Internetbasiertes Technologie-Scouting für Recyclingtechnologien

Von der Fakultät für Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von
Dipl.-Wi.-Ing. Stefan Dully
aus Stuttgart

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult. E. Westkämper
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Rolf Steinhilper

Tag der mündlichen Prüfung: 18. Januar 2011

Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb
der Universität Stuttgart
2011

IPA-IAO Forschung und Praxis

Berichte aus dem
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und
Automatisierung (IPA), Stuttgart,
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und
Organisation (IAO), Stuttgart,
Institut für Industrielle Fertigung und
Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart
und Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

Herausgeber:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. e.h. Dr.-Ing. e.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper
und
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. mult. Dr. h.c. mult. Hans-Jörg Bullinger
und
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dieter Spath

Universität Stuttgart
Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb
Fraunhofer IPA

Stefan Dully

Internetbasiertes Technologie-Scouting für Recyclingtechnologien

Nr. 512

JOST-JETTER VERLAG
Fachverlag · 71296 Heimsheim

Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Stefan Dully

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. e.h. Dr.-Ing. e.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper

ord. Professor an der Universität Stuttgart
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. mult. Dr. h.c. mult. Hans-Jörg Bullinger

ord. Professor an der Universität Stuttgart
Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, München

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dieter Spath

ord. Professor an der Universität Stuttgart
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

D 93

ISBN 978-3-939890-83-6
Jost Jetter Verlag, Heimsheim

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils gültigen Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.
© Jost-Jetter Verlag, Heimsheim 2011.
Printed in Germany.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Druck: printsystem GmbH, Heimsheim

Geleitwort der Herausgeber

Über den Erfolg und das Bestehen von Unternehmen in einer marktwirtschaftlichen Ordnung entscheidet letztendlich der Absatzmarkt. Das bedeutet, möglichst frühzeitig absatzmarktorientierte Anforderungen sowie deren Veränderungen zu erkennen und darauf zu reagieren.

Neue Technologien und Werkstoffe ermöglichen neue Produkte und eröffnen neue Märkte. Die neuen Produktions- und Informationstechnologien verwandeln signifikant und nachhaltig unsere industrielle Arbeitswelt. Politische und gesellschaftliche Veränderungen signalisieren und begleiten dabei einen Wertewandel, der auch in unseren Industriebetrieben deutlichen Niederschlag findet.

Die Aufgaben des Produktionsmanagements sind vielfältiger und anspruchsvoller geworden. Die Integration des europäischen Marktes, die Globalisierung vieler Industrien, die zunehmende Innovationsgeschwindigkeit, die Entwicklung zur Freizeitgesellschaft und die übergreifenden ökologischen und sozialen Probleme, zu deren Lösung die Wirtschaft ihren Beitrag leisten muss, erfordern von den Führungskräften erweiterte Perspektiven und Antworten, die über den Fokus traditionellen Produktionsmanagements deutlich hinausgehen.

Neue Formen der Arbeitsorganisation im indirekten und direkten Bereich sind heute schon feste Bestandteile innovativer Unternehmen. Die Entkopplung der Arbeitszeit von der Betriebszeit, integrierte Planungsansätze sowie der Aufbau dezentraler Strukturen sind nur einige der Konzepte, welche die aktuellen Entwicklungsrichtungen kennzeichnen. Erfreulich ist der Trend, immer mehr den Menschen in den Mittelpunkt der Arbeitsgestaltung zu stellen - die traditionell eher technokratisch akzentuierten Ansätze weichen einer stärkeren Human- und Organisationsorientierung. Qualifizierungsprogramme, Training und andere Formen der Mitarbeiterentwicklung gewinnen als Differenzierungsmerkmal und als Zukunftsinvestition in *Human Resources* an strategischer Bedeutung.

Von wissenschaftlicher Seite muss dieses Bemühen durch die Entwicklung von Methoden und Vorgehensweisen zur systematischen Analyse und Verbesserung des Systems Produktionsbetrieb einschließlich der erforderlichen Dienstleistungsfunktionen unterstützt werden. Die Ingenieure sind hier gefordert, in enger Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen, z. B. der Informatik, der Wirtschaftswissenschaften und der Arbeitswissenschaft, Lösungen zu erarbeiten, die den veränderten Randbedingungen Rechnung tragen.

Die von den Herausgebern langjährig geleiteten Institute, das

- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA),

- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO),

- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart,

- Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

arbeiten in grundlegender und angewandter Forschung intensiv an den oben aufgezeigten Entwicklungen mit. Die Ausstattung der Labors und die Qualifikation der Mitarbeiter haben bereits in der Vergangenheit zu Forschungsergebnissen geführt, die für die Praxis von großem Wert waren. Zur Umsetzung gewonnener Erkenntnisse wird die Schriftenreihe „IPA-IAO - Forschung und Praxis“ herausgegeben. Der vorliegende Band setzt diese Reihe fort. Eine Übersicht über bisher erschienene Titel wird am Schluss dieses Buches gegeben.

Dem Verfasser sei für die geleistete Arbeit gedankt, dem Jost Jetter Verlag für die Aufnahme dieser Schriftenreihe in seine Angebotspalette und der Druckerei für saubere und zügige Ausführung. Möge das Buch von der Fachwelt gut aufgenommen werden.

Engelbert Westkämper Hans-Jörg Bullinger Dieter Spath

Vorwort

Diese Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart. In dieser Zeit wurde ich auf das Thema aufmerksam und konnte die Lösung erarbeiten.

Herrn Prof. Westkämper danke ich für die Betreuung und die konstruktiven Diskussionen der Arbeit. Ebenfalls gilt mein Dank Herrn Prof. Steinhilper für die Bereitschaft, den Mitbericht zu übernehmen.

Besonders verpflichtet fühle ich mich Herrn Dr.-Ing. Alexander Schloske, der mich stets ermutigte und ohne dessen fachliche Unterstützung diese Arbeit wohl nicht entstanden wäre. Darüber hinaus danke ich meinem Gruppenleiter, Herrn Dipl.-Ing. (FH) Markus Hornberger, für seinen Beitrag zu meiner fachlichen und persönlichen Weiterentwicklung.

Weitere Anerkennung gilt meinem Kollegen Herrn Dr.-Ing. Thorsten Laube für seine wertvollen und innovativen Anregungen. Für die Diskussionen bezüglich des wissenschaftlichen Arbeitens und Strukturierens bedanke ich mich herzlich bei Herrn Dipl.-Kfm. t.o. Ralph Schneider, Herrn Dipl.-Wi.-Ing. Dirk Paul und meinem Bruder Herrn Dipl.-Kfm. Markus Dully. Für die Überprüfung der Formeln danke ich Herrn Dipl.-Math. Michael Kempf und meine Achtung für das sorgfältige Korrekturlesen gebührt Frau Christine Nitsche-Loske.

Hervorheben möchte ich noch meinen langjährigen hilfswissenschaftlichen Mitarbeiter, Herrn Dipl.-Ing. (FH) Konstantinos Panagiotidis, der mir bei der softwaretechnischen Umsetzung eine große Unterstützung war.

Letztendlich möchte ich mich bei meinen Eltern Christine und Werner Dully für ihre tatkräftige Förderung und Begleitung meines bisherigen Lebens bedanken. Ein riesiges Dankeschön gebührt auch meiner Frau Irina für ihre große Geduld und ihr Verständnis während der Zeit meines Schreibens und Arbeitens. Ihr und meinen Eltern widme ich diese Arbeit.

Stuttgart, 22. November 2011
Stefan Dully

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungs- und Formelverzeichnis **12**

Abbildungsverzeichnis **16**

1 Einleitung **20**

1.1 Ausgangssituation 21

1.2 Problemstellung 24

1.3 Zielsetzung und Aufgabenstellung 25

1.4 Vorgehensweise zur Bearbeitung der Aufgabenstellung 26

2 Definitionen und Untersuchungsbereich **28**

2.1 Begriffe im Recycling 29

2.1.1 Objekte im Recycling 29

2.1.2 Prozesse im Recycling 31

2.2 Einflussfaktoren auf Recyclingtechnologien 35

3 Stand der Technik **40**

3.1 Organisation des Technologie-Scoutings 41

3.2 Prozess des Technologie-Scoutings 42

3.2.1 Bedarfsanalyse 44

3.2.2 Informationsquellenwahl 45
3.2.3 Informationsaufnahme 48
3.2.4 Informationsauswertung 50
3.2.5 Technologiebewertung 54
3.2.6 Technologieintegration 56
3.3 IT-Unterstützung im Technologie-Scouting 59
3.3.1 Einsatz des Information Retrievals 59
3.3.2 Nutzung des Internets 64
3.4 Defizite im Technologie-Scouting 67

4 Elemente des internetbasierten Technologie-Scoutings für Recyclingtechnologien 70

4.1 Potentialorientierte Fokussierung für eine kapazitätsreduzierende Suche von Recyclingtechnologien 72
4.2 Informationsmodellierung für eine spezialisierte und automatisierbare Suche 75
4.2.1 Modellierung des Informationsangebots 76
4.2.2 Modellierung der Recyclingobjekte und -prozesse 80
4.2.3 Modellierung der Lösungsmengen 85
4.3 Kategorisierung von Technologien zur kapazitätsschonenden Bearbeitung in Recyclingunternehmen 96
4.4 Darstellung des Gesamtkonzepts 100

5 Prozess des internetbasierten Technologie-Scoutings für Recyclingtechnologien 102

5.1 Identifikation relevanter Fraktionen 104

5.2 Initialisierung und Justage 105

5.3 Informationsverarbeitung 111

5.4 Darstellung und Selektion 114

5.5 Technologiebewertung 116

5.6 Standardisierte Technologieintegration 118

6 Softwaretechnische Umsetzung und Evaluation 120

6.1 Softwaretechnische Umsetzung 121

6.2 Evaluation 124

6.2.1 Identifikation relevanter Fraktionen eines Recyclingunternehmens für Elektroaltgeräte 126

6.2.2 Informationssuche für das Bildschirmglasrecycling 128

6.2.3 Bewertung und Integration der Recyclingtechnologien für das Bildschirmglas 130

6.3 Bewertung der Evaluation 135

7 Zusammenfassung und kritische Würdigung 137

8 Summary and critical appraisal 141

Literaturverzeichnis 144

Abkürzungs- und Formelverzeichnis

α_{ij} ..... Anteil des Bestandteils j innerhalb der Fraktion i (→ S. 73)
a.n.g. ..... anderweitig nicht genannt
abgl. ..... abgeleitet
Abs. ..... Absatz
BSG ..... Bildschirmglas
bspw. ..... beispielsweise
bzgl. ..... bezüglich
bzw. ..... beziehungsweise
C ..... Celsius
c ..... Konstante des Zipf'schen Gesetzes (→ S. 62)
$\delta(v_\chi, v_\iota)$ ..... Cosinusabstand zwischen den Vektoren v_χ und v_ι (→ S. 62)
D ..... Menge von Dokumenten (→ S. 62)
$d(j)$ ..... Anzahl der Dokumente, in denen der Term j auftritt (→ S. 62)
d_i ..... Dokument i (→ S. 62)
d.h. ..... das heißt
DIN ..... Deutsche Institut für Normung e. V.
dt. ..... deutsch
ε ..... Beliebiger Parameter
E ..... Lösungsmengen (→ S. 88)
EAG ..... Elektroaltgeräte
EAR ..... Stiftung elektro-altgeräte register
EAV ..... Europäisches Abfallverzeichnis
EDV ..... Elektronische Datenverarbeitung

Eigen.	Eigenschaft
ElektroG	Elektro- und Elektronikgerätegesetz
engl.	englisch
etc.	et cetera
f.	folgende
ff.	und folgende Seiten
Frakt.	Fraktion
γ_{ij}	Preis des Bestandteils j innerhalb der Fraktion i (→ S. 73)
$h(i,j)$	Häufigkeit des Terms j im Dokument i
HTML	Hypertext Markup Language (dt. Hypertext-Auszeichnungssprache)
i	Beliebiger Index
inkl.	inklusive
IT	Informationstechnik
j	Beliebiger Index
κ	Beliebiger Parameter
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschaft- und Abfallgesetz
λ	Beliebiger Parameter
Λ_i	Preis der Fraktion i (→ S. 73)
LCD	liquid crystal display (dt. Flüssigkristallbildschirm)
μ_i	Menge der Fraktion i (→ S. 73)
$M_e(v_i,\kappa)$	Menge mit einem definierten Abstand κ vom Vektor v_i (→ S. 89)
m	Beliebiger Index
MSN	Microsoft Network
n	Anzahl der Terme innerhalb eines Dokuments
NE	Nichteisen
o	Ein Wort (→ S. 62)
örE	öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger
Π	Potential, das durch eine neue Technologie

	erreicht werden kann (→ S. 74)
Ψ_l	Marktpreis eines funktionsfähigen Produktes l (→ S. 73)
PKW	Personenkraftwagen
$\mathbb{R}$	Menge der reellen Zahlen
ρ	Beliebiger Parameter
r	Rangplatz eines Wortes (→ S. 62)
S	Meta-Suchanfragen (→ S. 92)
S.	Seite
SG	Sammelgruppe
SVM	Support Vector Machines
Θ_i	Maximaler Erlös aus der Fraktion i (→ S. 73)
T	Menge von Termen (→ S. 62)
t	Ein Term aus der Termmenge T (→ S. 62)
$tfidf$	term frequency-inverse document frequency (→ S. 62)
Υ_i	Summe der Preise der einzelnen Fraktionsbestandteile i (→ S. 73)
u.a.	und andere
UE	Geräte der Unterhaltungselektronik
URL	Uniform Resource Locator (dt. einheitlicher Quellenanzeiger)
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
v_b	Recyclingprozess „Beseitigung“ (→ S. 81)
v_e	Recyclingprozess „Thermische oder energetische Verwertung“ (→ S. 81)
v_g	Recyclingprozess „Rohstoffliche Verwertung“ (→ S. 81)
v_h	Rohstoffliche Gewinnung/Herstellung von Materialien (→ S. 84)
v_t	Innovative Technologien (→ S. 84)
v_w	Recyclingprozess „Wiederverwendung“ (→ S. 81)
v_x	Recyclingprozess „Weiterverwendung“ (→ S. 81)

v_y ..... Recyclingprozess „Werkstoffliche Verwertung“ (→ S. 81)
v_χ ..... Beliebiger Dokumentenvektor
v_ι ..... Beliebiger Dokumentenvektor
$v^{(e)}$ ..... Projektion des Vektors v auf einen Unterraum (→ S. 87)
$v^{(s)}$ ..... Projektion des Vektors v auf einen Unterraum (→ S. 87)
v_o ..... Untersuchtes Recyclingobjekt (→ S. 81)
v_{o-1} ..... Recyclingobjekt, in dem der Vektor v_o beinhaltet ist (→ S. 80)
$w_{i,j}$ ..... Gewichtung des Terms j im Dokument i (→ S. 62)
WEEE ..... Waste Electrical and Electronic Equipment
(dt. Elektro- und Elektronik-Altgeräte)
WWW ..... World Wide Web
(dt. Weltweites Netz)
z.B. ..... zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

