung von Lösungsideen“ im Rahmen der VDI Richtlinie 2221 (1993) - Auszug.....	47
Tabelle 4:	Zusammenfassende Bewertung der VDI 2221 hinsichtlich ihrer Eignung zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel	49
Tabelle 5:	Zusammenstellung geeigneter Usability-Methoden zur Unterstützung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses (ISO/TR 16982, 2002).....	53
Tabelle 6:	Zusammenfassende Bewertung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses hinsichtlich seiner Eignung zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel.....	55
Tabelle 7:	Zusammenfassende Bewertung des Innovationsprozesses nach Pleschak & Sabisch (1996) hinsichtlich seiner Eignung zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel.....	60
Tabelle 8:	Zusammenfassende Bewertung des 3-Zyklen-Modells hinsichtlich seiner Eignung zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel	64
Tabelle 9:	Gegenüberstellende Bewertung der analysierten Prozesse	90
Tabelle 10:	Detaillierung Aktivität „Festlegen und Verstehen des Nutzungskontextes“	101
Tabelle 11:	Detaillierung Aktivität „Potentialfindung“	103
Tabelle 12:	Detaillierung Aktivität „Produktfindung“	105
Tabelle 13:	Detaillierung Aktivität „Nutzeranforderungen spezifizieren“.....	106
Tabelle 14:	Detaillierung Aktivität „Erarbeiten von Gestaltungsentwürfen, die die Nutzeranforderungen erfüllen“	107
Tabelle 15:	Detaillierung Aktivität „Gestaltungslösungen aus Nutzerperspektive evaluieren“	108
Tabelle 16:	Detaillierung Aktivität „Strategische Planung“	109
Tabelle 17:	Vorgehen bei der Katalogentwicklung.....	130
Tabelle 18:	Verbindungstypen relationaler Datenbankmodelle.....	163
Tabelle 19:	Psychomotorische Anforderungen an Fluglotsen, zusammengestellt und übersetzt von Gräf (2010), in Anlehnung an Heintz (1998)	170
Tabelle 20:	Kognitive Anforderungen an Fluglotsen, zusammengestellt und übersetzt von Gräf (2010), in Anlehnung an Heintz (1998)	171
Tabelle 21:	Sensorische Anforderungen an Fluglotsen, zusammengestellt und Übersetzt von Gräf (2010), in Anlehnung an Heintz (1998)	172
Tabelle 22:	Interaktive & soziale Anforderungen an Fluglotsen, zusammengestellt und Übersetzt von Gräf (2010), in Anlehnung an Heintz (1998)	173
Tabelle 23:	Darstellung der verwendeten Systeme samt Ein- und Ausgabegeräte in Anlehnung an (Bruder, König, Hofmann & Röbig, 2009).....	178
Tabelle 24:	Darstellung ausgewählter Produkte inkl. Alleinstellungsmerkmalen des Technologiekatalogs.....	186
Tabelle 25:	Darstellung der mithilfe des Technologiekatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 1.....	187
Tabelle 26:	Darstellung der mithilfe des Technologiekatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 2.....	188

Tabelle 27: Darstellung der mithilfe des Technologiekatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 3.	189
Tabelle 28: Darstellung der mithilfe des Technologiekatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 4.	190
Tabelle 29: Darstellung der mithilfe des Technologiekatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 5.	191
Tabelle 30: Darstellung der mithilfe des Technologiekatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 6.	192
Tabelle 31: Darstellung der mithilfe des Technologiekatalogs generierten Idee inkl. relevanter Produkt-Daten – Idee Nr. 7.	193
Tabelle 32: Verordnete Technologien – des Zweigs: ... \am Kopf angebracht	202
Tabelle 33: Verordnete Technologien – des Zweigs: ... \spatiale Technologien.....	204
Tabelle 34: Anhänge des Technologiedatenblatts Projektion auf halbtransparente Scheiben (ID 1033), mit dem Kontext ... \Verkehrskontrollsysteme\Flugsicherung....	206
Tabelle 35: Verteilung der den relevanten Technologiedatenblättern angehängten Publikationen	209
Tabelle 36: Anhänge des Technologiedatenblatts HUD (ID 1034), mit dem Kontext ... \Verkehrskontrollsysteme\Flugsicherung	210
Tabelle 37: Anhänge des Technologiedatenblatts O-HMD (ID 1022), mit dem Kontext ... \Verkehrskontrollsysteme\Flugsicherung	211
Tabelle 38: Einige ausgewählte Anforderungen auf Basis des angewandten Technologietransfers (Bruder, König, Hofmann & Röbig, 2012b)	218

Abkürzungsverzeichnis

AR	Augmented Reality
C-ATM	Cooperative Air Traffic Management
CAATS	Cooperative Approach to Air Traffic Services
DEPCOS	Departure Coordination System – Abflugmanager
DFS	Deutsche Flugsicherung GmbH
DUS	internationale Kennung des Flughafens Düsseldorf
FRA	internationale Kennung des Flughafens Frankfurt
HMD	Head-mounted-Displays
HMP	Head-mounted-Projektion
IAD	Institut für Arbeitswissenschaft
IDVS	Informationsdatenverarbeitungssystem – stellt dem Lotsen alle wichtigen Informationen zu Sicht- und Windverhältnissen dar
iPort	Innovativer Airport
ITWP	Integrated Tower Working Position
KD	Kontaktlinsen-Display
LFZ	Luftfahrzeug
MUC	Internationale Kennung des Flughafens München
NextGen	Next Generation Air Transportation System
O-HMD	Optical-see-through-Head-mounted-Display
ODICIS	One Display for a Cockpit Interactive Solution
PL	Platz-Lotsen
RL	Roll-Lotsen
SESAR	Single European Sky ATM Research
TCoS	Name eines kombinierten An- und Abflugmanagers
TLX	Task-Load-Index
TWR-TID	Tower Touch Input Device – Name eines Anflugmanagers
VNA	virtuelle Netzhautanzeige

Literaturverzeichnis

Literaturquellen

- Alpar, P., Grob, H. L., Weimann, P. & Winter, R. (2005). *Anwendungsorientierte Wirtschaftsinformatik: strategische Planung, Entwicklung und Nutzung von Informations- und Kommunikationssystemen*. Wiesbaden: Vieweg.
- Altschuller, G. S. (1998). *Erfinden: Wege zur Lösung technischer Probleme*. Cottbus: PI – Planung und Innovation.
- Bachmann, P. (2005). *Flugsicherung in Deutschland* (1. Aufl.). Stuttgart: Motorbuch.
- Bahlow, J. & Kötter, W. (2006). Partizipative Organisationskultur als Wettbewerbsfaktor. In *Innovationen für Arbeit und Organisation – 52. Frühjahrskongress der GfA*. Dortmund: GfA-Press.
- Barnett, H. G. (1953). *Innovation: the basis of cultural change*. New York: McGraw-Hill.
- Bauer, R. (2006). *Gescheiterte Innovationen: Fehlschläge und technologischer Wandel*. Frankfurt/Main: Campus.
- Bick, T. & Dörner, D. (1994). *Lohhausen: vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität*. (Universität Bamberg, Lehrstuhl Psychologie, Allgemeine Psychologie, Ed.). Bern: Huber.
- Bierwagen, T. (2007). Strategische Forschungsaktivitäten der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH im Lichte des Single European Sky Air Traffic Management Research Programms (SESAR). In M. Rötting, G. Wozny, A. Klostermann & J. Huss (Eds.), *Prospektive Gestaltung von Mensch-Technik-Interaktion* (Vol. Fortschritt-Berichte VDI, pp. 315–318). Berlin: VDI Verlag.
- Bierwirth, M. (2011). *Entwicklung eines Managementmodells zur Integration einer systematischen Verhältnisprävention in die Arbeitsgestaltung in Industrieunternehmen*. Ergonomia, Stuttgart.
- Blanchette, I. & Dunbar, K. (2000). How analogies are generated: The roles of structural and superficial similarity. *Memory & Cognition*, 28(1), 108–124. doi:10.3758/BF03211580.
- Böge, A. (2007). *Vieweg Handbuch Maschinenbau Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
- Braun, H.-J. (1992). Symposium on “Failed Innovations.” *Social Studies of Science.*, 22(2).
- Brink, V. & Ihmels, S. (2007). Strategische Produkt- und Technologieplanung mit der Innovations-Datenbank. *Konstruktion – Zeitschrift Für Produktentwicklung Und Ingenieurwerkstoffe*, (11), 65–69.
- Brödner, P., Hamburg, I. & Kirli, P. (1997). Leitlinien zur Einführung neuer technischer Verfahren im Betrieb. In Institut Arbeit und Technik (Gelsenkirchen) (Ed.), *Jahrbuch 1996/97* (pp. 182–193).