1.1 Expertenbefragung zu Methoden der Technologiesuche (vgl. Schwarz, 2006b) 21

1.2 Nutzung des Internets in Unternehmen (vgl. Statistisches Bundesamt, 2005, S. 18) 22

1.3 Gewinnreduzierung durch verspäteten Markteintritt (vgl. Rehm, 2004, S. 11) 23

2.1 Begriffe im Recycling 28

2.2 Auszug aus dem Europäischen Abfallverzeichnis (EAV) 31

2.3 Einteilung nach dem Prozesszweck inkl. Recyclingkaskade (vgl. Richtlinie VDI 2243, S. 10) 32

2.4 Umweltfreundliche Gestaltung von Produkten (abgl. aus Cord-Landwehr, 2002) (vgl. Nickel, 1996, S. 32 ff.) 37

2.5 Prozess der Abfallentsorgung (vgl. Hulpke u. a., 1993) 39

3.1 Prozess des Technologie-Scoutings 43

3.2 Aufgabe der einzelnen Prozessschritte 43

3.3 Bedarfsanalyse 44

3.4 Informationsquellen 45

3.5 Einflüsse auf ein Unternehmen (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 22) . 46

3.6 Einflussbereiche eines Unternehmens (vgl. Gausemeier, 1995) . . 47

3.7 Erwähnung von Strukturumbrüchen in Medien (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 7) 48

3.8 Informationsaufnahme 48

3.9 Informationsauswertung 51

3.10 Reaktionsschema von Ansoff (vgl. Ansoff, 1976, S. 137 ff.) 52

3.11 Methoden der Prognose (vgl. Zinser, 2000, S. 34) 53

3.12 Diskontinuitätsbefragung (vgl. Ansoff, 1976) 53

3.13 Technologiebewertung 55

3.14 Vergleich und prozentuale Eignung der Investitionsbewertungsmethoden (vgl. Hommel und Pritsch, 1999, S. 128) 56

3.15 Technologie-Integration 57

3.16 Unterscheidungskraft von Termen in Abhängigkeit von ihrer Auftretenshäufigkeit 63

3.17 Defizite der einzelnen Prozessschritte 69

4.1 Zuordnung der Elemente zu den Defiziten 70

4.2 Übersicht der Modellierung 75

4.3 Modellierung des Informationsangebots 76

4.4 Modellierung der Informationsobjekte (abgl. Ferber, 2003, S. 62) . 77

4.5 Modellierung des Informationsbedarfs 80

4.6 Modellierung der Lösungsmengen 85

4.7 Ergebnismatrix 94

4.8 Trennung der Dokumente durch eine Hyperebene 95

4.9 Lösungsmatrix 95

4.10 Matrix der Behandlungsart und Kategorie 98
4.11 Standardprozess zur Integration in ein Unternehmen 100
4.12 Gesamtkonzept 101

5.1 Prozess des internetbasierten Technologie-Scoutings 102
5.2 Darstellung der Elemente 103
5.3 Identifikation relevanter Fraktionen 104
5.4 Subprozess 1.1 Potentialanalyse der Fraktionen 105
5.5 Initialisierung und Justage 106
5.6 Subprozess 2.1 Dokumentenvektoren erstellen 108
5.7 Subprozess 2.2 Ergebnismatrix definieren 108
5.8 Beispiel einer Ergebnismatrix 109
5.9 Subprozess 2.3 Parameter festlegen 110
5.10 Subprozess 2.4 Datenbanken warten 110
5.11 Informationsverarbeitung 111
5.12 Subprozess 3.1 Datenbanken/Internet crawlen 113
5.13 Subprozess 3.2 Dokumente bewerten und verarbeiten 114
5.14 Darstellung und Selektion 114
5.15 Subprozess 4.1 Darstellung der Dokumente 115
5.16 Subprozess 4.2 Darstellung der Dokumentenanzahl 116
5.17 Technologiebewertung 116
5.18 Subprozess 5.1 Auswahl potentieller Verfahren 117
5.19 Subprozess 5.2 Kontinuierliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung . . . 118
5.20 Standardisierte Technologieintegration 118

5.21 Subprozess 6.1 Integration ausgewählter Technologien 119

6.1 IPA-Scout Screenshot 121

6.2 Lösungsmatrix für das Technologie-Scouting 123

6.3 Zuordnung der Gerätekategorien zu den Sammelgruppen 124

6.4 IPA-Scout Definitionen 125

6.5 Aufbau einer Bildschirmröhre 127

6.6 Initialisierung der Ergebnismatrix 128

6.7 Auszug der Ergebnisse aus dem IPA-Scout 128

6.8 Matrix der Behandlungsart und Kategorie 130

6.9 Berechnung des Masseanteils 132

6.10 Berechnung der Partialdichten 132

6.11 Berechnung der Absorptionskoeffzienten 133

6.12 Vergleich der Absorptionskoeffizienten 133

6.13 Glasbaustein 134

1 Einleitung

Die gezielte Suche nach neuen Technologien gewinnt in Unternehmen stetig an Relevanz (vgl. Schwarz, 2006a). Die Unternehmen verfolgen dadurch und durch den darauf folgenden Einsatz neuer Technologien das Ziel, sowohl kostengünstiger zu arbeiten als auch qualitativ höherwertige Produkte zu erstellen. Mit Hilfe dieser Maßnahmen versuchen sie, einen Wettbewerbsvorteil zu erreichen (vgl. Westkämper und Jovane, 2009, S. 33 f.).

Eine systematische Beschaffung und eine Verwertung von Technologien findet dennoch in den wenigsten Unternehmen statt (vgl. Spath, 2004, S. 170). Gründe hierfür sind entweder der Mangel an Ressourcen oder das Fehlen einer methodischen Vorgehensweise. Aufgrund der Tatsache, dass eine Erhöhung der Kapazität zugleich eine Zunahme der Kosten bedeutet, sollte zunächst die optimale Gestaltung der unterstützenden Methode fokussiert werden (vgl. Bullinger, 2003, S. 29-34).

Die unterstützende Methode für die Suche und Integration neuer Technologien ist das Technologie-Scouting, dessen Bedeutung nach Experteneinschätzung in der Zukunft weiter ansteigen wird (siehe Abbildung 1.1).

Insbesondere in der Recyclingbranche wird die Notwendigkeit für ein effizientes Technologie-Scouting höher, weil sich Unternehmen nicht nur der starken Konkurrenz stellen müssen, sondern auch auf die gesetzlichen Anforderungen vorbereitet sein sollten (vgl. Weißbuch-IPP, 2003). Diese neuen gesetzlichen Anforderungen schreiben zunehmend produktivere Behandlungstechnologien vor, um den Schutz der Umwelt sicherstellen zu können. Falls sich ein Recyclingun-

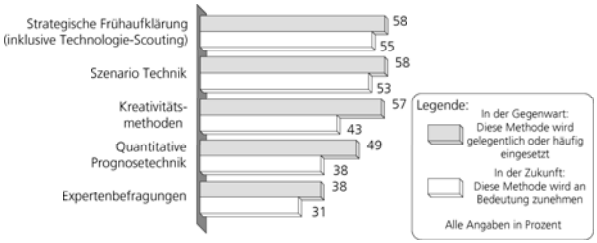

Abbildung 1.1: Expertenbefragung zu Methoden der Technologiesuche (vgl. Schwarz, 2006b)

ternehmen daher nicht um neue Technologien bemüht, bedeutet dies nicht nur einen Wettbewerbsnachteil, sondern gegebenenfalls die Stilllegung des Betriebs. Dem Technologie-Scouting für Recyclingunternehmen muss daher wachsende Aufmerksamkeit geschenkt werden.

1.1 Ausgangssituation

Die Recyclingunternehmen stehen der Herausforderung gegenüber, Recyclingtechnologien ausgehend von Produkttechnologien optimal zu gestalten. Hierzu müssen die eingesetzten Technologien ständig überwacht und auf Änderungen der zu recycelnden Produkte unmittelbar eingegangen werden. Einige Hersteller sind daher dazu übergegangen, Informationen für das Recycling von Produkten mit Hilfe eines Recyclingpasses an Recyclingunternehmen weiterzugeben. Diese Informationen liegen den Recyclingunternehmen jedoch nicht für alle Produkte und deren Technologien vor, da nicht jedes Unternehmen einen derartigen Recyclingpass erstellt.

Kritisch wird eine Änderung von Produkttechnologien vor allem dann, wenn ein bestehender Materialkreislauf unterbrochen wird, und die Recyclate nicht mehr in der Produktion von neuen Produkten einsetzbar sind. Eine derartige Situation kann durch den Technologiewechsel von Fernsehgeräten mit Bildschirmröhren

hin zu Plasma- und LCD-Bildschirmen beobachtet werden. Deswegen kann das recycelte Bildschirmglas nicht mehr in der Produktion neuer Bildschirmröhren eingesetzt werden.

Das Technologie-Scouting hilft, solche Änderungen zu erkennen und schon frühzeitig darauf zu reagieren, um eine ineffiziente, hektische Anpassung an neue Technologien zu verhindern. Hierzu bedient sich das Technologie-Scouting einer gezielten Umfeld- und Informationsanalyse (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 22). Dies bedeutet unter anderem die Auswertung von Informationsmedien wie Zeitschriften, Messen, Bücher, Internet oder Veröffentlichungen, wodurch Veränderungen rechtzeitig wahrgenommen und Reaktionsstrategien entworfen werden können (vgl. Krystek, 1993, S. 179).

Insbesondere das Internet gewinnt dabei als Informationsmedium stetig an Bedeutung. In Deutschland nutzten schon im Jahre 2004 ungefähr 95 Prozent der Unternehmen das Internet (vgl. Statistisches Bundesamt, 2005, S. 5). Die Marktbeobachtung war hierbei mit 57 Prozent ein sehr häufiger Einsatzzweck (siehe Abbildung 1.2), und nach einer Studie der Grey Global Group und Yahoo spielte das Internet für Technologie-Käufer aus klein- und mittelständigen Unternehmen eine Hauptrolle als Informationsquelle (vgl. marketingman, 2004).

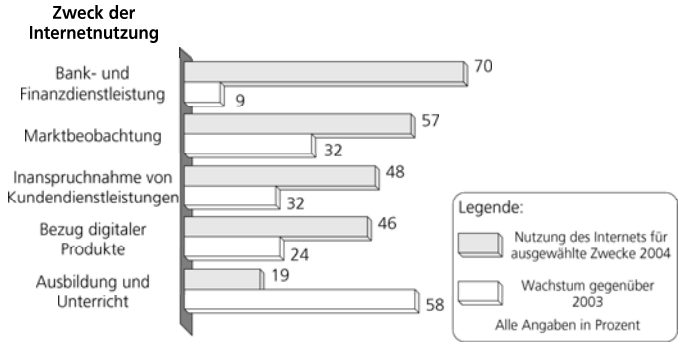

Abbildung 1.2: Nutzung des Internets in Unternehmen (vgl. Statistisches Bundesamt, 2005, S. 18)

Beim Gebrauch des Internets ergeben sich jedoch enorme Herausforderungen. Im Internet kommen aufgrund der leichten Veröffentlichungsmöglichkeiten zu den bereits vorhandenen mehreren Milliarden Web-Seiten 320 Millionen neue Seiten pro Woche hinzu (vgl. Ntoulas u. a., 2004, S. 2). Für ein Unternehmen scheint es deshalb praktisch aussichtslos, dieses Medium für die Recherche nach neuen einsetzbaren Technologien zu nutzen.

Eine Lösung dieses Problems versprechen bei einer derartigen Fragestellung Softwareagenten (vgl. Pleuß, 2006, S. 217), deren Nutzerakzeptanz allerdings noch nicht gegeben erscheint (vgl. Pleuß, 2006, S. 221). Neben den Softwareagenten stehen daher herkömmliche Suchmaschinen zur Verfügung, die auch von nahezu allen Internetnutzern für die Informationssuche eingesetzt werden (vgl. Fallows, 2005).

Werden neue Technologien in einem Unternehmen zu spät erkannt und eingesetzt, dann können dadurch erhebliche Einbußen entstehen. Beispielsweise führt eine Verzögerung von 6 Monaten bei einer Produkt- bzw. Technologielebensdauer von 5 Jahren zu ca. 28 Prozent der Gewinneinbußen (vgl. Rehm, 2004, S. 11). Abbildung 1.3 zeigt die zu erwartende Gewinnreduzierung bei einer Verzögerung von 6 bzw. 12 Monaten.

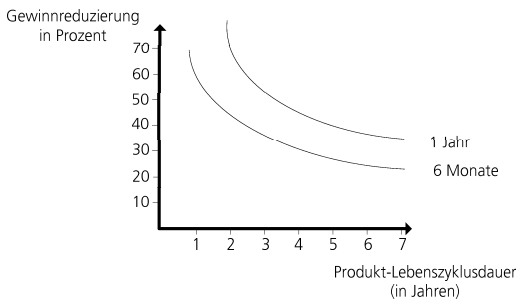

Abbildung 1.3: Gewinnreduzierung durch verspäteten Markteintritt (vgl. Rehm, 2004, S. 11)

1.2 Problemstellung

Recyclingunternehmen verwerten Produkte, die sich am Ende ihres Produktlebenszyklus befinden, wobei für die auftretenden Produkttechnologien eine passende Recyclingtechnologie gefunden werden muss. Dabei müssen die Recyclingunternehmen aufgrund gesetzlicher Anforderungen und des zunehmenden Kostendrucks immer zielgerichtet agieren und die vorhandenen Potentiale nutzen. Der Einsatz neuer Technologien bietet den Recyclingunternehmen die Chancen, konkurrenzfähiger zu handeln. Deshalb ist es unerlässlich, sich intensiver mit dem Finden neuer Technologien zu beschäftigen.

Eine methodische Unterstützung bietet hierbei das Technologie-Scouting, das momentan jedoch nicht an die aktuelle Situation in Recyclingunternehmen und an die neuen Medien wie das Internet angepasst ist.

Die Herausforderung für die Unternehmen kann daher wie folgt zusammengefasst werden:

Recyclingunternehmen stehen vor dem Problem, kaum relevante Informationen über neue Technologien mit ihnen zur Verfügung stehenden Ressourcen effizient finden und implementieren zu können.

Die Recyclingunternehmen besitzen bei diesem Problem die Restriktionen, dass der Kostendruck in der Recyclingbranche sehr hoch und nur eingeschränkt qualifiziertes Personal verfügbar ist.

1.3 Zielsetzung und Aufgabenstellung

Aus der beschriebenen Problemstellung kann die Zielsetzung abgeleitet werden, den Recyclingunternehmen unter Berücksichtigung ihrer Ressourcen eine Unterstützung bei der Suche nach neuen Technologien anzubieten. Diese Unterstützung soll die Recyclingunternehmen dazu befähigen, sich kosteneffizient mit neuesten Informationen über innovative Technologien zu versorgen.

Zur Erreichung dieses Ziels sollen zwei Lösungsansätze gewählt werden, die zusammen behandelt werden:

- Die Automatisierung, um eine kapazitätsschonende Suche zu initiieren.
- Die Vereinfachung, Strukturierung und Standardisierung, um eine einfache Bearbeitung zu ermöglichen.

Um die Suche nach neuen Technologien für Recyclingunternehmen zu optimieren, sollen die beiden folgenden Aufgaben bearbeitet werden:

- Die Entwicklung eines IT-Systems, das mit Hilfe von Algorithmen des Information-Retrievals und auf Basis einer spezifischen Modellierung die automatisierte Suche nach neuen Technologien zulässt. Hierbei sollte das Internet aufgrund der großen Menge an aktuellen Informationen explizit mit einbezogen werden.
- Die Beschreibung eines Prozesses, der auf Basis des bestehenden Technologie-Scoutings eine Vereinfachung, Strukturierung und Standardisierung bei der Suche nach innovativen Technologien unterstützt. Diese Aufgabe sollte das aktuelle Technologie-Scouting mit berücksichtigen, um Unternehmen, die diese Methode bereits nutzen, eine Orientierung zu geben.

1.4 Vorgehensweise zur Bearbeitung der Aufgabenstellung

Im Weiteren soll anhand des Aufbaus der Arbeit die Vorgehensweise erläutert werden, die zur Bearbeitung der Aufgabenstellung notwendig ist.

Hierzu wurde im **Kapitel 1** die Ausgangssituation in der Recyclingbranche und beim Technologie-Scouting formuliert. Hieraus wurde die Problemstellung identifiziert, dass Recyclingunternehmen nur schwer relevante Informationen über neue Technologien erhalten und implementieren können. Das kann verändert werden, indem Recyclingunternehmen eine Unterstützung bei der Suche nach neuen Technologien zur Verfügung gestellt bekommen. Zur Realisierung dieses Ziels sollen zwei Aufgaben (die Entwicklung eines IT-Systems und eines adaptierten Technologie-Scouting-Prozesses) bearbeitet werden.

Als nächstes soll der Untersuchungsbereich des Recyclings und dessen Begriffe im **Kapitel 2** dargestellt werden. Dies ermöglicht einen Einstieg in das Recycling und soll die Grundbegriffe des Recyclings erklären. Darüber hinaus liefert die Beschreibung des Recyclings ein Verständnis für die Adaption der Methode des Technologie-Scoutings in der später beschriebenen Art und Weise.

Bevor das Technologie-Scouting jedoch adaptiert wird, soll der aktuelle Prozess dieser Methode im **Kapitel 3** anhand des aktuellen Stands der Technik präsentiert werden. Eine Erläuterung dieses Prozesses gibt Aufschluss darüber, welche Handlungen während der einzelnen Prozessschritte unternommen werden sollen. Dies bietet außerdem die Möglichkeit, die Defizite des bestehenden Technologie-Scoutings in der Recyclingbranche darzustellen.

Anschließend sollen aufgrund der spezifizierten Problemstellung im **Kapitel 4** Elemente erörtert werden, die einen Beitrag zur Beseitigung dieser Defizite leisten, mit dem Ziel, durch ein Informationsmodell die Grundlagen für das zu entwickelnde IT-System zu erstellen.

Die Integration der oben genannten Elemente in ein IT-System soll im **Kapitel 5** gezeigt werden. Das IT-System soll Recyclingunternehmen beim Technologie-Scouting unterstützen. Hierzu wird auch beschrieben, wie ein IT-System konfiguriert, initialisiert und genutzt werden sollte.

Im **Kapitel 6** werden schließlich die entwickelte Methode und Software in der industriellen Praxis evaluiert. Zu diesem Zweck soll ein aktuelles Beispiel durchgeführt und dadurch die Darstellung der Fähigkeiten des Systems und der Methodik erreicht werden.

Abschließend wird **Kapitel 7** eine Zusammenfassung und einen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen im Bereich des Technologie-Scoutings enthalten. Damit können weitere Forschungsarbeiten initialisiert werden.

2 Definitionen und Untersuchungsbereich

Innerhalb der Recyclingtheorie werden in den verschiedenen Abhandlungen die relevanten Begriffe sehr unterschiedlich definiert und verwendet. Um ein einheitliches Verständnis zu schaffen, sollen im folgenden Kapitel die Begriffe nach ihrer prozessualen Reihenfolge systematisiert und inhaltlich festgelegt werden. Diese Strukturierung soll darüber hinaus als Vorschlag für eine exakte Terminologie dienen.

Daraufhin wird zunächst der Begriff **Recycling** definiert. Nachfolgend sollen dann die weiteren Begriffe des Recyclings, getrennt nach Objekten und Prozessen, erläutert werden. Der Zusammenhang zwischen Objekten und Prozessen im Recycling ist in Abbildung 2.1 dargestellt.

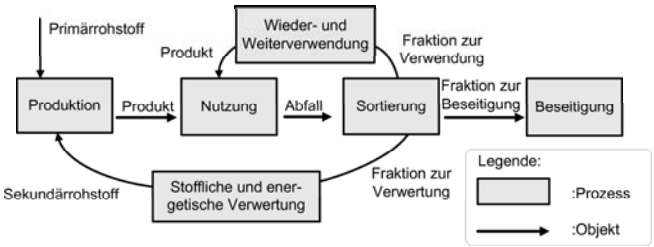

Abbildung 2.1: Begriffe im Recycling

In den einzelnen Prozessen werden dabei physikalische, chemische oder biologische Verfahren genutzt, die auch in einigen Recyclingprozessen kombiniert werden. Die Beschreibung der einzelnen Verfahren erfolgt daher nach der Erklärung der Recyclingprozesse.

Anschließend sollen die Einflussfaktoren auf die Entwicklung neuer Recyclingtechnologien begründet werden, um die relevanten Parameter für das Technologie-Scouting bei Recyclingtechnologien zu eruieren.

2.1 Begriffe im Recycling

Recycling leitet sich aus dem englischen Wort „Cycle“ (dt. Kreis) her und steht für die erneute oder wiederholte Verwendung von Abfällen oder Reststoffen als Sekundär-Rohstoff (vgl. Hulpke u. a., 1993, S. 592). In einer ökologischen Dimension bedeutet Recycling, stoffliche und energetische Rückstände in einen Produktionsprozess zu deren Nutzung rückzuführen (d.h. stoffliche oder energetische Verwertung und/oder Verwendung) (vgl. Hopfenbeck u. a., 1996, S. 330).

2.1.1 Objekte im Recycling

Als Objekte werden alle Output- und Inputgrößen bezeichnet, die im Folgenden abgegrenzt werden.

Das erste Objekt im Gesamtsystem sind **Rohstoffe**. Als Rohstoffe werden diejenigen Stoffe bezeichnet, die den wesentlichen Bestandteil eines Produktes ausmachen (vgl. Hopfenbeck u. a., 1996, S. 351) (vgl. Wöhe und Döring, 1996, S. 315). Diese Rohstoffe werden in Primärrohstoffe und in Sekundärrohstoffe unterschieden. Die letzteren können nach dem Recyclingprozess als Ersatz der Primärrohstoffe eingesetzt werden (vgl. Hulpke u. a., 1993, S. 592).

Die von einem Unternehmen produzierten Güter heißen **Produkte**, Output oder Ausbringung (Wöhe und Döring, 1996, S. 476). Im Weiteren wird in dieser Arbeit der Begriff **Produkt** benutzt. Als Produkt zählen in den folgenden Kapiteln ausschließlich Güter, die mit mindestens einem der in der DIN 8580 beschriebenen Fertigungsverfahren erstellt wurden (vgl. Norm DIN 8580). Die Hauptgruppen sind Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten sowie Stoffeigenschaften ändern. Ein Recyclingunternehmen behandelt in den meisten Fällen Produk-

te unterschiedlicher Hersteller. Die Recyclingprozesse wie Sortierung und Aufbereitung richten sich jedoch nicht nach den einzelnen Produkten, sondern deren Sammelgruppen, Kategorien bzw. Arten. Die Produkte werden daher in Gerätekategorien und diese wiederum in Gerätearten unterteilt (vgl. WEEE 2003 im Falle der Elektro- und Elektronikprodukte) (vgl. WEEE, Anhang I).

Als **Abfall** werden anfallende Rückstände aus Produktion und Konsum bezeichnet, die zur Entsorgung vorgesehen sind. In Deutschland wird Abfall juristisch nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) definiert (vgl. KrW-/AbfG, §3). Hierin werden als Abfälle alle beweglichen Sachen klassifiziert, deren sich der Besitzer entledigen will (subjektiver Abfallbegriff) oder entledigen muss (objektiver Abfallbegriff) (vgl. KrW-/AbfG, §3 Abs. 1) (vgl. Cord-Landwehr, 2002, S. 11). Der Abfall kann in unterschiedliche Abfallarten klassifiziert werden. Die Kategorisierung der Abfälle erfolgt nach ihrer biologischen, physikalischen und chemischen Zusammensetzung oder nach ihrer Herkunft (z.B. Haushaltsabfälle, Krankenhausabfälle, gewerbliche Abfälle etc.). In dieser Arbeit wird die Kategorisierung des europäischen Abfallverzeichnisses (EAV) zugrunde gelegt (vgl. AVV). Dieser Katalog kennzeichnet Abfälle durch eine sechsstellige Nummer (siehe Abbildung 2.2), die mit den ersten zwei Ziffern die Codierung des Herkunftsbereichs des Abfalls enthält. Mit den beiden folgenden Ziffern werden spezifische Bearbeitungsprozesse codiert und schließlich folgt mit den letzten zwei Ziffern eine durchgehende Nummerierung. Gefährliche Abfälle werden mit einem Stern (*) markiert.

Eine Kategorie von Abfällen oder Wertstoffen, die aufgrund ihrer Zusammensetzung auf die gleiche Art und Weise behandelt werden, heißt **Fraktion**. Häufig werden die Fraktionen aufgrund ihrer Eigenschaften oder ihrer weiteren Verwendung klassifiziert. In der Abbildung 2.1 werden die Fraktionen beispielsweise nach den darauf folgenden Prozessen benannt (z.B. die „Fraktion zur Beseitigung“).

2-Stellen (Klasse)		4-Stellen (Gruppe)		6-Stellen (Abfallart)	
Code	Bezeichnung	Code	Bezeichnung	Code	Bezeichnung
01	Abfälle, die beim Aufsuchen, Ausbeuten und Gewinnen sowie bei der physikalischen und chemischen Behandlung von Bodenschätzen entstehen	01 01	Abfälle aus dem Abbau von Bodenschätzen	01 01 01	Abfälle aus dem Abbau von metallhaltigen Bodenschätzen
				01 01 02	Abfälle aus dem Abbau von nichtmetallhaltigen Bodenschätzen
		01 03	Abfälle aus der physikalischen und chemischen Verarbeitung von metallhaltigen Bodenschätzen	01 03 04*	Säure bildende Aufbereitungsrückstände aus Verarbeitung von sulfidischem Erz
				01 03 05*	andere Aufbereitungsrückstände, die gefährliche Stoffe enthalten
				01 03 06	Aufbereitungsrückstände mit Ausnahme derjenigen, die unter 01 03 04 und 01 03 05 fallen
				01 03 07*	andere gefährliche Stoffe enthaltende Abfälle aus der physikalischen und chemischen Verarbeitung von metallhaltigen Bodenschätzen
				01 03 08	staubende und pulvrige Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 01 03 07 fallen
				01 03 09	Rotschlamm aus der Aluminiumoxidherstellung mit der Ausnahme von Rotschlamm, der unter 01 03 07 fällt
				01 03 99	Abfälle a.n.g.

Abbildung 2.2: Auszug aus dem Europäischen Abfallverzeichnis (EAV)

2.1.2 Prozesse im Recycling

Die Recyclingprozesse werden nach dem Ziel, das durch die Prozesse erreicht werden soll, unterschieden. Die Prozesse bedienen sich hierbei physikalischer, chemischer oder biologischer Verfahren. Die Verfahren werden nach den Recyclingprozessen einzeln beschrieben.

In der Abbildung 2.3 ist die Einteilung der Prozesse nach dem Zweck dargestellt. Dabei umfasst das Recycling die Verwendung und Verwertung. Die **Verwendung** wird weiter unterteilt in Instandsetzung, falls das Produkt wieder in den funktionsfähigen Zustand versetzt werden muss, und Aufarbeitung, falls das Produkt lediglich überholt werden muss.

Eine andere Typisierung sieht die Einteilung der Verwendung in Wiederverwendung, wenn der Abfall in derselben Funktion genutzt wird, und Weiterverwen-

dung, wenn der Abfall in einer anderen Funktion genutzt wird, vor (diese Einteilung wurde wegen der besseren Übersichtlichkeit nicht in die Abbildung übernommen). Ein Beispiel für eine Weiterverwendung von Autoreifen ist die Nutzung zur Beschwerung von Abdeckfolien.

In der letzten Zeit setzt sich für den Begriff **Aufarbeitung** zunehmend Refabrikation durch (vgl. Steinhilper, 2009, S. 285). Refabrikation betrachtet die erneute Nutzung ganzer oder einzelner Teile von Produkten.

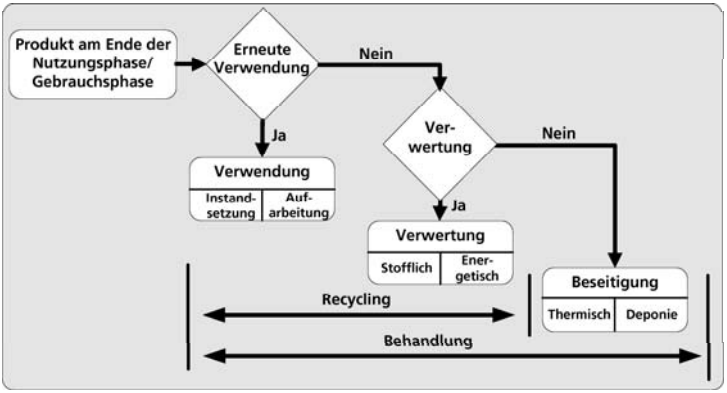

Abbildung 2.3: Einteilung nach dem Prozesszweck inkl. Recyclingkaskade (vgl. Richtlinie VDI 2243, S. 10)

Die **Verwertung** lässt sich in die stoffliche und energetische Verwertung unterteilen. Stoffliche Verwertung liegt dann vor, wenn die stofflichen Eigenschaften der aufbereiteten Abfälle genutzt werden (vgl. Ertel, 1996, S. 19). Die Verwertung wird, wenn sie mit Hilfe physikalischer Verfahren durchgeführt wird, als werkstoffliche und bei chemischen Verfahren als rohstoffliche Verwertung bezeichnet. Energetische Verwertung beinhaltet den Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff (vgl. KrW-/AbfG, §4 Abs. 4). Im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz wird weder die stoffliche noch die energetische Verwertung bevorzugt. Vorrang der Verfahren hat hier lediglich die „bessere umweltverträgliche Verwertungsart“ (vgl. Ertel, 1996, S. 19).

Abfälle, die nicht verwertet werden können, sind Abfälle zur **Beseitigung** (vgl. KrW-/AbfG, §3 Abs. 1). Dieser Begriff bezeichnet in dieser Arbeit daher Abfälle, die nicht verwertet, weiter- oder wiederverwendet werden können.

Die **Entsorgung** bezeichnet schließlich alle Maßnahmen zur Erfassung, Behandlung, Beseitigung und geordneten Deponierung der die Umwelt belastenden, gesundheitsschädlichen und gefährlichen Stoffe (vgl. Hulpke u. a., 1993, S. 232). Laut des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes umfasst die Entsorgung die Verwertung und Beseitigung von Abfällen.

Ein Recyclingunternehmen wird im Weiteren als ein Unternehmen definiert, das sich mit Wieder- und Weiterverwendung von Abfällen beschäftigt.

Die **Behandlung** von Abfällen soll in dieser Arbeit für jeglichen Transformationsprozess des Abfalls stehen. Die Behandlung betrifft somit die Sortierung, Aufbereitung, Wieder- und Weiterverwendung sowie die Beseitigung.

Unter der Prämisse einer maximalen ökologisch-ökonomischen Wertschöpfung ergibt sich schließlich die Recyclingkaskade, wie in Abbildung 2.3 dargestellt. Die ökologischen Prämissen lauten hierbei (vgl. Richtlinie VDI 2243, S. 10):

- Effiziente Nutzung von Ressourcen, d.h. von Rohstoffen und Energie (Ressourceneffizienz).
- Vermeidung, Verminderung und Verwertung von Reststoffen.
- Vermeidung und Reduzierung von Emissionen.

Recyclingunternehmen stehen für die oben beschriebenen Prozesse **physikalische, biologische und chemische Verfahren** zur Verfügung, die in der Praxis meist kombiniert werden.

Die **physikalischen Verfahren** ändern nicht die innere Struktur des Stoffes, sondern nutzen auf unterschiedliche Art und Weise die Wechselwirkung von Stoffen. Darunter fallen Magnetismus, Aggregatszustandsänderungen (z.B. Schmelzen), Dichte, Wechselwirkungen durch Strahlen (z.B. Röntgenstrahlabsorptionseffekte) und Wellen. Zu den physikalischen Verfahren zählen daher die mechanischen

Verfahren, die beim Recycling die Änderung des Dispersitätszustandes (bspw. die physikalische Beschaffenheit) bzw. des Mischzustandes beschreiben. Der Dispersitätszustand wird entweder durch Zerteilen, d.h. Demontieren, Zerlegen und Zerkleinern, oder Kompaktieren, wie Paketieren und Brikettieren, geändert. Der Mischungszustand kann durch Mischen oder Trennen, d.h. Klassieren, Sortieren, Sieben oder Flüssigkeitsabtrennen, umgestaltet werden (vgl. Schubert, 1996, S. 88).

Die **biologischen Verfahren** nutzen den Stoffwechsel von (Mikro-) Organismen zum Aufbau oder Abbau von Substanzen. Zu diesem Zweck werden unter anderem Bakterien und Algen eingesetzt. Die biologischen Verfahren werden häufig bei der Kompostierung verwendet. Mikroorganismen können aber auch für einen Abbau von Schwermetallanreicherungen genutzt werden (vgl. Schöps und Bergmann, 2004).

Die **chemischen Verfahren** beschäftigen sich mit Mechanismen, die sich auf die äußere Elektronenhülle der Atome beziehen. Sie führen außerdem zum selektiven Lösen, Reinigen und Fällen der Stoffe. Eines der Verfahren ist der CreaSolv®-Prozess, währenddessen aus entstandenen Kunststoffabfällen wieder Sekundärrohstoffe hergestellt werden (vgl. Schlummer und Mäurer, 2006, S. 1262).

Eine weitere Verfahrensgruppe bilden die thermischen Verfahren. Unter der thermischen Verwertung werden Trocknung, Entgasung (Pyrolyse), Vergasung und Verbrennung verstanden (vgl. Cord-Landwehr, 2002, S. 190). Die Trocknung geschieht bei 50-150°C und ist eine endotherme Reaktion. Die Entgasung findet bei 250-500°C statt und ist ebenfalls eine endotherme Reaktion. Erst die Entgasung bei über 500°C geht in eine exotherme Reaktion über. Bei einem Wärmefluss von über 850°C wird dann von einer Verbrennung gesprochen. Dabei wird ein Gemisch aus brennbaren Elementen und Ballaststoffen verbrannt (vgl. Cord-Landwehr, 2002, S. 196).