-
- Bruder, C., Eißfeldt, H., Hörmann, H.-J., Jörn, L., Stern, C., Teegen, U. & Zierke, O. (2009). *Aviator 2030 – Fähigkeitsrelevante Aspekte zukünftiger ATM-Systeme aus Sicht beruflicher Experten Teil 1 Konzeptentwicklung* (Berichtsreihe No. DLR-FB-2009-02) (p. 74). Hamburg: Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Luft- und Raumfahrtpsychologie.
- Bruder, R., König, C., Hofmann, T. & Röbig, A. (2009). *Arbeitswissenschaftliche Leistung im Rahmen des Verbundvorhabens Innovativer Airport (iPort) IMAN: Ist-Analyse (AP 1)* (Abschlussbericht) (p. 56). Darmstadt: Institut für Arbeitswissenschaft (IAD).
- Bruder, R., König, C., Hofmann, T. & Röbig, A. (2012a). *Arbeitswissenschaftliche Leistung im Rahmen des Verbundvorhabens Innovativer Airport (iPort) IMAN: Anhang zur Ergebnisdokumentation HMI I-II* (Abschlussbericht) (p. 60). Darmstadt: Institut für Arbeitswissenschaft (IAD).
- Bruder, R., König, C., Hofmann, T. & Röbig, A. (2012b). *Arbeitswissenschaftliche Leistung im Rahmen des Verbundvorhabens Innovativer Airport (iPort) IMAN: Ergebnisdokumentation HMI II* (Abschlussbericht) (p. 140). Darmstadt: Institut für Arbeitswissenschaft (IAD).
- Brunner, A. (2008). *Kreativer denken: Konzepte und Methoden von A-Z*. München: Oldenbourg.
- Büdefeld, M. C. (2013). *Analyse und Bewertung von bestehenden Entwicklungsansätzen hinsichtlich ihrer potenziellen Eignung zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Bullinger, H.-J. & Bauer, W. (2007). Zukunft der Arbeit. In K. Landau (Ed.), *Lexikon Arbeitsgestaltung. Best Practice im Arbeitsprozess* (pp. 1339–1342). Stuttgart; Stuttgart: Gentner; Ergonomia.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (Ed.). (2001). *Innovative Arbeitsgestaltung – Zukunft der Arbeit: Rahmenkonzept*. BMBF, Referat Öffentlichkeitsarbeit.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2009). *Forschung und Innovation für Deutschland: Bilanz und Perspektive*. Berlin: BMBF.
- Burmester, M. & Görner, C. (2003). Das Wesen benutzerzentrierten Gestaltens. In J. Machate & M. Burmester (Eds.), *User interface tuning: Benutzungsschnittstellen menschlich gestalten* (pp. 47–65). Frankfurt am Main: Software- und Support-Verlag.
- Catrambone, R. (1997). Reinvestigating the Effects of Surface and Structural Features on Analogical Access. In P. Langley & M. G. Shafto (Eds.), *Proceedings of the nineteenth annual conference of the Cognitive Science Society: August 7-10, 1997, Stanford University, Stanford, CA* (pp. 90–95). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cooper, R. G., Edgett, S. J. & Kleinschmidt, E. J. (2002). Optimizing the Stage-Gate Process: What Best Practices Companies Are Doing – Part I. *Research Technology Management*, 45, 21–27.
- Czichos, H. & Hennecke, M. (2008). *Hütte das Ingenieurwissen*. (Akademischer Verein Hütte (Berlin ; ab 1990), Ed.). Berlin: Springer.

-
- Dahl, D. W. & Moreau, P. (2002). The Influence and Value of Analogical Thinking during New Product Ideation. *Journal of Marketing Research*, 39(1), 47–60.
- Dahm, M. (2006). *Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion*. München [u. a.]: Pearson Studium.
- Damodaran, L. (1996). User involvement in the systems design process-a practical guide for users. *Behaviour & Information Technology*, 15(6), 363–377. doi:10.1080/014492996120049.
- Derhake, T. (1990). *Methodik für das rechnerunterstützte Erstellen und Anwenden flexibler Konstruktionskataloge*. Technische Hochschule Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Braunschweig.
- DFS Deutsche Flugsicherung. (2011). *Berufsausbildung in der DFS: Info für die Berufsinformationszentren der Agentur für Arbeit*.
- Diekhöner, G. W. (1981). *Erstellen und Anwenden von Konstruktionskatalogen im Rahmen des methodischen Konstruierens* (Dissertation). Technische Universität Braunschweig. Fortschrittsbericht der VDI Zeitschriften, Reihe 1 Nr. 75. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- DIN 2330. (2013). *Begriffe und Benennungen: Allgemeine Grundsätze*. Berlin: Beuth Verlag.
- DIN 4000-1. (2012). *Sachmerkmal-Listen- Teil 1: Begriffe und Grundsätze*. Berlin: Beuth Verlag.
- DIN EN ISO 6385. (2004). *Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen*. Berlin: Beuth Verlag.
- DIN EN ISO 9000. (2005). *Qualitätsmanagementsysteme: Grundlagen und Begriffe*. Berlin: Beuth Verlag.
- DIN EN ISO 9241-11. (1998). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion: Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit – Leitsätze*. Berlin: Beuth Verlag.
- DIN EN ISO 9241-210. (2010). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion: Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme*. Berlin: Beuth Verlag.
- DIN EN ISO 9241-400. (2010). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion: Teil 400: Grundsätze und Anforderungen für physikalische Eingabegeräte*. Berlin: Beuth Verlag.
- Dörner, D. (1987). *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart; Berlin; Köln; Mainz: Kohlhammer.
- Dörner, D. (2003). *Die Logik des Misslingens: strategisches Denken in komplexen Situationen*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verlag.
- Dylla, N. (1991). *Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren*. München; Wien: Hanser.
- Ehrlenspiel, K. (2009). *Integrierte Produktentwicklung Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. München; Wien: Hanser.