Die in den Grundzügen beschriebenen Verfahren können zu einer optimalen Abfallentsorgung kombiniert werden. In den meisten Fällen beginnt die Entsorgung von Abfällen durch eine mechanische Behandlung und endet mit der Deponierung der Reststoffe. Während des Recyclings muss besondere Rücksicht auf die Gefährdungspotentiale der Abfälle genommen werden, denn die Abfälle können explosiv, brennbar oder für Wasser und Luft gefährdend sein, Schadstoffe oder Krankheitserreger enthalten oder hervorbringen (vgl. Schubert, 1996, S. 99).

2.2 Einflussfaktoren auf Recyclingtechnologien

Recyclingtechnologien werden von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst. Damit potentielle Anforderungen und Bedarfe an neue Technologien schneller erkannt werden können, müssen dem Recyclingunternehmen die relevanten Einflussfaktoren bekannt sein.

Bevor diese Einflussfaktoren erläutert werden, sollen jedoch zunächst für ein einheitliches Verständnis die Begriffe „Technik“ und „Technologie“ definiert werden.

Diese beiden Begriffe werden häufig uneinheitlich gebraucht (vgl. Paul, 1996, S. 34). Die Vermischung der Begriffe wurde durch die gleichbedeutende Verwendung im angelsächsischen Sprachgebrauch verursacht (vgl. Kröll, 2007, S. 39). In dieser Arbeit wird unter **Technologie** das naturwissenschaftlich-technische Wissen über Lösungswege zur technischen Problemlösung verstanden (vgl. Bullinger, 1996), während **Techniken** die Gesamtheit der Maßnahmen, Einrichtungen und Verfahren, die dazu dienen, naturwissenschaftliche Erkenntnisse nutzbar zu machen, bezeichnen (vgl. Dudenredaktion, 2001, S. 769). Diese Festlegung soll allerdings nicht davon abhalten, dass die jeweils andere Begrifflichkeit bei Bedarf mit berücksichtigt wird. Beispielsweise kann die Technikbewertung auch Aspekte einer Technologiebewertung enthalten (vgl. Richtlinie VDI 3780).

Technologien und die eingesetzten Techniken von Unternehmen befähigen diese zur Produktion eines gewissen Outputs. Neue Technologien und Techniken können Unternehmen in die Lage versetzen, bei gleichem Input einen höheren

Output zu produzieren und die Produktionskosten zu senken (vgl. Varian und Buchegger, 1995, S. 294 ff.).

Im Weiteren werden die einzelnen Einflussfaktoren auf die Recyclingtechnologien erläutert. Als erstes stehen die zu recycelnden **Produkte** im Fokus. Diese Produkte haben einen hohen Einfluss auf die Recyclingtechnologien, da Recyclingunternehmen versuchen, die verarbeiteten Ressourcen mit minimalem Aufwand wieder zu gewinnen. Eine varianten- und materialreiche Umsetzung einer Funktionalität erschwert somit den Aufbau von Recyclingtechnologien ebenso wie eine irreversible Fügetechnik. Die folgende Aufzählung in Abbildung 2.4 beschreibt eine Gestaltung von Produkten, die ein umweltfreundliches Recycling ermöglicht bzw. begünstigt (vgl. Cord-Landwehr, 2002, S. 3).

Darüber hinaus hat die Änderung einer **Produkttechnologie oder -technik** der zu behandelnden Produkte eine hohe Bedeutung. Dies betrifft zum einen den Einsatz völlig neuer Technologien, wie z.B. den Einsatz von Mobilkommunikationsgeräten, die sachgerecht entsorgt werden müssen. Aber auch die Änderung von Produkttechniken spielen eine erhebliche Rolle, wie beispielsweise der Wechsel von Platin- auf Palladium-Katalysatoren oder der Wechsel von Bildschirmröhren hin zu LCD- und Plasma-Monitoren.

Eine weitere Einflussgröße ist der **Marktpreis für Rohstoffe**, der durch den Verkauf von Materialien erzielt werden kann. Recycling wird schließlich immer dann durchgeführt, wenn die Erlöse der gewonnenen Sekundärrohstoffe die Kosten des Recyclings abzüglich der Kosten für die Beseitigung der übrig bleibenden Stoffe übersteigen (vgl. Nickel, 1996, S. 9). Da die Erlöse aus den gewonnenen Sekundärrohstoffen mit den Primärrohstoffpreisen korrelieren, erlauben hohe Rohstoffpreise eine kostenintensive Behandlung des Abfalls.

Die Schadstoffentfrachtung und dazu notwendige Recyclingtechnologien werden häufig vom Gesetzgeber gefordert. Der **Gesetzgeber** bedient sich umweltpolitischer Instrumente, die nach dem Verursacherprinzip oder dem Gemeinlastprinzip unterschieden werden (vgl. Bilitewski u. a., 1991, S. 6). Die Gesetzgebung nutzt hierbei zunehmend das Instrument des Verursacherprinzips. Das europäi-

Ansatz einer umweltfreundlichen Produktgestaltung	Erläuterung des Einflusses auf Recyclingtechnologien
Schadstoffarme Werkstoffauswahl	Die Auswahl der Werkstoffe bezüglich der chemischen und physikalischen Eigenschaften, Gesundheitsgefahr (Toxizität), Ökotoxizität und Wirkung auf die Umwelt (z.B. Bioverfügbarkeit, Bioabbaubarkeit, Bioakkumulation, Resorbierbarkeit) kann zu erhöhten Anforderungen beim Recycling führen
Vermeidung von Beschichtungen	Die Anzahl der Materialien erhöht die Komplexität während des Recyclingprozesses, da die Beschichtungen unterschiedliche Substanzen enthalten und eventuell getrennt werden müssen
Werkstoffminimierung	Die Minimierung der Materialien reduziert die Komplexität einer Recyclingtechnologie, da der Aufwand für das Trennen der Werkstoffe entfällt
Minderung der Werkstoffvielfalt	Die Anzahl der Materialien erhöht die Komplexität während des Recyclingprozesses, da die Beschichtungen unterschiedliche Substanzen enthalten und getrennt werden müssen
Recyclingfreundliche Werkstoffe	Der Einsatz von recyclingfreundlichen Werkstoffen reduziert die Anforderungen der Recyclingprozesse
Verbundmaterialien	Die Verwendung neuer Verbundmaterialien erschwert das Trennen der einzelnen Stoffe und erhöht daher die Anforderungen in den Recyclingprozessen
Reduktion der Bauteile	Die Minimierung der Bauteilanzahl senkt die Komplexität der zu recycelnden Produkte und damit auch den Recyclingaufwand
Vermeidung von Verpackungen	Das Vermeiden von Verpackungen reduziert sowohl den Aufwand als auch die Menge bei den Recyclingprozessen
Bauteilkennzeichnung	Die Kennzeichnung der Komponenten verringert Fehlsortierungen und verbessert somit die Qualität des Recyclingprozesses
Werkstoffkennzeichnung	Die Kennzeichnung der Werkstoffe verringert Fehlsortierungen und verbessert somit die Qualität des Recyclingprozesses
Lebensdauererhöhung	Die Erhöhung der Lebensdauer reduziert die Menge der zu recycelnden Produkte
Reparaturfreundlichkeit	Die Reparaturfreundlichkeit erhöht die Lebensdauer der Produkte und verringert somit die zu recycelnde Menge
Demontagefreundlichkeit	Die Verbesserung der Demontagefreundlichkeit reduziert während des Recyclingprozesses den Demontageaufwand
Wiederverwendung einzelner Bauteile	Die Wiederverwendung einzelner Bauteile verringert die Menge der zu recycelnden Produkte

Abbildung 2.4: Umweltfreundliche Gestaltung von Produkten (abgl. aus Cord-Landwehr, 2002) (vgl. Nickel, 1996, S. 32 ff.)

sche Parlament fordert sogar bei schadstoffhaltigen Abfallströmen, wie z.B. bei den Elektro- und Elektronikaltgeräten, den Grundsatz der Herstellerverantwortung zu nutzen. Der Hersteller ist somit für seine Produkte nach der Nutzungsphase verantwortlich und muss sich in jedem EU-Land auch registrieren (vgl. Dully u. a., 2009). Eine Verschiebung der Verantwortung von Nutzern auf Hersteller soll bewirken, dass die Ziele der Konstruktionsphase mit den Zielen nach der Nutzungsphase übereinstimmen. Die Herstellerverantwortung wurde unter

anderem für Batterien, Verpackungen, Alt-Fahrzeuge und Elektro-Altgeräte umgesetzt. Der Gesetzgeber schreibt darüber hinaus bei vielen Produkten auch die einzusetzenden Recyclingprozesse vor. Dies bedeutet beispielsweise, dass bei einigen Elektroaltgeräten der Anteil der Wiederverwendung und der stofflichen Verwertung von Bauteilen, Werkstoffen und Stoffen mindestens 75 Prozent des durchschnittlichen Gewichts je Gerät betragen muss (vgl. WEEE, Art. 7 Abs. 2). Die Hersteller übernehmen die Behandlung der Abfälle jedoch in den wenigsten Fällen selbst, sondern übergeben diese Aufgabe an ein Recyclingunternehmen. Das Recyclingunternehmen bereitet die Produkte auf und sendet, falls nötig, einzelne Fraktionen zur Beseitigung weiter.

Die **sozialen Rahmenbedingungen** haben ebenfalls Einfluss auf die Recyclingindustrie. Nachfolgend werden ausschließlich die wichtigsten sozialen Rahmenbedingen aufgezählt: die Siedlungsstruktur, der Anteil des Geschäftsabfalls, die Anzahl der Fremdübernachtungen, der Lebensstandard, die Lebensgewohnheiten, das Konsumverhalten, das Warenangebot, die Reservehaltung, das Einkommen, der Umfang bestehender Systeme, die Verwertungs- und Vermeidungsanreize, der Sortierungswille, die Recyclinggewohnheiten, das Umweltbewusstsein und die Mentalität (vgl. Cord-Landwehr, 2002, S. 30-34) (vgl. Doedens, 1991).

Die **Logistik** besitzt große Entwicklungsanreize hinsichtlich der genutzten Techniken. Berücksichtigt werden muss unter anderem, ob es sich um ein Hol- oder Bringsystem handelt, an welchen Stellen die Umschlageinrichtungen lokalisiert sind und welche Behältertypen eingesetzt werden (vgl. Cord-Landwehr, 2002, S. 30, 89). Die Prozessschritte des Recyclings integrieren sich dabei in den Prozess der Abfallentsorgung (siehe Abbildung 2.5). Die Logistik ist deshalb bei der Platzierung eines Recyclingbetriebs eine wichtige Einflussgröße (vgl. Dully u. a., 2007, S. 29).

Ein weiterer Einflussfaktor ist das **Daten- und Informationsmanagement**. Dies betrifft unter anderem die Informationen des Herstellers an ein Recyclingunternehmen. Dem Recyclingunternehmen kann bspw. mitgeteilt werden, wo sich Schadstoffe oder wertvolle Rohstoffe im Produkt befinden. Dieser Einflussfaktor

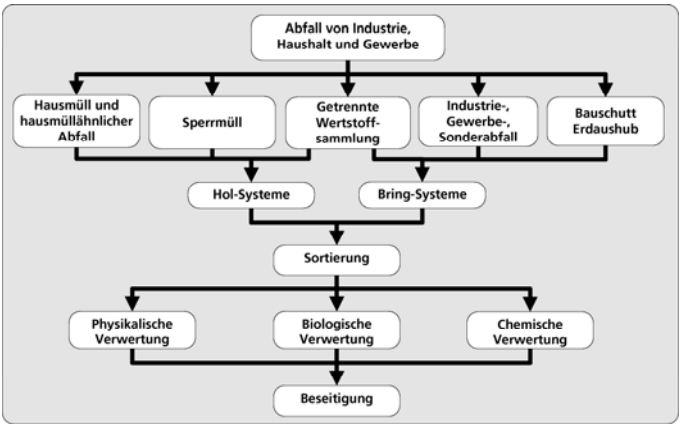

Abbildung 2.5: Prozess der Abfallentsorgung (vgl. Hulpke u. a., 1993)

wird zunehmend wichtiger und schon heute ist in der Gesetzgebung einiger europäischer Länder dieser Informationstransfer vorgeschrieben, wonach ein Recyclingunternehmen die Recyclingdaten oder den Recyclingpass des Produktes erhalten muss (vgl. Decree 2005-829).

Das Datenmanagement bietet jedoch auch eine Chance für Recyclingunternehmen, da in der Zukunft über das Internet oder andere Medien neueste Informationen zur Demontage bereitgestellt werden können. Hierzu muss allerdings noch ein gemeinsamer Standard entwickelt werden, der dies ermöglicht. Die Notwendigkeit für ein ausführliches Datenmanagement wird deutlich, weil beispielsweise in Frankreich bei der Einführung der Richtlinie zur Entsorgung von Elektro- und Elektronikaltgeräten die Hersteller verpflichtet wurden, die relevanten Recyclinginformationen den Recyclingunternehmen über das Internet zur Verfügung zu stellen.

3 Stand der Technik

Das nachfolgende Kapitel beinhaltet den Stand der Technik des Technologie-Scoutings. Dieses Kapitel soll auch die Methode des Technologie-Scoutings für Recyclingtechnologien und gegebenenfalls bestehende Defizite der Methode darstellen.

Das Technologie-Scouting steht mit einer Reihe von ähnlichen Vorgehensweisen im Wettbewerb. Durch die Fokussierung auf das Technologie-Scouting sollten folgende Aspekte hervorgehoben werden:

- Das **aktive Suchen** im Sinne eines Scouts (dt. Pfadfinders), der einen neuen Weg sucht.
- Das Suchen und Einsetzen neuer **Technologien** in Unternehmen.

Ähnliche Vorgehensweisen, wie beispielsweise die Strategische Frühinformation oder das Innovationsmanagement, bieten dennoch interessante Ansatzpunkte und werden bei der Bearbeitung des Stands der Technik daher mit berücksichtigt.

Im Weiteren sollen zunächst die Implementierungsoptionen des Technologie-Scoutings in die Aufbau-Organisation diskutiert werden. Anschließend soll der Prozess des Technologie-Scoutings betrachtet werden, in dem unterschiedliche, oft eigenständige Methoden in den jeweiligen Prozessschritten eingesetzt werden. Bei der Beschreibung des Stands der Technik des Technologie-Scoutings bietet sich daher die Diskussion entlang des Prozesses an. Die genutzten Methoden und Ausprägungen sollen hierzu aufgelistet und bei Bedarf skizziert werden.

Darin enthaltend soll jeweils eine Einschätzung der jeweiligen Ansätze bezüglich der Problem- und Zielstellung sein.

Beim Technologie-Scouting spielt die Informationstechnik (IT) eine zunehmend bedeutende Rolle. Aus diesem Grund soll ein kurzer Einblick über die IT-Unterstützung innerhalb des Technologie-Scoutings gegeben werden. Dies betrifft insbesondere die Unterstützungsoptionen durch das Internet.

Abschließend sollen die bestehenden Defizite des Technologie-Scoutings und der Suchmaschinen dargestellt und beschrieben werden. Diese Defizite sollen hierzu zentral für das gesamte Kapitel 3 zur Erreichung einer besseren Übersicht präsentiert werden.

3.1 Organisation des Technologie-Scoutings

Das Technologie-Scouting kann entweder von einer Primärorganisation, einer Sekundärorganisation oder durch einen Berater übernommen werden (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 57) (vgl. Rohrbeck, 2007, S. 5) (vgl. Wolff, 1992).

Die Integration in die Primärorganisation bedeutet, dass das Technologie-Scouting mit Hilfe der Mitarbeiter durchgeführt wird (vgl. Wolff, 1992). Demgemäß ist jeder Mitarbeiter zu einem gewissen Prozentsatz seiner Arbeitszeit für die Aufgaben des Technologie-Scoutings freigestellt und für das Suchen nach neuen Technologien somit selbst verantwortlich. Insbesondere in Entwicklungsabteilungen sind die Mitarbeiter aufgrund ihrer Expertise selbst am besten in der Lage, neue Entwicklungen auf ihre Einsatzfähigkeit hin einzuschätzen. Die zusätzlichen interessanten Aufgaben des Technologie-Scoutings führen in vielen Fällen zu einer Motivationserhöhung bei den Mitarbeitern.