-
- Ellis, S. R. (2006). Towards determination of visual requirements for augmented reality displays and virtual environments for the airport tower. In *Proceedings of the NATO Workshop on Virtual Media for the Military* (pp. 31–1).
- EN ISO 15008. (2009). *Straßenfahrzeuge – Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen – Anforderungen und Bewertungsmethoden der visuellen Informationsdarstellung im Fahrzeug*. (Normenausschuss Informationstechnik und Anwendungen, Ed.). Berlin: Beuth Verlag.
- Erlhoff, M. (2008). *Wörterbuch Design: begriffliche Perspektiven des Design*. (Board of International Research in Design, Ed.). Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser.
- Faatz, A., Geise, J., Steinacker, A. & Steinmetz, R. (2004). *Abbildung von Produktkatalogen* (No. KOM-TR-2004-09). Darmstadt: Technische Universität Darmstadt – Multimedia Communications Lab. Retrieved from <ftp://ftp.kom.tu-darmstadt.de/TR/KOM-TR-2004-09.pdf>
- Faber, M. J. (2009). *Open Innovation Ansätze, Strategien und Geschäftsmodelle*. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
- Fischer, T. (2013). *Literaturrecherche zu Konstruktionskatalogen, Innovationsdatenbanken und Technologieportfolien*. unveröffentlichtes Forschungsseminar an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Frieling, E., Bernard, H. & Bigalk, D. (2006). *Lernen durch Arbeit: Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Lernmöglichkeiten am Arbeitsplatz*. Waxmann Verlag.
- Gassmann, O. & Zeschky, M. (2007). Radikale Innovation ist nicht planbar wie ein Produktionsprozess. *Innovation Management*, (September – November), 8–10.
- Gausemeier, J. (2013). Strategische Planung und integrative Entwicklung der technischen Systeme von morgen. In *Schriftenreihe der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften*. Paderborn: Ferdinand Schöningh.
- Gausemeier, J. & Bätzel, D. (2004). VITOSTRA – Entwicklung intelligenter technologieorientierter Geschäfts- und Produktstrategien. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb : ZWF*, (06), 290–295.
- Gausemeier, J., Brandis, R. & Kaiser, L. (2010). Auswahl von Montageverfahren auf Basis der Produktkonzeption. In *7. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme* (Vol. 272). HNI Verlagsschriftenreihe, Paderborn.
- Gausemeier, J., Plass, C. & Wenzelmann, C. (2009). *Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung: Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen*. München; Wien: Hanser.
- Gausemeier, J., Stoll, K. & Wenzelmann, C. (2007). Szenario-Technik und Wissensmanagement in der strategischen Planung. In J. Gausemeier (Ed.), *Vorausschau und Technologieplanung. 3. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung Heinz Nixdorf Institut* (Vol. 219, pp. 29 – 30). Gütersloh.

-
- Gentner, D. & Gentner, D. R. (1983). Flowing waters and teeming crowds: Mental models of electricity. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 99–130). Hillsdale: Erlbaum.
- Gieth, R., Menge, S. & Ritz, S. (1996). *Software-ergonomische Qualitätssicherung*. Hamburg: Univ., Bibliothek des Fachbereichs Informatik.
- Goswami, U. (2001). Analogical Reasoning in Children. In D. Gentner, K. J. Holyoak & B. N. Kokinov (Eds.), *The analogical mind: perspectives from cognitive science* (pp. 437–470). Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Gräf, M. (2010). *Arbeitssystemanalyse am Beispiel eines Tower-Lotsen an einem Regionalflughafen*. unveröffentlichte Studienarbeit an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Hacker, W. (1989a). How to feed the Computer quickly? Pros and cons of hierarchical data organization. *Man-Computer Interaction Research, II*, 275–282.
- Hacker, W. (1989b). On the utility of procedural rules: conditions of the use of rules in the production of operation sequences. *Ergonomics*, 32(7), 717–732. doi:10.1080/00140138908966838.
- Hacker, W. (2002). *Denken in der Produktentwicklung: psychologische Unterstützung der frühen Phasen*. München; Mering; Zürich: Hampp ; Vdf, Hochsch.-Verlag an der ETH.
- Hagemann, T. (2000). *Belastung, Beanspruchung und Vigilanz in der Flugsicherung: unter besonderer Berücksichtigung der Towerlotsentätigkeit*. Frankfurt am Main ; New York: P. Lang.
- Hargadon, A. B. (2002). Brokering knowledge: linking learning and innovation. *Research in organizational behavior : an annual series of analytical essays and critical reviews*, 24, 41–85.
- Hauschildt, J. (2004). *Innovationsmanagement*. München: Verlag Franz Vahlen.
- Hauss, Y. (2006). *Die Erhebung von situation awareness zur prospektiven Bewertung von Aspekten der Mensch-Maschine-Systemsicherheit*. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Heilmann, H. (1981). *Modelle und Methoden der Benutzermitwirkung in Mensch-Computer-Systemen*. Stuttgart; Wiesbaden: Forkel.
- Henderson, R. M. & Clark, K. B. (1990). Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 9–30.
- Henninger, S. (1997). An evolutionary approach to constructing effective software reuse repositories. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 6(2), 111–140. doi:10.1145/248233.248242.
- Heß, H. & Scheer, A.-W. (2002). Retrieval wiederverwendbarer Softwarebausteine. *Wirtschaftsinformatik*, 34(2), 190–200.

-
- Hill, B. (1999). *Naturorientierte Lösungsfindung: Entwickeln und Konstruieren nach biologischen Vorbildern*. Renningen-Malmsheim: Expert Verlag.
- Hof, H. & Wengenroth, U. (Eds.). (2007). *Innovationsforschung: Ansätze, Methoden, Grenzen und Perspektiven*. Hamburg: Lit.
- Holwegler, B. (2000). *Implikationen der Technologiediffusion für technologische Arbeitslosigkeit*. Stuttgart: Univ. Hohenheim.
- Holyoak, K. J. (1985). The Pragmatics of Analogical Transfer. *Psychology of Learning and Motivation Psychology of Learning and Motivation*, 19, 59–87.
- Holyoak, K. J., Morrison, R. G. & Holyoak, K. J. (Eds.). (2005). Analogy. In *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* (pp. 117–142). New York: Cambridge University Press.
- Holyoak, K. J. & Thagard, P. (1997). The analogical mind. *The American Psychologist*, 52(1), 35–44.
- Hopkin, V. D. (1995). *Human factors in air traffic control*. London ; Bristol, PA: Taylor & Francis.
- Hoyos, C. (1974). *Arbeitspsychologie*. Stuttgart: W. Kohlhammer.
- Isselmann, W. (2009). *Bewertung und Anwendung innovativer Medientechnik in der Flugsicherung*. unveröffentlichte Studienarbeit an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Jackson, T. F. (1980). System User Acceptance Thru System User Participation. *Proc Annu Symp Comput Appl Med Care*, v. 3(November 5), 1715–1721.
- Johannsen, G. (1993). *Mensch-Maschine-Systeme*. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag.
- Kaiser, J. (2004). *Verwendung stereoskopischer Informationsdarstellung in durchsichtfähigen Anzeigen am Beispiel eines Head-Up Displays*. Ergonomia Verlag, Stuttgart.
- Kalogerakis, K., Lüthje, C. & Herstatt, C. (2010). Developing Innovations Based on Analogies: Experience from Design and Engineering Consultants. *Journal of Product Innovation Management*, 27(3), 418–436. doi:10.1111/j.1540-5885.2010.00725.x.
- Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F. & Tsuji, S. (1984). Attractive quality and must-be quality. *Hinshitsu: The Journal of the Japanese Society for Quality Control*, (4), 39–48.
- Kaune, V. (2013). *Entstehung und Eigenschaften von UFG Gradientengefügen durch Spaltprofilieren und Spaltbiegen höherfester Stähle* (Dissertation). Technische Universität Darmstadt, Darmstadt.
- Keuper, F. (2013). *Digitalisierung und Innovation: Planung, Entstehung, Entwicklungsperspektiven*. Wiesbaden: Springer Gabler.

-
- Keutgen, I. (2000). *Vom Zulieferer zur Zuliefererkomponente: gezielte Informationsbereitstellung in der Produktentwicklung durch virtuellen Marktplatz CompoNET*. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Kiepsch, H.-J., Decker, Christian & Harlfinger-Woitzik, Gudrun. (2005). *Mensch und Arbeitsplatz*. Köln: Heymann.
- Kirchner, J. (1998). Ergonomie. Skript zur Vorlesung an der Technischen Universität Braunschweig – 2. vollständig überarbeitete Auflage.
- Klein, H. J., Wesson, M. J., Hollenbeck, J. R. & Alge, B. J. (1999). Goal commitment and the goal-setting process: conceptual clarification and empirical synthesis. *The Journal of Applied Psychology*, 84(6), 885–896.
- König, C. (2012). *Analyse und Anwendung eines menschenzentrierten Gestaltungsprozesses zur Entwicklung von Human-Machine-Interfaces im Arbeitskontext am Beispiel Flugsicherung*.
- König, C., Hofmann, T., Bruder, R. & Bergner, J. (2008). Arbeitsplatz Tower – Interessensrelevante Visualisierung komplexer Datenstrukturen. *VDI-Berichte.*, 2041, 287–298.
- Koros, A., Della Rocco, P. S., Panjwan, G., Ingurgio, V. & D'Arcy, J.-F. (2006). *Complexity in Airport Traffic Control Towers: A Field Study. Part 2. Controller Strategies and Information Requirements* (Technical Report No. DOT/FAA/TC-06/22). Atlantic City International Airport, NJ 08405: Federal Aviation Administration William J. Hughes Technical Center.
- Kotler, P., Bliemel, F. & Keller, K. L. (2011). *Marketing-Management: Strategien für wertschöpfendes Handeln*. München [u. a.: Pearson Studium.
- Kraif, U. & Wermke, M. (2010). *Duden – das Fremdwörterbuch*. (Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, Dudenredaktion, Ed.). Mannheim: Duden Verlag.
- Krampen, G. (1993). Diagnostik der Kreativität. In G. Trost, K. Ingenkamp & R. S. Jäger (Eds.), *Tests und Trends 10: Jahrbuch der Pädagogischen Diagnostik*. (pp. 11–39). Weinheim: Beltz.
- Kujala, S. (2003). User involvement: A review of the benefits and challenges. *Behaviour & Information Technology*, 22(1), 1–16.
- Landau, K. (2007). *Lexikon Arbeitsgestaltung: best practice im Arbeitsprozess*. Stuttgart; Stuttgart: Gentner ; Ergonomia.
- Lederman, S. J. & Klatzky, R. L. (1987). Hand movements: A window into haptic object recognition. *Cognitive Psychology*, 19(3), 342–368.
- Lindemann, U. (2007). Können Ingenieure Innovationen generieren? In H. Hof & U. Wengenroth (Eds.), *Innovationsforschung: Ansätze, Methoden, Grenzen und Perspektiven* (pp. 87 – 102). Hamburg: Lit.
- López, A. L. & Sendat, J.-P. (2009). Investment analysis in R&D Air Traffic Management using decision analysis techniques: standard practices in European projects. Presented at the Conference on Air Traffic Management Economics, Belgrad.

-
- Luczak, H. (1997). *Arbeitswissenschaft: Analyse und Gestaltung der Arbeit*. Berlin: Springer.
- Lux, W. (2012). *Innovationen im Handel: Verpassen wir die Megatrends der Zukunft?*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Majchrzak, A., Cooper, L. P. & Neece, O. E. (2004). Knowledge Reuse for Innovation. *Management Science*, 50(2), 174–188.
- Manning, C. & Stein, E. (2005). Measuring Air Traffic Controller Performance in the 21st Century. In B. Kirwan, M. Rodgers & D. Schäfer (Eds.), *Human factors impacts in air traffic management* (pp. 283–316). Aldershot, England ; Burlington, VT: Ashgate.
- Martin, M. J. C. (1994). *Managing innovation and entrepreneurship in technology-based firms*. New York: Wiley.
- Matt, C. (2011). Software für das Innovationsmanagement. *Controlling & Management*, 55(6), 332–335. doi:10.1007/s12176-011-0098-3
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Meier, A. & Stormer, H. (2008). *eBusiness & eCommerce Management der digitalen Wertschöpfungskette*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg : Imprint: Springer.
- Meifert, M. & Kienbaum, J. (2009). Betriebliche Innovation zwischen Mitarbeitermotivation und -widerstand. In K. Schmidt, R. Gleich & A. Richter (Eds.), *Gestaltungsfeld Arbeit und Innovation Perspektiven und best practices aus dem Bereich Personal und Innovation: [Arbeit, Qualifizierung und Fachkräftemangel, Arbeitswelten und ihre Gestaltung, Innovationen und Mitarbeit, Förderung von Lernen und Wissen, Perspektiven in der Weiterbildung]*. Freiburg, Br; Berlin; München [i.e.] Planegg: Haufe-Mediengruppe.
- Miličić, N. (2010). *Sichere und ergonomische Nutzung von Head-Up Displays im Fahrzeug*. Technische Universität München.
- MIL-STD-1472. (1999). *Design Criteria Standard: Human Engineering*. (United States Department of Defense, Ed.).
- Mitterdorfer-Schaad, D. D. (2001). *Modellierung unternehmensspezifischer Innovations-Prozessmodelle*. Zürich: ETH.
- Möller, K., Gamm, N., Braun, M., Iserloh, B., Kastner, M. & Kliesch, G. (2008). Zeitschrift für Management, 3(3), 247 – 280.
- Moran, T. P. (1981). The Command Language Grammar: a representation for the user interface of interactive computer systems. *YIMMS International Journal of Man-Machine Studies*, 15(1), 3–50.
- Moritz, E. F. (2009). *Holistische Innovation Konzept, Methodik und Beispiele*. Berlin: Springer.
- Neveu, C., Blackmon, T. & Stark, L. (1998). Evaluation of the Effects of a Head-mounted Display on Ocular Accommodation. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 7(3), 278–289. doi:10.1162/105474698565712

-
- Niessen, C., Leuchter, S. & Eyferth, K. (1998). A Psychological Model of Air Traffic Control and Its Implementation. In F. E. Ritter, R. M. Young & European Conference on Cognitive Modelling (Eds.), *Proceedings of the Second European Conference on Cognitive Modelling (ECCM-98): Nottingham, UK, 1st-4th April 1998* (pp. 104–111.). Nottingham, UK: Nottingham University Press.
- Norman, D. A. (2010). Technology First, Needs Last: The Research-product Gulf. *Interactions*, 17(2), 38–42. doi:10.1145/1699775.1699784.
- O'Sullivan, D. & Dooley, L. (2009). *Applying innovation*. Thousand Oaks: Sage.
- Ostertag, E., Hendler, J., Díaz, R. P. & Braun, C. (1992). Computing similarity in a reuse library system: an AI-based approach. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 1(3), 205–228. doi:10.1145/131736.131739.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K.-H. (2006). *Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung*. Berlin: Springer.
- Pavitt, K. (1980). *Technical innovation and British economic performance*. (University of Sussex & Science Policy Research Unit, Eds.). London: Macmillan.
- Peschke, H. (1988). Partizipative Entwicklung und Einführung von Informationssystemen. In H. Balzert, H. U. Hoppe, R. Oppermann, H. Peschke, G. Rohr & N. Streitz (Eds.), *Einführung in die Software-Ergonomie* (pp. 299–322). Berlin; New York: de Gruyter.
- Peterson, S., Axholt, M. & Ellis, S. R. (2007). Very large format stereoscopic head-up display for the airport tower. In *In Proceedings of the Virtual Images Seminar, number 16. CNRS/Renault*.
- Pleschak, F. & Sabisch, H. (1996). *Innovationsmanagement*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Porter, M. E. (1998). *Competitive strategy techniques for analyzing industries and competitors*. New York: Free Press.
- Prieto-Diaz, R. & Freeman, P. (1987). Classifying Software for Reusability. *IEEE Software*, 4(1), 6–16. doi:10.1109/MS.1987.229789.
- Pritchard, R. D. & Paquin, A. R. (1997). Messung und Steigerung der Produktivität in Organisationen. *Zeitschrift für Arbeits- Und Organisationspsychologie*, 41(3), 157–163.
- Rauterberg, M., Menge, S. & Ritz, S. (1994). *Benutzerorientierte Software-Entwicklung: Konzepte, Methoden und Vorgehen zur Benutzerbeteiligung*. Zürich; Stuttgart: Vdf, HochschulVerlag an der ETH Zürich ; Teubner.
- REFA-Verband (Ed.). (1991). *Methodenlehre der Betriebsorganisation – Grundlagen der Arbeitsgestaltung*. München: Hanser.
- Reichert, L. (1993). *Evolution und Innovation: Prolegomenon einer interdisziplinären Theorie betriebswirtschaftlicher Innovationen*. Berlin: Duncker & Humblot.
- Reinecke, S. & Janz, S. (2007). *Marketingcontrolling Sicherstellung von Marketingeffektivität und -effizienz*. (H. Diller & R. Köhler, Eds.). Stuttgart: Kohlhammer.