Das Technologie-Scouting in einer Sekundärorganisation bedeutet zunächst den Aufbau einer weiteren Organisationseinheit. Die Sekundärorganisation ist eine Spiegelung der Primärorganisation, versorgt diese mit den entsprechenden Informationen und kann in der klassischen Organisationstheorie auch als Sparten-

organisation angesehen werden (vgl. Jung, 2004, S. 265). Deswegen können die Aufgaben von Stabsstellen innerhalb eines Unternehmens übernommen werden. Wegen der zusätzlichen Schnittstellen besitzt eine Sekundärorganisation beim Wissensaufbau und -transfer einige Nachteile (vgl. Laube, 2008).

Bei der Sekundärorganisation kann es sich zudem um eine Organisation handeln, die nicht im Unternehmen angesiedelt ist, sondern interorganisationell fungiert. Die Aufgaben können daher auch durch externe Berater abgedeckt werden (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 57) (vgl. Rohrbeck, 2007) (vgl. Wolff, 1992).

3.2 Prozess des Technologie-Scoutings

Der Prozess des Technologie-Scoutings und ähnlicher Ansätze wird in der Literatur unterschiedlich dargestellt (vgl. Spath, 2001, S. 52 ff.)(vgl. Brandenburg, 2001, S. 49 ff.)(vgl. Laube, 2008, S. 30)(vgl. Schröder u. a., 2003, S. 28). Dieser Methodenpluralismus ist – genauso wie bei der Technikbewertung – zu begründen, da alle technischen Handlungen von vielfältigen Folgen für Natur und Gesellschaft sind. Eine Berücksichtigung aller Gesichtspunkte ist nie vollständig möglich, so dass stets auf Modelle zurückgegriffen werden muss, die bestimmte Sachverhalte hervorheben (vgl. Richtlinie VDI 3780, S. 26).

Allerdings ist die Grundstruktur in allen Ausprägungen ähnlich. Der Erfassung der Informationen folgt die Verarbeitung, bevor die Weiterleitung an die Empfänger durchgeführt wird. In diesem Abschnitt soll daher verstärkt auf die unterschiedlichen Methoden, Vorgehensweisen und Ausprägungen während der einzelnen Prozessschritte eingegangen werden, um den aktuellen Stand des Technologie-Scoutings bezüglich der Einsatzfähigkeit in der Recyclingindustrie zu untersuchen. Das in dieser Arbeit betrachtete Prozessmodell wird in Abbildung 3.1 dargestellt.

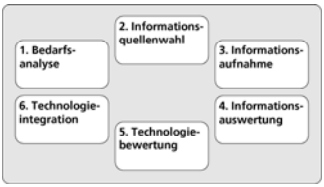

Abbildung 3.1: Prozess des Technologie-Scoutings

Jeder der einzelnen Prozessschritte führt mit Hilfe seines Inputs eine Aufgabe durch, so dass er einen spezifischen Output erzeugen kann. Die Prozessschritte sind in Abbildung 3.2 skizziert. Der Begriff **Fokus** bezeichnet hierbei ein Objekt, ein Artefakt oder einen Prozess, der innerhalb eines Prozessschrittes untersucht wird.

Prozessschritt	Fokus	Input	Aufgabe	Output
Bedarfs-analyse	Objekt, Artefakt, Prozess	Produkte, Prozesse, Märkte, Unternehmenskennzahlen	Analysieren der Aspekte, für die eine neue Technologie benötigt wird	Aspekt, für den eine neue Technologie gesucht werden muss
Informations-quellenwahl	Information	Aspekt, für den eine neue Technologie gesucht werden soll	Auswählen einer Informationsquelle aufgrund der Eigenschaften des Aspekts und der potentiell vorhandenen Informationsquellen	Informationsquelle(n)
Informations-aufnahme	Information	Informationsquelle(n) und Aspekte, die neue Technologien benötigen	Aufnahme der Informationen, die durch die Informationsquellen zur Verfügung gestellt werden	Informationen über neue Technologien bezüglich des gesuchten Aspekts
Informations-auswertung	Information	Informationen über neue Technologien bezüglich des gesuchten Aspekts	Auswerten der Informationen, so dass die Informationen über relevante Technologien erkannt werden	Informationen über relevante Technologien
Technologie-bewertung	Technologie	Informationen über relevante Technologien	Die relevanten Technologien werden bewertet. Hierbei liegt ein Schwerpunkt auf der Technologie-Investitionsbewertung	Technologien mit einer positiven Investitionsbewertung
Technologie-integration	Technologie	Technologien mit einer positiven Investitionsbewertung	Entwickeln und Integrieren der ausgewählten Technologien für das Unternehmen	Einsatzfähige Technologien für das Unternehmen

Abbildung 3.2: Aufgabe der einzelnen Prozessschritte

3.2.1 Bedarfsanalyse

Zunächst stellt sich die Frage, mit welchen Funktionen, Technologien und Abläufen sich ein Unternehmen befassen sollte. Hierbei muss eine Konzentration auf ein Artefakt, ein Objekt oder einen Prozess erfolgen, um nicht unnötig Kapazitäten zu verschwenden. Im Fokus kann dabei ein bestimmtes Produkt oder eine Funktion stehen, wofür eine neue Technologie gesucht wird. Zum Erkennen der relevanten Aspekte kommen mehrere Methoden zum Einsatz, wie z.B. eine ABC-Analyse, ein Paarweiser Vergleich oder eine Nutzwertanalyse (vgl. Abbildung 3.3).

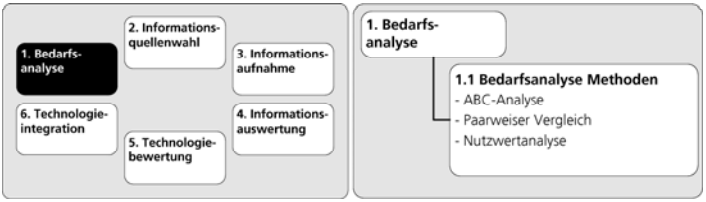

Abbildung 3.3: Bedarfsanalyse

Die ABC-Analyse stammt ursprünglich aus der Produktionswirtschaft und wird dort zur Materialanalyse verwendet. Gewissermaßen kann dadurch die Fragestellung gelöst werden, welches Material welchen Beitrag zur Höhe der Verbrauchswerte besitzt (vgl. Nebl, 2007, S. 242). Die ABC-Analyse kann für das Technologie-Scouting adaptiert werden, wenn der untersuchte Aspekt im Unternehmen auf der Abszisse und die Innovationspotentiale mit jeweils sinkendem Potential auf der Ordinate abgetragen werden. Somit können die Technologien mit einem hohen Potential sichtbar gemacht werden.

Der Paarweise Vergleich wurde entwickelt, um bei ausgeprägten qualitativen Entscheidungsproblemen eine Unterstützung zu bieten. In einem Unternehmen könnten hierdurch alle in Frage kommenden Aspekte gegeneinander gewichtet werden, um die relevanten zu eruieren. Beim Paarweisen Vergleich werden hierzu jeweils zwei Objekte einer Menge miteinander verglichen und anschließend

ausgewertet, welches Element im Vergleich zu den anderen am häufigsten relativ besser bewertet wurde (Cloodt, 2009).

Die Nutzwertanalyse unterstützt die Entscheidungsfindung, indem einzelne Kriterien der untersuchten Aspekte separat betrachtet werden. Bei der Auswahl eines geeigneten PKWs könnten beispielsweise die Leistung, der Komfort und der Verbrauch jeweils einzeln gewichtet werden. Die Kriterien können noch mit einem festen Gewichtsfaktor multipliziert werden, um weniger wichtige Kriterien von wichtigeren zu differenzieren. In dem Beispiel könnte eventuell der Verbrauch wichtiger als der Komfort eingestuft werden. Werden die einzelnen Bewertungen der Kriterien schließlich addiert, dann ergibt sich für jedes Objekt eine Gesamtpunktzahl. Der PKW mit der höchsten Punktzahl erscheint bei dieser Systematik als Favorit (abgl. Hoffmeister, 2000, S. 278-310). Die Nutzwertanalyse kann für die Auswahl sämtlicher Prozesse und Objekte genutzt werden.

3.2.2 Informationsquellenwahl

Die Auswahl einer Informationsquelle entscheidet nicht nur über die Qualität und das Stadium von Informationen, sondern ist ein wichtiger Kostenfaktor beim Initialisieren des Technologie-Scoutings.

Die potentiellen Informationsquellen des Technologie-Scoutings sind in Abbildung 3.4 dargestellt.

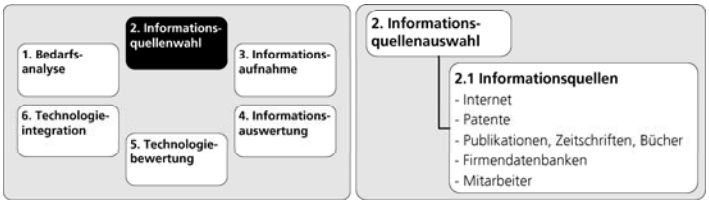

Abbildung 3.4: Informationsquellen

Bei der Wahl der Informationsquellen ist zu beachten, dass ein Unternehmen keine abgeschlossene Einheit ist, und dass es vielmehr zu seiner Umwelt in zahlreichen Beziehungen steht. Dabei haben äußere Einflüsse eine hohe Bedeutung für ein Unternehmen und können beispielsweise in fünf Felder eingeteilt werden: das ökonomische Feld, das rechtlich-politische Feld, das technologische Feld, das sozio-kulturelle Feld und das ökologische Feld (siehe auch Abbildung 3.5) (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 22).

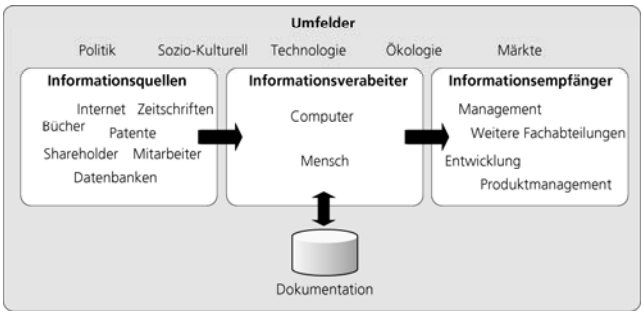

Abbildung 3.5: Einflüsse auf ein Unternehmen (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 22)

Andere Autoren betrachten neben den Umfeldsystemen auch Lenkungssysteme als Einflussbereiche auf ein Unternehmen. Lenkungssysteme bezeichnen Systeme, die von einem Unternehmen selbst beeinflusst werden können. Umfeldsysteme, wie z.B. Technik, Umwelt und Kultur, können im Gegenteil durch ein Unternehmen nicht beeinflusst werden (siehe Abbildung 3.6)(vgl. Gausemeier, 1995, S. 170).

Aus Einflüssen auf und von Unternehmen können die potentiellen Informationsquellen herausgearbeitet werden, zu denen außerhalb eines Unternehmens auch Personen oder Institutionen, wie z.B. Experten, Wissenschaftler, Politiker und Forschungseinrichtungen zählen. Diese Informationsquellen veröffentlichen ihre Ergebnisse in folgenden Medien: im Internet, in Fachzeitschriften, Büchern, Abstract-Diensten, Tagungen und Datenbanken (vgl. Krystek, 1993, S. 179).

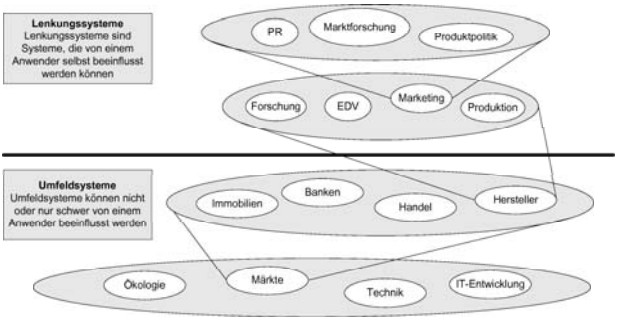

Abbildung 3.6: Einflussbereiche eines Unternehmens (vgl. Gausemeier, 1995)

Bei Datenbanken wird zwischen internen Datenbanken, z.B. für Kunden, Lieferanten und Produkte, und externen Datenbanken, beispielsweise für wirtschaftliche Entwicklungen oder Patent- und Lizenzdatenbanken, unterschieden (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 14).

Die Informationsquellen können schließlich nach ihren jeweiligen Beteiligungsarten an einem Unternehmen eingeteilt werden. Auf diese Art und Weise können die Mitarbeiter, die Führungsebene oder auch die Teilhaber eines Unternehmens unterteilt werden (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 18).

Abhängig vom Medium wird ein Thema früher oder später publiziert. Dies ist dadurch zu erklären, da bei Büchern der redaktionelle Bearbeitungsprozess und der darauf folgende Druckprozess eine Bearbeitungszeit in Anspruch nimmt, die größer ist als die Zeitspanne bei einer Veröffentlichung im Internet (siehe Abbildung 3.7) (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 7). Bei der Auswahl von Informationsquellen ist ebenfalls darauf zu achten, dass in einigen Forschungsgebieten möglichst früh publiziert wird, um die wissenschaftliche Urheberschaft zu dokumentieren. Während in anderen Bereichen zuerst das Patent veröffentlicht wird, um den notwendigen Schutz vor der Konkurrenz zu erhalten (vgl. Geschka, 1995, S. 634).

Ausgehend von diesen Datenbeständen können die weiteren Schlagwörter der gefundenen Artikel und Patente verfolgt bzw. analysiert werden, um auf verwand-

Abbildung 3.7: Erwähnung von Strukturumbrüchen in Medien (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 7)

te, neue Forschungs- und Technologieschwerpunkte zu stoßen. Bei schwer zugänglichen Themenbereichen und Wörtern empfiehlt Geschka hierbei jedoch eine Analyse durch einen Fachmann oder einen Patentexperten (vgl. Geschka, 1995, S. 635).

3.2.3 Informationsaufnahme

Die Informationsaufnahme besteht aus zwei Stufen: der ungerichteten und gerichteten Suche (siehe Abbildung 3.8). Die ungerichtete Suche, auch das Scanning genannt, bezeichnet eine Suche, bei der das Ziel unbestimmt ist. Die gerichtete Suche heißt Monitoring, wobei eine Beobachtung von definierten Variablen und Größen durchgeführt wird (vgl. Rohrbeck, 2007, S. 4).

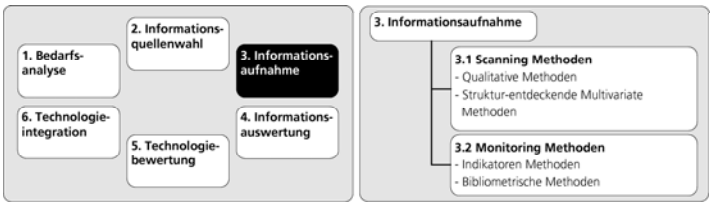

Abbildung 3.8: Informationsaufnahme

Infolgedessen kann die Suche nach Informationen durch eine ungezielte Suche (Scanning) oder eine gezielte Suche (Monitoring) realisiert werden (vgl. Rohrbeck, 2007, S. 4).

Durch das **Scanning** können noch nicht erkannte Gefahren und Potentiale identifiziert werden. Dies begründet sich daraus, da ein Verharren auf einem bisher bekannten Sachverhalt zu Fehlinterpretationen führen kann, weil neu auftretende Größen und Variablen nicht erkannt werden (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 28) (vgl. Krystek, 1993, S. 161 ff.). Das Scanning eruiert also die nicht bekannten aber beeinflussenden Parameter, bei denen es sich um planungsrelevant gewordene, bisher aber für nicht relevant gehaltene Sachverhalte handelt. Das Ziel des Scannings ist daher, etwas zu finden, ohne davor ein Objekt identifiziert zu haben. Für das Scanning stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung, wie die unten beschriebenen qualitativen oder die Struktur-entdeckenden Methoden.

Unter die qualitativen Methoden fallen die Patentanalyse, die Auswertung von wissenschaftlichen Tagungen sowie die Befragung von Personen oder Experten durch ein einfaches Interview oder eine Delphi Studie.

Die Struktur-entdeckenden Methoden sind multivariate Methoden, deren primäres Ziel in der Entdeckung von Zusammenhängen zwischen Variablen oder zwischen Objekten liegt (vgl. Backhaus u. a., 1996, S. XVIII).