-
- Reisman, R. J. & Brown, D. M. (2006). Design of Augmented Reality Tools for Air Traffic Control Towers. In *AIAA-2006-7713* (pp. 25–27 Sep. 2006). Wichita: KS.
- Reisman, R. J. & Ellis, S. (2003). Augmented Reality for Air Traffic Control Towers. In *ACM SIGGRAPH 2003 Sketches & Applications* (pp. 1–1). New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/965400.965426
- Richtlinie 89/391/EWG. (2008). *EG-Richtlinien zu Sicherheits- und Gesundheitsschutz: [Richtlinie des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit (89/391/EWG) ABl. Nr. L 183 vom 29.6.1989 (ohne Fußnotenverweise)]*. (Rat der Europäische Gemeinschaften, Ed.). Weinstadt: Adolph Tech Dok Verlag.
- Röbig, A., König, C., Bruder, R. & Hofmann, T. (2010). Entwicklung eines Low Cost Tower Simulators zur Evaluation arbeitswissenschaftlicher Fragestellungen. *VDI-Berichte.*, 2099, 67–76.
- Robson, L. ., Clarke, J. ., Cullen, K., Bielecky, A., Severin, C., Bigelow, P. ., ... Mahood, Q. (2007). The effectiveness of occupational health and safety management system interventions: A systematic review. *Safety Science*, 45(3), 329–353.
- Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of innovations*. New York; London: Free Press ; Collier Macmillan.
- Roth, K. (1994). *Konstruieren mit Konstruktionskatalogen II: Katalog*. Berlin; Heidelberg: Springer.
- Rüggeberg, H. (2009). *Innovationswiderstände bei der Akzeptanz hochgradiger Innovationen aus kleinen und mittleren Unternehmen*. (G. Bruche, H. Herr, F. Nagel & S. Ripsas, Eds.). Berlin: Fachhochschule für Wirtschaft Berlin.
- Schirmer, W. (1996). *Technischer Lärmschutz: Grundlagen und praktische Massnahmen an Maschinen und in Arbeitsstätten zum Schutz des Menschen vor Lärm und Schwingungen*. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Schlick, C., Luczak, H. & Bruder, R. (2010). *Arbeitswissenschaft*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Schmid, U., Wirth, J. & Polkehn, K. (2003). A closer look at structural similarity in analogical transfer. *Cognitive Science Quarterly*, 3(1), 57–89.
- Schmookler, J. (1966). *Invention and economic growth*. Cambridge: Harvard University Press.
- Schneid, M. (2009). *Entwicklung und Erprobung eines kontaktanalogen Head-Up-Displays im Fahrzeug*. Cuvillier.
- Schulthess, M. (2012). *Die Nutzung von Analogien im Innovationsprozess Eine Untersuchung der Bedingungsfaktoren und Wirkungen*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Schulthess, M. (2013). Ein Blick in fremde Branchen lohnt sich. *Marketing Review St. Gallen : Die Neue Thexis-Marketingfachzeitschrift Für Theorie Und Praxis*, 30(1), 98–107. doi:10.1365/s11621-013-0194-1

-
- Schumpeter, J. A. (1939). *Business Cycles: a theoretical, historical, and statistical analysis of the capitalist process*. New York [u. a.]: McGraw-Hill.
- Shneiderman, B. & Plaisant, C. (2005). *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. Boston: Pearson/Addison Wesley.
- Smolensky, M. W., Stein, E. S. & Hopkin, V. D. (Eds.). (1998). The Impact of Automation on Air Traffic Control Specialists. In *Human factors in air traffic control*. San Diego: Academic Press.
- Smolny, W., Schneeweis, Thomas. (1996). *Innovation, Wachstum und Beschäftigung eine empirische Untersuchung auf der Basis des Ifo-Unternehmenspanels*. Konstanz: Forschungsschwerpunkt Internat. Arbeitsmarktforschung, Univ.
- Spath, D., Ardilio, A. & Warschat, J. (2011). *Technologiemanagement: Radar für Erfolg*. Ludwigsburg, Württ: LOG X.
- Stirn, H. (1980). *Arbeitswissenschaft: Grundlagen, Abgrenzungen, Probleme*. Opladen: Leske und Budrich.
- Stirnman, M., Rothmann, V., Graham, R., Dowdall, R. & Eveleigh, R. (2005). *C-ATM High-Level Operational Concept. Deployable From 2012. Version 1.2* (No. CATM-WP111-ERC-HLOC-D111- V0120). EUROCONTROL.
- Tavanti, M. (2006). *Control Tower Operations: A Literature Review of Task Analysis Studies* (No. EEC Note No. 10/06). EUROCONTROL EXPERIMENTAL CENTRE.
- Terninko, J., Zusman, A. & Zlotin, B. (1998). *TRIZ – der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt: Ideen produzieren, Nischen besetzen, Märkte gewinnen*. Landsberg/Lech: Mi, Verlag Moderne Industrie.
- The European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL). (2008). *Challenges of Growth 2008 – Summary Report*.
- Troll, L. (2002). Das „Arbeitsmittel“-Konzept – ein Instrument zur Beobachtung des beruflichen und technischen Wandels. In K., Gerhard Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (Ed.), *IAB-Kompendium Arbeitsmarkt- und Berufsforschung* (pp. 277–290). Nürnberg: Zentralamt der Bundesanst. für Arbeit.
- Türk, A., Dietz-Kullmann, S., Ehret, T. & Ruehl, O. (2011). Überblick und Einsatzgebiete der Towersimulatoren in der DFS. *TE Im Fokus*, 1(11), 3–7.
- Tushman, M., Nadler, David. (1986). Organizing for Innovation. *California Management Review California Management Review*, 28(3), 74–92.
- Utterback, J. M. (1971). The process of innovation : A Study of the Origination and Development of Ideas for New Scientific Instruments. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 18(4), 124–131.
- Vahs, D. & Burmester, R. (1999). *Innovationsmanagement: von der Produktidee zur erfolgreichen Vermarktung*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

-
- VDI Richtlinie 2221. (1993). *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*. (Verein Deutscher Ingenieure, Ed.). Berlin: Beuth Verlag.
- VDI Richtlinie 2222, Blatt 2. (1982). *VDI 2222, Blatt 2 – Konstruktionsmethodik: Erstellung und Anwendung von Konstruktionskatalogen*. (Verein Deutscher Ingenieure, Ed.). Berlin: Beuth Verlag.
- VDI/VDE 3850, Blatt 2. (2002). *Nutzergerechte Gestaltung von Bediensystemen für Maschinen Interaktionsgeräte für Bildschirme*. (Verein Deutscher Ingenieure & Verband der Elektrotechnik Informationstechnik, Eds.). Berlin: Beuth Verlag.
- Völckers, U. (1978). *Wiederverwenden konstruktiver Lösungen durch Aufbau firmenspezifischer Konstruktionskataloge*. Braunschweig.
- Von Rosenstiel, L. (1987). Partizipation: Betroffene zu Beteiligten machen. In L. von Rosenstiel, H. E. Einsiedler, R. K. Streich & S. Rau (Eds.), *Motivation durch Mitwirkung* (pp. 1–11). Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Wandke, H., Oed, R., Metzker, E., Ballegooy, M. van & Nitschke, J. (2010). *Die Entwicklung von User Interfaces als arbeitswissenschaftlicher Prozess und seine Unterstützung durch Software-Konzepte*. GRIN Verlag.
- Weis, B. X. (2012). *Praxishandbuch Innovation Leitfaden für Erfinder, Entscheider und Unternehmen*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Westkämper, E. & Balve, P. (2003). Technologiemanagement in produzierenden Unternehmen. In H.-J. Bullinger, H.-J. Warnecke, E. Westkämper, J. Niemann, P. Balve, S. Bauer & G. Gerlach (Eds.), *Neue Organisationsformen im Unternehmen. 2., neu bearb. und erw. Aufl.* (pp. 274–289). Berlin: Springer.
- Wickens, C. D. & Colcombe, A. (2007). Dual-Task Performance Consequences of Imperfect Alerting Associated With a Cockpit Display of Traffic Information. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 49(5), 839–850.
- Wickens, C. D., Mavor, A. S. & Mc Gee, J. P. (1997). *Flight to the future: human factors in air traffic control*. (National Research Council (U.S.), Ed.). Washington, D.C: National Academy Press.
- Winter, G., Schaub, K., Landau, K., Großmann, K. & Laun, G. (1990). DESIGN CHECK – Ein Werkzeug zur ergonomischen Bewertung von körperlicher Arbeit bei Montagetätigkeiten. *Angewandte Arbeitswissenschaft : Zeitschrift für die Unternehmenspraxis*, (Nr. 160), 16 – 35.
- Witte, E. (1973). Innovationsfähige Organisation, Vol. 42(No. 1), 17–24.
- Wördenweber, B. & Wickord, W. (2008). *Technologie- und Innovationsmanagement im Unternehmen: Lean Innovation*. Berlin u. a.: Springer.
- Zanker, W. (1999). *Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden*. Aachen: Shaker.

Zelewski, S. & Alparslan, A. (Eds.). (2004). *Industrieprobte Lösungen und Werkzeuge für*

Zink, K. J. (2009). *Veränderungsprozesse erfolgreich gestalten*. Springer.

Zink, K. J., Ritter, A. & Thul, M. (1993). *Mitarbeiterbeteiligung bei Prozessinnovationen: Verknüpfbarkeit von Wirtschaftlichkeit und Humanisierung der Arbeit bei Einführung neuer Technologien*. Bremerhaven: WirtschaftsVerlag NW, Verlag für Neue Wiss.

Internetquellen

- Amazon (2013). Amazon.de. Retrieved December 12, 2013, from <http://www.amazon.de/>
- Bangor, A. W. (2000). *Display Technology and Ambient Illumination Influences on Visual Fatigue at VDT Workstations*. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia. Retrieved from <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-03072001-091123/unrestricted/vfatigue.pdf>
- Bircher, M. (2005). *Die integrale Produktinnovation ein Ansatz zur Unterstützung von Innovationsprojekten*. Zürich: ETH. Retrieved from <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=diss&nr=16259>
- Braun, T. E. (2005). *Methodische Unterstützung der strategischen Produktplanung in einem mittelständisch geprägten Umfeld*. München: Verlag Dr. Hut. Retrieved from <http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=979052297>
- Brink, V., Ihmels, S. & Haug, J. (2008). Einführung eines Instrumentariums zur strategischen Produkt- und Technologieplanung in einem Unternehmen der elektrischen Antriebstechnik. In J. Gausemeier (Ed.), *Tagungsband des 4. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung*. Berlin: Universität Paderborn, Heinz Nixdorf Inst. Retrieved from http://www.innovationsdatenbank.de/images/stories/downloads/4_SVT_2008_Antriebstechnik.pdf
- Cooper, R. G. (2001). *Winning at new products accelerating the process from idea to launch*. Cambridge, Mass.: Perseus Pub. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=71117>
- designs-world-of-weblog. (2009). Testfahrt BMW 730D (F01). Retrieved January 19, 2014, from <http://www.motor-talk.de/blogs/designs-world-of-weblog/testfahrt-bmw-730d-f01-t2131204.html>
- Duden. (2013). Katalog. Retrieved December 12, 2013, from <http://www.duden.de/rechtschreibung/Katalog>
- Eversheim (Ed.). (2003). *Innovationsmanagement für technische Produkte*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:1111-20110510545>
- Federal Aviation Administration. (2014). Next Generation Air Transportation System (NextGen). Retrieved January 19, 2014, from <http://www.faa.gov/nextgen/>
- Fürstenau, N., Rudolph, M., Schmidt, M., Lorenz, B. & Albrecht, T. (2004). On the use of transparent rear projection screens to reduce head-down time in the air-traffic control tower. In D. A. Vincenzi, M. Mouloua & P. A. Hancock (Eds.), *Human Performance, Situation Awareness and Automation: Current Research and Trends* (Vol. I, pp. 195–200). Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. Retrieved from <http://elib.dlr.de/4096/>

-
- Heintz, A. (1998). *Anforderungsanalysen in der Flugverkehrskontrolle: Ein Vergleich verschiedener Arbeitspositionen* (Berichtsreihe No. 98-18). Köln-Porz: Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin. Retrieved from <http://elib.dlr.de/4480/>
- Hein, M. (2003). *Optimierungspotentiale der Schnittstelle zwischen zentraler Vorfeld- und Platzkontrolle an deutschen Verkehrsflughäfen: ein Beitrag zur systemverträglichen Entwicklung des Luftverkehrs*. Dortmund. Retrieved from <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-201101031087>
- Heinz Nixdorf Institut & Lehrstuhl für Produktentstehung (Eds.). (2013). *Leistungsangebot: Innovationsmanagement mit der Innovations-Datenbank*. Retrieved from <https://www.hni.uni-paderborn.de/fileadmin/Schnelleinstieg/Unternehmen/Innovationsmanagement.pdf>
- Herstatt, C. & Schild, K. (2004). *Systematische Nutzung von Analogien bei der Entwicklung innovativer Produkte* (No. 28). Working Papers / Technologie- und Innovationsmanagement, Technische Universität Hamburg-Harburg. Retrieved from <http://www.econstor.eu/handle/10419/55468>
- Holz auf der Heide, B. & Ortlieb, S. (1993). Benutzer bei der Software-Entwicklung angemessen beteiligen — Erfahrungen und Ergebnisse mit verschiedenen Konzepten. In K.-H. Rödiger (Ed.), *Software-Ergonomie '93* (pp. 249–261). Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag. Retrieved from http://link.springer.com/10.1007/978-3-322-82972-6_21
- ISO/IEC 15288. (2008). *Systems and software engineering system life cycle processes*. Geneva: ISO/IEC-IEEE. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=4475823>
- ISO/TR 16982. (2002). *Ergonomics of human-system interaction – Usability methods supporting human-centred design*. Retrieved from http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=31176
- Jones, L. A. & Lederman, S. J. (2006). *Human Hand Function*. Oxford University Press. Retrieved from <http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780195173154.001.0001/acprof-9780195173154>
- Köper, B. (2001). *Neue Anforderungen und Beanspruchung in der Flugsicherung durch moderne technische Systeme* (Dissertation). Universität Dortmund, Dortmund. Retrieved from <http://eldorado.tu-dortmund.de/handle/2003/2935>
- Koudal, P. (2004). *Mastering innovation: exploiting ideas for profitable growth*. (Deloitte Research, Ed.). [New York]: Deloitte. Retrieved from <http://robertoigarza.files.wordpress.com/2008/03/rep-mastering-innovation-exploiting-ideas-for-profitable-growth-deloitte-2004.pdf>
- rainer, I., Sockoll, I. & Bödeker, W. (2009). Die Evidenzbasis für betriebliche Gesundheitsförderung und Prävention – Eine Synopse des wissenschaftlichen Kenntnisstandes. In B. Badura, H. Schröder, C. Vetter & M. L. Bienert (Eds.), *Betriebliches Gesundheitsmanagement Kosten und Nutzen: Zahlen, Daten, Analysen aus allen Branchen der Wirtschaft*