Im Gegensatz zu dem Scanning behandelt das **Monitoring** das weitere Verfolgen eines Signals. Falls die Signale noch in einer qualitativen Form vorliegen, müssen sie zunächst mit Hilfsmitteln, wie z.B. Indikatorensysteme, messbar gemacht werden. Indikatorensysteme dienen der indirekten Messung von Sachverhalten (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 34).

Beim Monitoring kommen auch Methoden zum Einsatz, die ihren Ursprung in den Wissenschaftsbereichen der Bibliometrie, der Scientometrie, der Webometrie oder neuerdings der Cybermetrie haben (vgl. Kopcsa und Schiebel, 1998, S. 1). Bei Maßen, die hauptsächlich auf quantitative Maße von publiziertem Material basieren, spricht man daher von scientometrischen und technometrischen Indikatoren. Da es sich bei den Kennziffern größtenteils um Literaturdaten han-

delt, spricht man auch von bibliometrischen Verfahren (vgl. Kopcsa und Schiebel, 1995, S. 6).

Die Informationsbereitstellung in einem Unternehmen kann daraufhin auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Hierzu können Formblätter, Datenbanken oder sogar einzelne Experten dienen. Zusätzlich zu diesen externen Daten können in der Datenbank auch unternehmensinterne Daten angezeigt werden, um frühzeitig Chancen zu erkennen (vgl. Krystek, 1993, S. 187).

3.2.4 Informationsauswertung

Die Phase der Informationsauswertung bezeichnet die Prozessphase der näheren Analyse der beobachteten Informationen. Die Auswertungsphase unterteilt sich in drei Prozessphasen. Zunächst wird in der Diagnosephase die Robustheit eines Informationssignals untersucht. Falls sich das Signal als untersuchungswürdig herausstellt, wird versucht, dieses Signal in die Zukunft zu prognostizieren und seinen weiteren Verlauf vorherzusagen. Die anschließende Evaluation beschreibt die Auswirkungen auf ein Unternehmen, wenn die vorhergesagten Werte so eintreffen werden. Der Prozessschritt **Informationsauswertung** gliedert sich daher in drei Schritte, wie in Abbildung 3.9 dargestellt (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 30).

Bei der **Diagnose** werden die durch das Scanning erkannten Informationen gefiltert und die relevanten Informationen weiterverfolgt. Unterstützend können bei der Diagnose die Struktur-überprüfenden Methoden der multivariaten Analysemethodik verwendet werden. Das sind Methoden, die zur Kausalanalyse eingesetzt werden. Durch diese Methoden kann beispielsweise analysiert werden, ob und welche Bedeutung das Wetter und der Boden für den Ertrag besitzen (vgl. Backhaus u. a., 1996, S. XVIII).

Die Regressionsanalyse ist unter anderem eine Methode der Struktur-überprüfenden Methoden. Diese wird eingesetzt, wenn der Zusammenhang zwischen einer metrisch skalierten abhängigen und einer metrisch skalierten unabhängigen

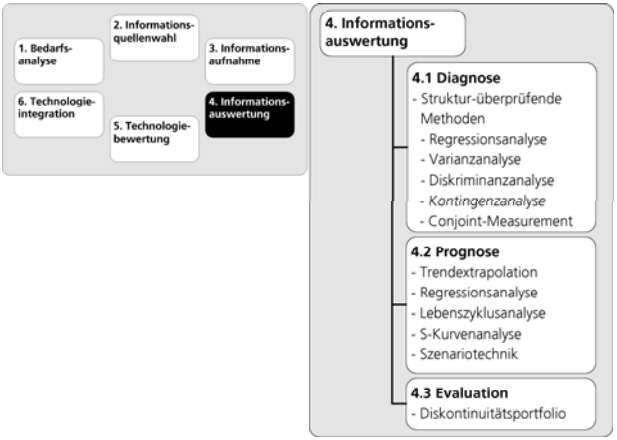

Abbildung 3.9: Informationsauswertung

Variablen betrachtet werden soll, z.B. die Größe einer Person und das Gewicht dieser Person (vgl. Backhaus u. a., 1996, S. XIX).

Falls der Zusammenhang zwischen einer nominal skalierten Variablen und einer metrisch skalierten abhängigen Variablen gemessen werden soll, kann dies durch eine Varianzanalyse erfolgen, z.B. kann der Einfluss des Aussehens einer Verpackung auf den Umsatz eines Produktes gemessen werden (vgl. Backhaus u. a., 1996, S. XIX).

Soll überprüft werden, wie eine nominal skalierte abhängige Variable von einer metrisch skalierten unabhängigen Variablen korreliert, dann findet die Diskriminanzanalyse Anwendung. Das Verfahren bietet daher die Möglichkeit zur Analyse von Gruppenunterschieden. So kann beispielsweise berechnet werden, wie sich die Wähler der verschiedenen Parteien anhand ihres Einkommens und Autos unterscheiden (vgl. Backhaus u. a., 1996, S. XIX).

Die Kontingenzanalyse dient dazu, den Zusammenhang zwischen zwei nominal skalierten Variablen zu analysieren. So kann der Zusammenhang z.B. zwischen

einem Raucher und Nichtraucher und einer Lungenerkrankung untersucht werden (vgl. Backhaus u. a., 1996, S. XX). Bei dem Conjoint-Measurement werden die abhängigen Variablen auf ordinalem Skalenniveau gemessen. Ziel ist, den Beitrag einzelner Merkmale zum Gesamtnutzen eines Objektes herauszufinden (vgl. Backhaus u. a., 1996, S. XXI).

Werden durch diese Methoden Optionen oder Ereignisse aufgezeigt, auf die sich ein Unternehmen noch nicht eingestellt hat und die eine große Bedrohung darstellen, sollte sich das Unternehmen mit dem Ansoff'schen Reaktionsschema darauf vorbereiten. Ein Beispiel eines derartigen Reaktionsschemas ist in Abbildung 3.10 abgebildet.

Reaktionsstrategie Zielgebiet	Direkte Reaktion	Flexibilität	Erkenntnis
Beziehungen zur Umwelt Ansätze	**Externe Aktion (Strategische Planung und Durchführung)** Betreten neuer Produktmärkte; Risikoverteilung mit anderen Firmen; Diversifizierung bedrohter Ressourcen; Ausgliedern bedrohter Produktmärkte	**Externe Flexibilität** Ausgleich der Kurz- und Langzeitprofitabilität; Produkt- und Marktdiversifikation; Langzeitverträge; Begrenzung der Größe und des Risikos	**Erkenntnis der Umwelt** Extrapolation der wirtschaftlichen Vorhersage; Verkaufsanalyse; Gefahren- und Chancenanalyse
Interne Konfiguration Ansätze	**Interne Bereitschaft (Kontingenzplanung)** Vorausplanung; Anpassung der Strukturen und Systeme; Erwerb von Fähigkeiten; Entwicklung neuer Produkte	**Interne Flexibilität** Einsatz kreativer Methoden der Problemlösung; Diversifikation kritischer Ressourcen; Erhöhung der Ressourcenliquidität; Steigerung modularer Ressourcen	**Selbsterkenntnis** Kapaziätsaudits; Stärken- und Schwächenanalyse; Kapazitätsprofile; Neue Finanzierungsmodelle

Abbildung 3.10: Reaktionsschema von Ansoff (vgl. Ansoff, 1976, S. 137 ff.)

Bei der **Prognose** werden die diagnostizierten Signale in die Zukunft vorhergesagt. Hierbei kommen unterschiedliche Methoden zum Einsatz. Eine Auflistung der Methoden ist unten abgebildet (siehe Abbildung 3.11). Zu betonen ist, dass sich in den letzten Jahren die Szenariotechnik als besonders leistungsfähig herausgestellt hat (vgl. Zinser, 2000).

Methode	Beschreibung
Trendextrapolation	Eine Zeitreihe wird in ihre Komponenten zerlegt. Durch eine mathematische Formulierung wird dabei der langfristige Trend beschrieben. Dieser wird in die Zukunft projiziert.
Einfache Regression	Die gesuchte Größe wird mit einer kausalen Größe in eine Beziehung gebracht; diese wird mathematisch ausgedrückt. Die kausale Größe wird vorausgeschätzt, und durch Anwendung der mathematischen Beziehungsformel wird die Entwicklung der gesuchten Größe abgeleitet.
Multiple Regression	Die Vorgehensweise ist wie bei der einfachen Regression. Es liegen jedoch mehrere kausale Größen zugrunde.
Ökonometrische Modelle	Systeme mit voneinander wechselseitig abhängigen Regressionsgleichungen, die einen bestimmten Sektor der Wirtschaft beschreiben.
Lebenszyklusanalyse	Betrachtet wird die Verweildauer einer Technologie am Markt. Üblicherweise durchläuft eine Technologie vier Phasen: die Entstehung (Schrittmachertechnologie), das Wachstum (Schlüsseltechnologie), die Reife (Basistechnologie) und die Verdrängung (verdrängte Technologie).
S-Kurvenanalyse	Kumulierte Lebenszyklusfunktionen mit dem Grundgedanken, dass Technologien im Zuge ihrer Weiterentwicklung zwangsläufig an technische Leistungsgrenzen stoßen. Dargestellt wird, abhängig vom kumulierten FuE-Aufwand, der Entwicklungsverlauf der Leistungsfähigkeit einer Technologie.
Szenariotechnik	Anhand von möglichen zukünftig eintretenden Szenarien werden Rückschlüsse auf die gegenwärtige Handlungsweise gezogen.

Abbildung 3.11: Methoden der Prognose (vgl. Zinser, 2000, S. 34)

Das Ziel der **Evaluation** ist zu untersuchen, welche Auswirkungen die prognostizierten Ereignisse auf ein Unternehmen haben. Diskontinuitäts-Portfolien bieten eine Methodik, bei der überprüft wird, wann Diskontinuitäten eintreten und welche Auswirkungen (Chancen und Risiken) sie auf ein Unternehmen hätten. Abbildung 3.12 ist eine beispielhafte Darstellung eines Diskontinuitäts-Portfolios (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 32).

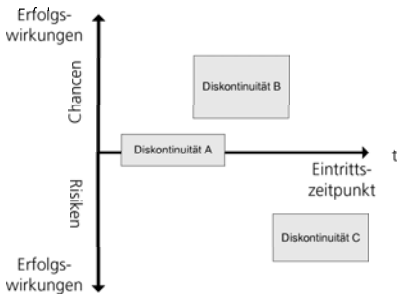

Abbildung 3.12: Diskontinuitätsbefragung (vgl. Ansoff, 1976)

3.2.5 Technologiebewertung

Die Bewertung der Technologien ist ein breites Handlungsfeld. Zunächst müssen die Werte, nach denen eine Technologie beurteilt werden soll, definiert werden. Diese Werte sind in der VDI-Richtlinie 3780 aufgelistet (beispielsweise Funktionsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Wohlstand) und stehen untereinander in einer engen Beziehung (vgl. Richtlinie VDI 3780, S. 23). Da Unternehmen in einem marktwirtschaftlichen Feld agieren, ist deren Triebfeder das erwerbswirtschaftliche Prinzip, d.h. das Bestreben, bei der Leistungserstellung und -verwertung das Gewinnmaximum zu erreichen (vgl. Wöhe und Döring, 1996, S. 6). Unter den bestehenden Werten der Technologiebewertung ist somit die Wirtschaftlichkeit von höchster Bedeutung. Zur Analyse der Wirtschaftlichkeit können mehrere Methoden eingesetzt werden.

In dieser Arbeit soll insbesondere die Investitionsbewertung im Vordergrund stehen. Zur Erläuterung der vorhandenen Ansätze der Investitionsbewertung werden zunächst die Kriterien, anhand deren eine Bewertungsmethode ausgewählt wird, aufgelistet (vgl. Hommel und Pritsch, 1999, S. 123).

- Die *Flexibilität* schildert den Sachverhalt, wenn ein Unternehmen das Recht – aber nicht die Pflicht – hat, eine Technologie weiter zu entwickeln.
- Die *Unsicherheit* bezeichnet die Situationen, wenn die Entwicklung der Technologie und deren Ergebnis nicht vorhersehbar ist.
- Die *Irreversibilität* kennzeichnet, dass die Entwicklung einer Technologie Kosten verursacht, die nicht wieder zurückzugewinnen sind.
- Die *Marktwertorientierung* beschreibt die Fälle, bei denen die Technologieentwicklung oder deren Ergebnis von externen Marktpreisen abhängig ist.

Je nach Technologie kann eine passende Bewertungsmethode bestimmt werden.

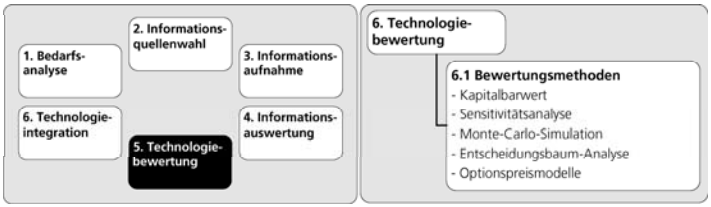

Abbildung 3.13: Technologiebewertung

Bei der Kapitalbarwertmethode sieht man sich einer statischen Umgebung gegenüber, und das Management hat sich auf die weiteren Entscheidungen schon festgelegt, so dass die Kapitalrückflüsse der Zukunft lediglich diskontiert werden (vgl. Wöhe und Döring, 1996, S. 757).

Bei der Sensitivitätsanalyse werden die Inputparameter variiert, so dass verdeutlicht werden kann, wie sich die Schwankung eines oder mehrerer Parameter auf die Wirtschaftlichkeit eines Projektes auswirken kann. Die Monte-Carlo-Simulation kann darüber hinaus die Interaktion verschiedener stochastischer Parameter abbilden. Hierzu werden in den einzelnen Parametern Wahrscheinlichkeitsfunktionen unterlegt. Die dynamische Kapitalwertmethode, manchmal auch Entscheidungsbaum-Analyse genannt, kann rekursiv gelöst werden und berechnet den Kapitalbarwert eines Projektes am Anfang unter den möglichen Alternativen. Wird ein einheitlicher Kapitalkostensatz genutzt, dann ist eine Marktwertorientierung nicht mehr möglich. Zudem steigt bei einer hohen Anzahl der Verästelungen die Unübersichtlichkeit der Berechnung (vgl. Hommel und Pritsch, 1999, S. 127).

Das Optionspreismodell führt bei den korrekten Inputparametern zu der exakten Bewertung. Dabei wird die Investition in Analogie zu einer Option gesehen. Ein Kritikpunkt bei dem Optionspreismodell besteht darin, dass die Berechnungen zwar detaillierter sind, aber die Inputparameter nur äußerst schwer vorhersagbar sind.

Die Bewertungsmethoden können in Abhängigkeit von den Eigenschaften eines

Projektes bei der Technologieeinführung gewählt werden. Eine Eigenschaft ist unter anderem die Flexibilität, die ein Projekt besitzt. Dazu kommt die Unsicherheit, ob ein Projekt funktioniert und später die gewünschten Ergebnisse liefert, und schließlich die Irreversibilität von anfänglichen Kosten, die zur Entwicklung eines Projektes notwendig sind. Das letzte Merkmal ist die Marktorientierung eines Projektes (beispielsweise der Marktbezug aufgrund von Rohstoffpreisen).

	Kapitalbar-wert	Sensitivitäts-analyse	Monto-Carlo-Simulation	Entscheidungs-baumanalyse	Options-preismodell
Unsicherheit	40%	60%	60%	80%	100%
Flexibilität	20%	40%	40%	80%	100%
Irreversibilität	20%	20%	20%	60%	100%
Marktorientierung	20%	20%	20%	60%	100%

Abbildung 3.14: Vergleich und prozentuale Eignung der Investitionsbewertungsmethoden (vgl. Hommel und Pritsch, 1999, S. 128)

3.2.6 Technologieintegration

Der letzte Schritt des Technologie-Scoutings ist die Integration der jeweiligen Technologien in einem Unternehmen, wofür diese Technologien in Form von Projekten realisiert und anschließend institutionalisiert werden müssen.

Die Integration einer neuen Technologie ist eine komplexe und einmalige Aufgabe unter restriktiven Zielvorgaben. Derartige Vorhaben erfüllen die Definition des Projektmanagements (vgl. Hering, 1999, S. 299) (vgl. Norm DIN 69900). Beim Projektmanagement stehen zahlreiche Methoden und Werkzeuge innerhalb der einzelnen Phasen zur Verfügung (vgl. Zielasek, 1995). Für das Technologie-Scouting befindet sich vor allem die Untersuchung der technischen Machbarkeit im Vordergrund. Hier sind geeignete Meilensteinpläne zu entwickeln, die gegebenenfalls den Abbruch eines Projektes ermöglichen.

Abschließend muss ein Unternehmen die Nachhaltigkeit der Technologieentwicklung berücksichtigen. Eine nachhaltige Technologieentwicklung soll dazu beitragen, keine irreversiblen Schäden in den drei Bereichen, nämlich Ökologie,

Ökonomie und Gesellschaft, zu verursachen (vgl. BMU, 2010). Die Nachhaltigkeit ist in Deutschland schon im Grundgesetz verankert, indem der Staat dokumentiert, dass in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung zu schützen sind (vgl. Grundgesetz, 1949, Art. 20a). Dies soll verhindern, dass Menschen auf Kosten der zukünftigen Generationen leben.

Die Nachhaltigkeit gliedert sich in drei Dimensionen, und zwar Ökologie, Gesellschaft und Ökonomie, die im Weiteren erläutert werden. Ein Schwerpunkt soll auf der dauerhaften ökonomischen Entwicklung liegen. Innerhalb dieser Dimensionen werden die jeweiligen unterstützenden Methoden genannt.

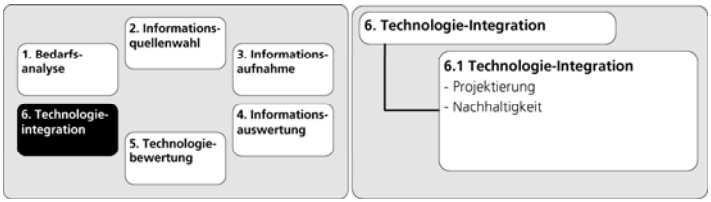

Abbildung 3.15: Technologie-Integration

Die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit betrifft mehrere Handlungsfelder, wie beispielsweise den Klimaschutz und die Energiepolitik, die biologische Vielfalt, die nachhaltige Mobilität und alternative Kraftstoffe, die Umwelt, die Gesundheit und die Ernährung, die Verminderung des Flächenverbrauchs oder auch eine nachhaltige Rohstoffwirtschaft. Diese werden als wesentliche Aspekte beim nachhaltigen Wirtschaften betrachtet (vgl. BMU, 2010).

Um die ökologischen Auswirkungen einer Entwicklung zu erfassen, kann eine Ökobilanz, auch Life Cycle Assessment genannt, durchgeführt werden. Diese Methode bewertet die Input- und Outputflüsse sowie die potenziellen Umweltauswirkungen eines Produktes im Verlauf seines Lebensweges (vgl. Janusz-

Renault, 2008) (vgl. Norm DIN EN ISO 14044, S.5,7). Einem Unternehmen wird dadurch beispielsweise ermöglicht, über die Berechnung von CO_2-Äquivalenten die Wirkung seiner Entwicklung auf das Treibhauspotential zu bestimmen.

Die soziale Nachhaltigkeit bedeutet, dass dauerhafte, stetige Formen der Partizipation gebildet werden müssen. Dazu gehören die Mitwirkung von Einzelpersonen, Gruppen und Organisationen an Umweltverträglichkeitsprüfungen sowie ihre Unterrichtung und ihre Beteiligung an Entscheidungen, insbesondere solche, die eventuell die Gemeinschaft betreffen, in der sie leben und arbeiten (vgl. UNO). Im Bezug auf das Technologie-Scouting kann dies beispielsweise das frühzeitige Einbinden aller von dieser Technologie betroffenen Kreise bedeuten. In Unternehmen kann dies durch Frühinformationsarenen oder Trendletters gewährleistet werden (vgl. Schröder u. a., 2003).

Durch Kunden- und Lieferantenworkshops können die Bedarfe der einzelnen Gruppen mit abgefragt und gegebenenfalls mit integriert werden. Sie können der Integration aber auch der Nutzung externer Wissensquellen dienen. Eine andere Form des Kommunikationsaustausches bilden Frühinformationsarenen, die für die Diskussion neuer Informationen genutzt werden können. Durch die Kommunikation und sprachliche Rekonstruktion von Informationen im Diskurs wird die Überprüfung und Verbesserung ermöglicht. Hierbei wird auch vom organisatorischen Lernen gesprochen werden (vgl. Krystek, 1993, S. 172). Die Weiterleitung der Informationen kann anschließend über Trend- bzw. Newsletters erfolgen, in denen ein interessierter Personenkreis die ihn interessierenden Informationen erhält. Eine Option ist in diesem Fall die Weiterleitung über IT-basierte Benutzerprofile (vgl. Schröder u. a., 2003, S. 52).

Zuletzt soll auf die wirtschaftliche Nachhaltigkeit während des Technologie-Scoutings eingegangen werden. Die wirtschaftliche Nachhaltigkeit bezeichnet das dauerhafte, erfolgreiche Wirtschaften eines Unternehmens. Hierzu müssen die Technologien in das bestehende holistische Produktionssystem integriert werden. Die einzusetzenden Methoden, Vorgehensweisen und Werkzeuge sind in dem Projekt Manufuture beschrieben (vgl. Westkämper, 2008).

3.3 IT-Unterstützung im Technologie-Scouting

Innerhalb des Technologie-Scoutings ist insbesondere die Suche nach neuen Technologieinformationen von herausragender Bedeutung. In letzter Zeit bietet die Informationstechnik zur Bearbeitung von Informationen immer effizientere Möglichkeiten an. Das Kapitel **IT-Unterstützung im Technologie-Scouting** soll daher zum einen Methoden der Informationsbereitstellung und -aufbereitung erläutern und zum anderen den Einsatz der Informationswerkzeuge betrachten. Als Werkzeuge der Informationstechnik zählen hierbei auch die Internet-Suchmaschinen.

3.3.1 Einsatz des Information Retrievals

Die Bereitstellung von Informationen wird als Information Retrieval (engl. für Bereitstellung) bezeichnet. Methoden, die sich ausschließlich mit der Bereitstellung von Texten beschäftigen, werden aufgrund des abgegrenzten Problembereichs auch Text-Mining Methoden genannt (vgl. Kamphusmann, 2002, S. 14).

Zunächst sollen nun die **Grundbegriffe** des Information Retrievals bzw. des Text-Minings definiert werden, bevor auf dessen Funktionsweise eingegangen wird.

Als Daten werden Zeichen verstanden, die durch bestimmte Syntaxregeln zusammengestellt werden und durch eine formalisierte Art und Weise für die Kommunikation vorgesehen sind (vgl. Norm ISO/IEC 2382-1). Daten sind daher auf der syntaktischen Ebene anzusiedeln, und eine Datenbasis stellt eine Ansammlung von Werten ohne jegliche Semantik dar (vgl. Fuhr, 2004, S. 8) (vgl. Dudenredaktion, 2001, S. 163). Werden diese Daten in einem gewissen Kontext interpretierbar, dann repräsentieren sie für den Empfänger Informationen (vgl. Probst u. a., 2010, S. 37). Die Zeichen bzw. Daten beinhalten dann eine Semantik. Dementsprechend enthalten Datenbanken nicht nur Daten, sondern auch Informationen, weil zusätzlich zu den Informationen zumindest ein Teil der Semantik des jeweiligen Anwendungsgebiets auch im System modelliert wird (vgl.

Fuhr, 2004, S. 8). Krystek erweitert den Informationsbegriff um eine subjektive Dimension, indem er, falls die Informationen eine Problemrelevanz besitzen, von Nachrichten spricht (vgl. Krystek, 1993, S. 194). Die Vernetzung von Informationen ermöglicht deren Nutzung in einem bestimmten Handlungsfeld, welches als Wissen bezeichnet werden kann (vgl. Probst u. a., 2010, S. 37).

Bei der Bereitstellung von Informationen im Sinne des Text-Minings bestehen mehrere **linguistische Herausforderungen**. Die Sprache ist im Gegenteil zu anderen Systemen nicht eindeutig und hat mehrere Besonderheiten, wie beispielsweise:

- Homographen
  (verschieden gesprochene Wörter mit gleicher Schreibweise)
  Tenor: Sänger / Ausdrucksweise.

- Polyseme
  (Wörter mit mehreren Bedeutungen)
  Bank: Sitzgelegenheit / Geldinstitut.

- Flexionsformen
  (die durch Konjugation und Deklination eines Wortes entstehen)
  Haus - (des) Hauses - die Häuser
  schreiben - schreibt - schrieb - geschrieben.

- Derivationsformen
  (verschiedene Wortformen zu einem Wortstamm)
  Formatierung - Format - formatieren.

- Komposita
  (mehrgliedrige Ausdrücke)
  Bundeskanzlerwahl - Wahl des Bundeskanzlers
  information retrieval - retrieval of information - information was retrieved.

(vgl. Fuhr, 2004, S. 35).

Die **Methoden des Information Retrievals** beschäftigen sich nun mit der Frage, wie aufgrund eines bestimmten Informationsbedarfs relevante Informationen gefunden werden können. Die Informationsmenge wird hierbei in der Regel durch eine Dokumentenmenge repräsentiert. Die Methoden des Information Retrievals befassen sich daher mit dem Problem, wie angesichts eines Informationsbedarfs ein oder mehrere relevante Dokumente gefunden werden können.

Dabei wird in probabilistische und in nicht-probabilistische Methoden unterschieden. Die probabilistischen Methoden, z.B. die Bayes'sche Methode, werten aus, wie wahrscheinlich ein Dokument zu einem Thema bezüglich der dort enthaltenen Terme (d.h. Wörter) passt. Die nicht-probabilistischen Methoden können im Weiteren in Bool'sche-, Fuzzy-, Vektor- und Clustermethoden differenziert werden (vgl. Heeren, 2003).

Das Bool'sche Retrieval ist in diesem Fall das älteste Modell und basiert auf der Suche nach einzelnen Wörtern. Diese Wörter können mit logischen Operatoren wie „und“, „oder“ bzw. „nicht“ verknüpft werden. Eine Anfrage, wie z.B. „Auto“ und „nicht fahren“, sucht alle Dokumente, in denen „Auto“ aber „nicht fahren“ vorkommt. Das Problem bei dem Bool'schen Retrieval besteht darin, dass keine Rangfolge von Dokumenten erstellt werden kann. Eine Gewichtung, ob „Auto“ einmal oder zweimal im Dokument vorkommt, existiert nicht (vgl. Ferber, 2003, S. 34)(vgl. Fuhr, 2004, S. 58).

Die oben beschriebenen Probleme des Bool'schen Retrievals versuchen, das Fuzzy-Retrieval durch eine Gewichtung der Wörter zu kompensieren. Allerdings ergeben sich hierbei Probleme bei Anfragen, da eine Gewichtung für die angefragten Wörter mit hinzugefügt werden müsste, um die Relevanz innerhalb der Anfrage zu verdeutlichen (vgl. Fuhr, 2004, S. 59).

Unter Dokumenten-Clustering versteht man die Gruppierung von Dokumenten untereinander. Nachdem eine Suchanfrage gestellt wurde, wird überprüft, in welches Cluster diese Suchanfrage gehört. Anschließend werden die Dokumente aus diesem Cluster angezeigt.

Bei einem Vektorraummodell wird ein Dokument als ein mehrdimensionaler Vektor modelliert und der Abstand zwischen diesen Vektoren bzw. Dokumenten untersucht. Ein Vektorraummodell wird beispielsweise detailliert von Ferber beschrieben und sei, aufgrund der Bedeutung in dieser Arbeit, genauer erläutert (vgl. Ferber, 2003, S. 61).

Zunächst sei $T = \{t_1, ..., t_n\}$ eine endliche Menge von Termen und $D = \{d_1, ..., d_i\}$ eine Menge von Dokumenten und für jedes Dokument $d_i \in D$ sei zu jedem Term $t \in T$ ein Gewicht $w_{i,j} \in \mathbb{R}^n$ gegeben.

Zur Berechnung der Gewichte werden die Erkenntnisse des Zipf'schen Gesetzes genutzt. Das Zipf'sche Gesetz besagt, dass das Produkt aus der Häufigkeit h, wie oft ein Wort o in einem Textkorpus vorkommt, und dem Rangplatz r des Wortes eine Konstante c ist.

$$h(o) \cdot r(o) \approx c. \tag{3.1}$$

Aus dem Zipf'schen Gesetz ergibt sich auch, dass die Häufigkeit der Terme ungefähr der Kehrwert des Rangplatzes, mit einer Konstanten multipliziert, ist.

$$h(o) \approx \frac{c}{r(o)}. \tag{3.2}$$

Dies bedeutet, dass eine kleine Anzahl von häufigen Wörtern einen großen Anteil der Texte abdeckt, und die große Anzahl der seltenen Wörter nur einen kleinen Anteil der Texte ausmacht (vgl. Ferber, 2003, S. 67) (vgl. Zipf, 1949). Beispiele für Wörter, die häufig vorkommen, sind Füllwörter wie „und“, „aber“, „auch“ und „etc.“.

Neben den globalen Gewichtseinflüssen können auch die lokalen genutzt werden. Hierzu wird beispielsweise die Häufigkeit eines Wortes innerhalb eines Dokuments mit berücksichtigt. Eine Gewichtung, die diesen Sachverhalt einkalkuliert, ist zum Beispiel durch die $tfidf$ (term frequency-inverse document frequency) gegeben (vgl. Ferber, 2003).

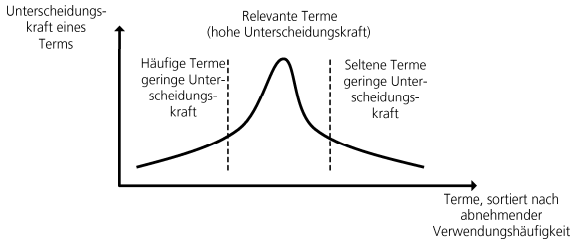

Abbildung 3.16: Unterscheidungskraft von Termen in Abhängigkeit von ihrer Auftretenshäufigkeit

$$w_{i,j} = tfidf(i,j) = \frac{h(i,j)}{d(j)} \tag{3.3}$$

mit:

$h(i,j)$: Häufigkeit des Terms j im Dokument i

$d(j)$: Anzahl der Dokumente, in denen der Term j auftritt.

Die Term-Gewichte des Dokuments d_i lassen sich zu einem Vektor $v_i = (w_{i,1}, ..., w_{i,n}) \in \mathbb{R}^n$ zusammenfassen.

Bei der Suche nach ähnlichen Dokumenten bei einer Anfrage können nun Vektor-Ähnlichkeitsmaße, wie beispielsweise das Cosinus - Maß, genutzt werden (siehe 3.4). Der Abstand zweier Vektoren kann dadurch algebraisch berechnet werden (vgl. Ferber, 2003).

$$\delta(v_\chi, v_\iota) = cos(v_\chi, v_\iota) = \frac{\sum_{j=1}^{n} w_{\chi,j} w_{\iota,j}}{\sqrt{\left(\sum_{j=1}^{n} w_{\chi,j}^2\right) \cdot \left(\sum_{j=1}^{n} w_{\iota,j}^2\right)}}. \tag{3.4}$$

Diese Methoden des Information Retrievals werden auch teilweise von Suchmaschinen im Internet eingesetzt. Das Internet soll aus diesem Grund und aufgrund

der anwachsenden Bedeutung innerhalb der letzten Jahre in dem nachfolgenden Kapitel erläutert werden.

3.3.2 Nutzung des Internets

Im Zuge des Technologie-Scoutings im Internet spielen Suchmaschinen als Werkzeug eine entscheidende Rolle. Infolgedessen sollen die Suchmaschinen im Weiteren zuerst beschrieben und dann ihr Einsatz im Technologie-Scouting diskutiert werden. Zunächst werden hierfür die wesentlichen Funktionsweisen dargestellt.

- In Webverzeichnissen (auch **Webkataloge** genannt) werden Internetseiten durch menschliche Arbeit ausgesucht und Themen zugeordnet. Aufgrund der fehlenden Automatisierung sind Webkataloge in der Regel kleiner als Webcrawler. Der Vorteil von Webverzeichnissen besteht darin, dass alle Informationen manuell überprüft werden und dadurch dem katalogisierten Thema entsprechen. Nachteilhaft ist, dass diese Arbeit eine gewisse Zeit benötigt und die Informationen somit nicht zeitnah zur Verfügung stehen (vgl. Webkatalog, 2010) (vgl. Sumo, 2010).

- **Webcrawler** durchsuchen das Internet, indem sie Webseiten nach Verweisen auf andere Internetseiten analysieren. Alle gefundenen Referenzen werden anschließend verfolgt und die gefundenen Seiten indexiert. Hiernach wird der Prozess in dieser Art und Weise wiederholt (vgl. Harbich, 2008)(vgl. Ferber, 2003, S. 300).

- **Metasuchmaschinen** senden ihre Anfrage an verschiedene Suchmaschinen und listen die Ergebnisse auf. Vorteile ergeben sich, da durch diese Technik eine Metasuchmaschine keine eigene Datenbank besitzen muss (vgl. Lewandowski, 2005, S. 25). Die Anfrage und das anschließende Auswerten erfordert jedoch einige Zeit. Darüber hinaus verbieten einige Suchmaschinen, wie beispielsweise Google, den Zugriff von Metasuchmaschinen (vgl. Ranking-ABC, 2010) (vgl. Google, 2010).

- **Suchagenten** rufen unterschiedliche Internetseiten auf und durchsuchen diese nach relevanten Informationen sowie Verweise auf andere Internetseiten. Suchagenten sind als Programme realisiert, die auf den Rechnern von Anwendern installiert sind. Der Nutzer kann dadurch auf die Suchalgorithmen und die Konfiguration der Suchmaschine direkt Einfluss nehmen (vgl. Pleuß, 2006, S. 217 ff.). Als separate Software bieten die Suchagenten gegenüber reinen Suchmaschinen einen höheren Komfort bei der Verarbeitung der Suchergebnisse (vgl. PC WELT, 2010).

Die bekannten Suchmaschinen sollen für einen Überblick mit ihren Eigenschaften im Weiteren dargestellt werden.

Yahoo startete als Web-Verzeichnis, das Seiten des World Wide Webs durch eine Redaktion sortierte und diese dem Nutzer zur Verfügung stellte. Die Vorteile, eine menschliche Einsortierung und Qualitätskontrolle zu haben, stehen den Nachteilen, keine vollständige Dokumentenmenge zu besitzen, gegenüber (vgl. Lewandowski, 2005, S. 21, S. 205).

Das open directory project (DMOZ) ist nach eigenen Angaben der größte und umfassendste Katalog. Das Projekt wird von einer großen Gemeinschaft an freiwilligen Editoren betreut. Auf diese Weise versucht DMOZ, die professionellen Mittel zur Verfügung zu stellen, damit sich Internetnutzer selbst und das Internet besser organisieren könnten. Jeder Nutzer des World Wide Web hat demzufolge die Möglichkeit, sich ein Thema auszusuchen, Einträge darüber zu bearbeiten und online verfügbar zu machen (vgl. DMOZ, 2009).

Neben diesen zwei Verzeichnissen bestehen noch weitere, die in der Regel örtliche, sprachliche oder thematische Schwerpunkte besitzen. Darunter fallen beispielsweise About.com und infortiger.com.

Der Marktführer unter den Suchmaschinen, die Webcrawler benutzen, ist Google. Dies basiert auf dem Page Rank Algorithmus, der die Relevanz einer Internetseite misst, indem er die Anzahl der Verweise auf diese Seite zählt. Je mehr Verweise eine Webseite enthält, desto höher ist ihre Relevanz. Die Vorteile von

Google liegen in dem großen Index, der eine nahezu umfassende Suche realisiert (vgl. Lewandowski, 2005, S. 21, S. 120).

Die Suchmaschine Ask Jeeves versucht ihrerseits, eine natürliche Fragestellung zu ermöglichen. Die Dokumentenmenge dieses Verzeichnisses basiert auf dem von der Suchmaschine Teoma entwickelten Expert Algorithmus, der nicht nur die Links auf einer Seite, sondern auch die Popularität dieser Internetseite innerhalb ihres Wissensgebiets zählt. Teoma nutzt bei der Suche jedoch auch Ergebnisse aus dem open directory project (vgl. Buzinkay, 2006) (vgl. DMOZ, 2009).

Neben oben genannten Suchmaschinen existieren noch einige andere wie msn oder lycos, die jedoch keine weiteren hervorzuhebenden Technologien einsetzen. Die neueste Suchmaschine wolfram alpha verspricht einen neuen Zugang zu Wissen. Das Interesse an diesem Verzeichnis ist deshalb so groß, da sie von Wolfram – dem Entwickler des Mathematik Programms mathematica – entwickelt wurde (vgl. Lischka, 2009).

Unter den verschiedenen Meta-Suchmaschinen sind Fooxx und Meta-Crawler anzuführen. Fooxx ist eine intelligente Suche aufgrund der Suchanfragen und der weiteren Verfeinerungen. Meta-Crawler bindet auf einfache Art und Weise weitere Suchmaschinen und Verzeichnisse ein.

Suchagenten bieten zwar einigen Komfort bei der Bedienung, besitzen aber noch keine Marktdurchdringung wie Suchmaschinen. Zu erwähnen sind bei den Suchagenten vor allem LexiBot, der eine kontinuierliche Suche anbietet, und Website-Watcher, der die Inhalte von Web-Seiten auf Neuerungen durchsucht (vgl. BrightPlanet, 2000) (vgl. Web-at, 2010).

Der Einsatz des Internets während des Technologie-Scoutings, insbesondere bei Suchmaschinen, beruht in der Regel auf der Verwendung von oben vorgestellten Technologien. Diese werden zur intuitiven Suche nach Informationen über zuvor als relevant betrachtete reale Technologien genutzt. Wie die Such-Technologien jedoch systematisch eingesetzt werden können, wird nicht erläutert.

3.4 Defizite im Technologie-Scouting

Bezogen auf die im Kapitel 1.2 beschriebene Problemstellung, dass Recyclingunternehmen vor dem Problem stehen, nicht die relevanten Informationen über neue Technologien mit den ihnen zur Verfügung stehenden Ressourcen effizient finden zu können, ergeben sich nach Betrachtung des Stands der Technik mehrere Ansatzpunkte. Diese werden zunächst dargestellt, und anschließend erfolgt eine Präsentation der Prozessschritte und der herausgearbeiteten Defizite in Abbildung 3.17.

- Bei der Bedarfsanalyse ist eine bestimmte Vorgehensweise erforderlich, um die relevanten Objekte für das Technologie-Scouting effizient auszuwählen. Für diesen Zweck können unterschiedliche Methoden genutzt werden (siehe Abschnitt 3.2.1), die jedoch nicht auf den Bedarf von Recyclingunternehmen angepasst sind. Defizite bestehen vor allem bei der Bestimmung der zu bewertenden Größen. Ansatzpunkte, die in anderen Branchen genommen werden, vernachlässigen jeweils entscheidende Punkte in der Recyclingindustrie. Wird beispielsweise der Umsatz als Bewertungsmaßstab zu Hilfe genommen, so ignoriert dies, dass diese Recyclingobjekte eventuell aufgrund der guten Ertragslage keinen weiteren Nutzen mehr bringen können. Wird dagegen der Deckungsbeitrag als Maßstab genommen, so werden Objekte ausgewählt, die schon einen hohen Beitrag leisten und Objekte, die nicht ausreichend genutzt werden, vernachlässigt.

  Fazit: Bei der Fokussierung während der Bedarfsanalyse werden nicht die relevanten Objekte identifiziert.

- Die Prozessschritte der Informationsbearbeitung[1] sind dafür verantwortlich, die relevanten Informationen bezüglich neuer Technologien zu finden. Die bestehenden Vorgehensweisen werden entweder manuell durchgeführt oder bearbeiten IT-technisch jeweils nur einen Prozessschritt. Dadurch sind Verluste und Verwendungen während des Übergangs zwischen den einzelnen Prozessschritten unumgänglich. Im Weiteren ist die systematische Integration und Abfrage der informationstechnisch zugänglichen Medien nicht vorhanden. Dies bedeutet, dass insbesondere der Prozess der Suchanfrage an die IT-zugänglichen Informationsquellen nicht beschrieben ist. Beispielsweise wird nicht auf mögliche Spezifika in der Recyclingbranche, dass die Technologien nach Behandlungsarten unterschieden werden, eingegangen.

  Fazit: Während der Prozessschritte der Informationsbearbeitung werden die relevanten Informationen, insbesondere die in neuen Medien vorhandenen Informationen, nicht ressourceneffizient gefunden.

- Während des Technologie-Scoutings ist die Bewertung der gefundenen Technologien erforderlich. Diese Technologieoptionen befinden sich häufig in einem frühen und unklaren Entwicklungsstadium. In dem derzeitigen Technologie-Scouting-Prozess werden unter der Bewertung von Technologien jedoch häufig Investitionsbewertungsansätze verstanden, die quantifizierbare Daten benötigen, so dass eine Bewertung einer einzelnen Technologie sehr aufwändig wird. Daher besteht bei der Technologiebewertung ein Mangel, weil die Technologien zunächst grob und nur bei Bedarf detailliert bewertet werden können.

  Fazit: Bisher existiert keine Selektion von Technologien, so dass die Ressourcen für die Technologiebewertung sehr hoch sind.

[1] Die Prozessschritte 2-4 beschäftigen sich mit der Bearbeitung von Informationen, während sich die Prozessschritte 5-6 mit den Technologien auseinandersetzen (siehe Abbildung 3.17).

Betrachtungs-fokus	Prozessschritte des Technologie-Scoutings	Anforderung an den Prozess-schritt	Status	Defizit
Artefakt, Hand-lungen	1. Bedarfs-analyse	Relevante Aspekte für neue Technologien evaluieren	Für den Prozessschritt stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung (Nutzwertanalyse, Paarweiservergleich, ABC-Analyse)	Bei der Fokussierung während der Bedarfsanalyse werden in den Recyclingunternehmen nicht die relevanten Aspekte identifiziert
Informationen	2. Informations-quellenwahl	Auswählen einer Informationsquelle für Recyclingunterneh-men	Die bestehenden Informationsquellen sind bekannt	Während der Prozessschritte der Informationsbearbeitung werden die relevanten Informationen, insbesondere die in neuen Medien, nicht ressourceneffizient (automatisiert) gefunden
	3. Informations-aufnahme	Aufnahme der Informationen für das Recycling	Die theoretischen Vorgehensweisen existieren	
	4. Informations-auswertung	Informationen über neue Technologien bezüglich des gesuchten Aspekts finden	Kein automatischer Austausch zwischen den einzelnen Prozessschritten	
Technologie	5. Technologie-bewertung	Die Bewertung, und insbesondere die Investitionsbewertung, muss mit einem minimalen Aufwand durchführbar sein	Die Prinzipien der Technologiebewertung sind gegeben. Allerdings fehlt es an einem Ansatz, diese Bewertungsansätze für die Recyclingindustrie nutzbar zu machen	Bisher existiert keine Selektion von Technologien, so dass die Aufwendungen für die Technologiebewertung sehr hoch sind
	6. Technologie-integration	Angepasste Prozesse aufgrund der spezifischen Besonderheiten der Recyclingindustrie	Keine standardisierte Vorgehensweise zur Integration in Recyclingunternehmen	

Abbildung 3.17: Defizite der einzelnen Prozessschritte

4 Elemente des internetbasierten Technologie-Scoutings für Recyclingtechnologien

Um die im Kapitel 3.4 beschriebenen Defizite zu beseitigen, sollen Maßnahmen abgeleitet werden. Diese sollen, um eine nachhaltige Implementierung sicherzustellen, durch die in Abbildung 4.1 dargestellten Elemente umgesetzt werden. Infolgedessen wird eine systematische Eliminierung der Defizite herbeigeführt.

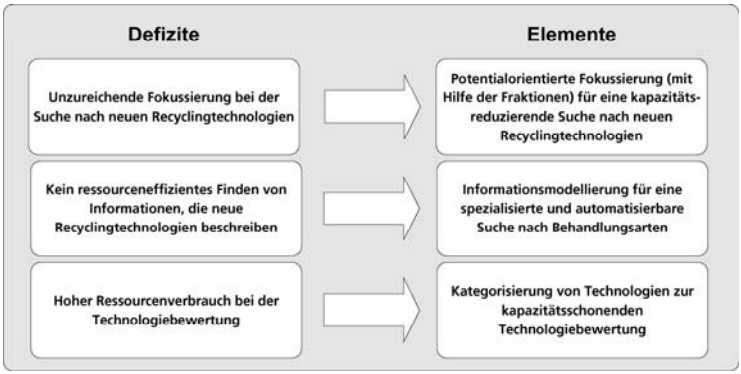

Abbildung 4.1: Zuordnung der Elemente zu den Defiziten

Das erste Element soll für eine effiziente Suche nach neuen Recyclingtechnologien sorgen. Die Realisierung dieses Elements soll mit Hilfe einer Potentialanalyse der unterschiedlichen Fraktionen innerhalb eines Recyclingunternehmens er-

folgen.[1] Diese Vorgehensweise ermöglicht eine Fokussierung auf Fraktionen, die ein hohes Verbesserungspotential besitzen. Anschließend sollen ausschließlich Informationen bezüglich der Behandlung dieser Fraktionen ausgewählt werden.

Ein weiteres Element soll die Informationsmodellierung für eine spezialisierte und automatisierbare Suche nach neuen Technologien sein. Dies kann mittels Methoden des Information Retrievals realisiert werden. Durch deren Einsatz sollen innerhalb dieses Kapitels Lösungsmengen definiert werden, die Informationen über neue Technologien beinhalten.

Das letzte Element soll zur kapazitätsschonenden Technologiebewertung in Recyclingunternehmen führen. Dafür werden die eruierten Technologien zunächst in verschiedene Kategorien eingeteilt. Dies gestattet, eine Abschätzung zu machen, wie wahrscheinlich es ist, eine gefundene Technologie im Unternehmen einsetzen zu können. In Abhängigkeit von der Kategorie soll dann die weitere Bearbeitung der Technologie erfolgen. Die Kategorisierung erlaubt, insbesondere aufwendige Bewertungen für unrealistische Technologien zu vermeiden.

Abschließend sollen in diesem Kapitel die Elemente des internetbasierten Technologie-Scoutings in einem Gesamtkonzept integriert dargestellt werden.

[1] Eine Fraktion beschreibt einen Stoffstrom, der aufgrund seiner Zusammensetzung auf die gleiche Art und Weise behandelt wird.

4.1 Potentialorientierte Fokussierung für eine kapazitätsreduzierende Suche von Recyclingtechnologien

Um eine Ressourcenverschwendung bei der Suche nach Technologien zu verhindern, muss eine Fokussierung auf die wichtigsten Stoffströme eines Recyclingunternehmens, d.h. Fraktionen, erfolgen. Dies geschieht durch die Selektion derjenigen Fraktionen, die ein hohes Verbesserungspotential besitzen.

Eine Fraktion besteht in der Regel aus unterschiedlichen Bestandteilen oder sogar anderen Fraktionen. Beispielsweise ist ein Bestandteil der Fraktion Bildschirmglas Siliziumdioxid, und ein Bestandteil von Elektroaltgeräten ist unter anderem die NE-Fraktion (Nichteisen-Fraktion).

Für die Selektion relevanter Fraktionen werden die Fraktionen im Verhältnis zu ihren enthaltenen Bestandteilen betrachtet. Hierbei können drei Fälle auftreten:

1. Die Summe aus den einzelnen Preisen der Bestandteile ist teurer als der Fraktionspreis.
   ⇒ Dies bedeutet, dass sich die Bestandteile der Fraktion nur sehr schwer aus der Fraktion lösen lassen.

2. Die Summe aus den einzelnen Preisen der Bestandteile ist gleich teuer wie der Fraktionspreis.
   ⇒ Dies bedeutet, dass sich die Bestandteile der Fraktion leicht aus der Fraktion lösen lassen.

3. Die Summe aus den einzelnen Preisen der Bestandteile ist billiger als der Fraktionspreis.
   ⇒ Dies bedeutet, dass die Fraktion als produktähnlich angesehen werden kann.

Weiterhin wird das Suchproblem nach der Fraktion mit dem höchsten Potential

mathematisch dargestellt. Für die Berechnung wird dabei stets die Fraktionsmenge eines funktionsfähigen Produktes betrachtet. Dadurch wird der Vergleich des Fraktionspreises gegenüber dem Preis eines Produktes erleichtert.

Im Weiteren werden die einzelnen Bestandteile einer Fraktion mit ihrem jeweiligen Preis multipliziert und anschließend addiert. Diese Summe wird durch Υ dargestellt, und für eine Fraktion i ergibt sich somit:

$$\Upsilon_i = \sum_{j=1}^{