-
- (pp. 65 – 76). Heidelberg: Springer Medizin. Retrieved from <http://site.ebrary.com/id/10426081>
- Landau, K. (2012, June 20). *Betriebliche Gesundheitsvorsorge*. Presented at the Sächsischer Betriebsärztetag 2012, Klinik Bavaria Kreisch, Dresden. Retrieved from <http://www.arbeitsschutz.sachsen.de/1381.htm>
- Landau, K. & Rohmert, W. (1987). Aufgabenbezogene Analyse von Arbeitstätigkeiten. In U. Kleinbeck & J. Rutenfranz (Eds.), *Arbeitspsychologie* (Vol. 1, pp. 75–12). Göttingen, Toronto, Zürich: Verlag Hogrefe. Retrieved from <http://tubiblio.ulb.tu-darmstadt.de/45287/>
- Lang, K.-P. (2005). *Konstruktion betriebswirtschaftlicher Standard-Anwendungssysteme aus Anwendungselemente*. Darmstadt. Retrieved from <http://elib.tu-darmstadt.de/diss/000721/>
- Lindemann, U. (2009). *Methodische Entwicklung technischer Produkte Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-01423-9>
- Matysek, M. & Kern, T. A. (2009). *Entwicklung Haptischer Geräte ein Einstieg für Ingenieure*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from <http://public.eblib.com/EBLPublic/PublicView.do?ptiID=417938>
- Müller-Stewens, G. & Lechner, C. (2011). *Strategisches Management: wie strategische Initiativen zum Wandel führen; der St. Galler General-Management-Navigator*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel. Retrieved from <http://www.econbiz.de/Record/strategisches-management-wie-strategische-initiativen-zum-wandel-f%C3%BChren-der-st-galler-general-management-navigator-m%C3%BCller-stewens-g%C3%BCnter/10009302176>
- Navy, U. S. (2013). *F/A-18E/F cockpit*. Retrieved from http://commons.wikimedia.org/wiki/File:F-18E_cockpit_m02006112600499.jpg
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Cambridge, Mass.: AP Professional. Retrieved from <http://proquest.safaribooksonline.com/?fpi=9780125184069>
- Rantanen, J. (1999). Changing working conditions – new and changing burdens for employees. In C. "The C. W. of W. European Agency for Safety and Health at Work (Ed.), *The changing world of work El cambiante mundo del trabajo = Le monde changeant du travail = Veränderungen in der Arbeitswelt: conference hosted jointly by the Austrian Presidency of the European Union and the European Agency for Safety and Health at Work, Bilbao, 19 – 21 Oct. 1998*. Luxembourg: Off. for Off. Publ. of the Europ. Communities. Retrieved from <http://agency.osha.eu.int/publications/conference/conference98/conference98.pdf>
- Rohmert, W. (1973). *Psycho-physische Belastung und Beanspruchung von Fluglotsen*. Gentner. Retrieved from <http://books.google.de/books?id=OulEtwAACAAJ>
- Roth, K. (2000). *Konstruieren mit Konstruktionskatalogen I: Konstruktionslehre*. Berlin: Springer. Retrieved from <http://oclc-marc.ebrary.com/id/10645281>
-

-
- Rudlof, C. (2006). *Handbuch Software-Ergonomie: Usability Engineering*. Tübingen: Unfallkasse Post und Telekom. Retrieved from <http://www.uktp.de>
- Rüggeberg, H. & Burmeister, K. (2008). *Innovationsprozesse in kleinen und mittleren Unternehmen*. Berlin School of Economics (FHW Berlin) Berlin. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10419/74333>
- Schmidt, M., Rudolph, M., Werther, B. & Fürstenau, N. (2006). Remote Airport Tower Operation with Augmented Vision Video Panorama HMI. In S. Pejčić & F. T. & T. E. Univ. Belgrad (Eds.), *Proceedings 2nd Int. Conf. on Research in Air Traffic Management (ICRAT 2006)* (pp. 221–230). Belgrad: DS Public, d.o.o., Belgrade. Retrieved from <http://elib.dlr.de/22940/>
- Seidel, M. (2005). *Methodische Produktplanung Grundlagen, Systematik und Anwendung im Produktentstehungsprozess*. Karlsruhe: Univ.-Verlag Retrieved from <http://www.uvka.de/univerlag/volltexte/2005/53/pdf/Seidel.pdf>
- Stahl, L. & Antonucci, R. (2009, 29.07). *IntraPRO INNOVATION (IPI): Auf der Suche nach den „Nuggets“: Methoden zur systematischen, IT-gestützten Bewertung von Produktideen*. Presented at the BAYME/BME: Business Excellence Days, München. Retrieved from http://www.xws.de/Portals/11/Software/IPI/XWS_IRM_SiB.pdf
- Stahl, L. & Antonucci, R. (2013). Innovationen erfolgreich auf dem Markt platzieren. (XWS Cross Wide Solutions GmbH, Ed.). Retrieved from http://www.xws.de/Portals/11/Software/IPI/XWS_IRM_SiB.pdf
- Stapelkamp, T. (2007). *Screen- und Interfacedesign Gestaltung und Usability für Hard- und Software*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-32950-3>
- Stern, T. & Jaberg, H. (2010). *Erfolgreiches Innovationsmanagement Erfolgsfaktoren – Grundmuster – Fallbeispiele*. Wiesbaden: Gabler. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-8846-1>
- Stuart, G. W., Mc Anally, K. I. & Meehan, J. W. (2001). HEAD-UP DISPLAYS AND VISUAL ATTENTION: INTEGRATING DATA AND THEORY. *Human Factors and Aerospace Safety*, 1(2). Retrieved from <http://trid.trb.org/view.aspx?id=717647>
- Thommen, J.-P. (2013). Gabler Wirtschaftslexikon. Retrieved December 19, 2013, from <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/4968/analogie-v9.html>
- Universitäts Klinikum Heidelberg. (2013). Da Vinci. Retrieved December 10, 2013, from <http://www.klinikum.uni-heidelberg.de/Da-Vinci.105354.0.html>
- Verworn, B. & Herstatt, C. (2007). Bedeutung und Charakteristika der frühen Phasen des Innovationsprozesses. In C. Herstatt & B. Verworn (Eds.), *Management der frühen Innovationsphasen* (pp. 3–19). Wiesbaden: Gabler. Retrieved from http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-3-8349-9293-2_1

-
- Wagner, D. & Herlt, S. (2010). *Perspektiven des Personalmanagements 2015*. Wiesbaden: Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-8905-5>
- Weintraub, D. J. & Ensing, M. J. (1992). *Human factors issues in head-up display and design: the book of HUD*. Wright-Patterson AFB, Ohio: Crew System Ergonomics Information Analysis Center. Retrieved from http://gso.gbv.de/DB=2.1/CMD?ACT=SRCHA&SRT=YOP&IKT=1016&TRM=ppn+180550632&sourceid=fbw_bibsonomy
- Welt Online (2013, June 13). Fluglotse wird zum hart umkämpften Traumberuf. *Welt Online*. Retrieved from <http://www.welt.de/regionales/frankfurt/article117113056/Fluglotse-wird-zum-hart-umkaempften-Traumberuf.html>
- Wickens, C. D., Mavor, A. S., Parasuraman, R. & Mc Gee, J. P. (1998). *Future of Air Traffic Control: Human Operators and Automation*. (Panel on Human Factors in Air Traffic Control Automation & National Research Council, Eds.). Washington, D.C: National Academies Press. Retrieved from http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=6018
- Williams, M. & Helbig, R. (2007). Sicherheitsleitfaden für mobile Dienste im automobilen Nutzungsbereich. In *Mobile Dienste im Auto der Zukunft*. Retrieved from <http://tubiblio.ulb.tu-darmstadt.de/43254/>
- XWS Cross Wide Solutions GmbH (Ed.). (2013a). Business Case Development: Kurzbeschreibung – IntraPRO INNOVATION v13. Retrieved from http://www.xws.de/Portals/11/Software/IPI/XWS_BCD-SiB.pdf
- XWS Cross Wide Solutions GmbH (Ed.). (2013b). Idea&Request Management: Kurzbeschreibung – IntraPRO INNOVATION v2. Retrieved from http://www.xws.de/Portals/11/Software/IPI/XWS_IRM_SiB.pdf
- XWS Cross Wide Solutions GmbH (Ed.). (2013c). Management-Überblick: IntraPRO INNOVATION™ – Software für das Innovationsmanagement v26. Retrieved from http://www.xws.de/Portals/3/Software/XWS_IPI-Managementinfo.pdf
- Produktentwicklung, Engineering und Kompetenzmanagement.: Proceedings zum Abschlussworkshop der Verbundprojekte GINA, KOEFFIZIENT und KOWIEN, 05.-06.10.2004 in Braunschweig.* Essen. Retrieved from http://www.pim.wiwi.uni-due.de/uploads/tx_itochair3/publications/Zelewski_Alparslan_-_Industrieerprobt_Loesungen_und_Werkzeuge_fuer_Produktentwicklung_Engineering_und_Kompetenzmanagement.pdf
- Zimmermann, C. (2001). *Belastung und Beanspruchung von Fluglotsen – Validierung und vergleichende Bewertung arbeitsanalytischer Fragebogenverfahren unter Einschluß objektiver Arbeitsplatzdaten*. Universität Dortmund, Dortmund. Retrieved from <http://eldorado.tu-dortmund.de/handle/2003/2934>

Betreute studentische Arbeiten

Das Dissertationsvorhaben baut u. a. auf Erkenntnissen von studentischen Arbeiten auf, die durch mich betreut wurden. Die folgenden Arbeiten sind in das Dissertationsvorhaben eingeflossen.

Al Balushi, G. (2013). *Recherche und Systematisierung von innovativen Arbeitsmitteln zur Gestaltung von Arbeitssystemen am Beispiel von Mensch-Maschine Systemen*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.

Beck, B., Laurentius, S., Schröder, J. Wang, Y. (2012). *Entwicklung eines Head-Up-Systems für den Arbeitsplatz des Towerlotsen*. Unveröffentlichtes Advanced Design Project an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.

Beckerle, A., Butterweck, K., Ehrlicher, T., Fräse, R., Messer, R. (2013). *Entwicklung eines Kataloges zur Unterstützung der Gestaltung von strategisch geplanten Arbeitsmitteln um den Bereich der Mensch-Maschine Systeme am Beispiel des Fluglotsen-Arbeitsplatzes*. Unveröffentlichtes Advanced Design Project an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.

Behnecke, T. (2012). *Entwicklung eines Wiki-Konzeptes zur Unterstützung der Arbeitsabläufe in einem wissenschaftlichen Institut*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.

Beier, S. (2013). *Einsatzmöglichkeiten unkonventioneller Mensch-Maschine Systeme in Arbeitssystemen der Flugsicherung*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.

Büddefeld, M. C. (2013). *Analyse und Bewertung von bestehenden Entwicklungsansätzen hinsichtlich ihrer potenziellen Eignung zur Entwicklung innovativer Arbeitsmittel*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.

Brhan, A., Karimi, A. (2013). *Ermittlung innovativer Mensch-Maschine Systeme für zukünftige Fluglotsen*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.

Dietrich, P. (2011). *Untersuchung von Usability-Aspekten bei objektbasierten Interaktionen*. Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.

Effinowicz, F. (2011). *Development of a haptic input device for touch screen based HMIs*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.

Feistenauer, H., Pfromm, M., Reichert M. (2010). *Entwicklung eines Interaktionskatalogs für ein Multi-Touch Human Machine Interface*. Unveröffentlichter Projektbericht an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.

-
- Feng, L. (2013). *Beispiele guter Praxis für die Anwendung unkonventioneller Mensch-Maschine Schnittstellen*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Fischer, T. (2013). *Literaturrecherche zu Konstruktionskatalogen, Innovationsdatenbanken und Technologieportfolien*. Unveröffentlichtes Forschungsseminar an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Foltyn, R., Kadavelil, J., Lohmann, L. (2010). *Planung eines Tower-Simulators: Aufbau und Inbetriebnahme*. Unveröffentlichtes Advanced Design Project an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Gräf, M. (2010). *Arbeitssystemanalyse am Beispiel eines Tower-Lotsen an einem Regionalflughafen*. Unveröffentlichte Studienarbeit an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Hennig, A. Peter, K., Rösenthaller, T., Steuer, J., Weber, S. (2011). *Analyse von Wetterphänomenen und ihr Einfluss auf das Pilotenverhalten*. Unveröffentlichtes Advanced Design Project an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Isselmann, W. (2009). *Bewertung und Anwendung innovativer Medientechnik in der Flugsicherung*. Unveröffentlichte Studienarbeit an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Kuffa, M. (2010). *Recherche zum Thema Unkonventionelle Schnittstellen*. Unveröffentlichtes Forschungsseminar an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Kuhl, T., Schwarz, C. (2010). *Entwicklung einer Methode zur Informationseingabe mittels Blickerfassung in der Flugsicherung*. Unveröffentlichte Studienarbeit an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Krüger, A. (2011). *Anwendung und Reflektion des Design Thinking Ansatzes zur Entwicklung eines Produktkonzeptes aus interdisziplinärer Sicht*. Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Lutterbach, C. (2013). *Marktpotential für Simulationswerkzeuge und Methoden bei der Einführung neuer Verfahren in der Flugsicherung unter Berücksichtigung des SES*. Unveröffentlichte Studienarbeit an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Perott, A. (2013). *Entwicklung von Anforderungen und Bewertungskriterien für innovative Medientechnik in der Flugsicherung*. Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Quast, C. (2013). *Entwicklung innovativer eBike-Konzepte durch Anwendung eines technologiebasierten Ansatzes*. Unveröffentlichte Masterthesis an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.

-
- Real Ehrlich, C., Jurkowski, A., Leber, S., Pohl, P., Staab, D. (2009). *Konzeption eines Experimentalarbeitsplatzes für Tower-Lotsen*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Rohde, J. (2011). *Untersuchung von Usability-Aspekten bei Projektionen*. Unveröffentlichte Masterthesis an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Römer, T. (2012). *TITEL*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Rühmann, T. (2013). *Konzeption und Implementierung einer Augmented Reality Overlay Applikation unter Verwendung von C# .NET*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik.
- Schüttler, A. (2013). *Literaturrecherche zu Costs- und Benefits ausgewählter Mensch-Maschine-Systeme*. Unveröffentlichtes Forschungsseminar an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Seidel, M. (2011). *Untersuchung von Usability-Aspekten bei einem Multitouch-Display*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Steg, J., Rot, I., Choucair, O., Budde, L. Gärtner, M. Abedini, F. (2010). *Planung eines Tower-Simulators: Allgemeine Anforderungen und Aussensicht*. Unveröffentlichtes Advanced Design Project an der Technischen Universität Darmstadt, Institut für Arbeitswissenschaft.
- Strietholt, D. (2013). *Konzeption, Entwicklung und Erprobung einer Headtracking- und Blicksteuerungsapplikation für Augmented Reality Overlay-Systeme im Rahmen eines Projekts der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik.
- Vollmer, N. (2013). *Konzeption und Entwicklung einer Applikation für ein Multitouch-System im Rahmen eines Projekts der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH unter Verwendung von C# .NET*. Unveröffentlichte Bachelorthesis an der Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik.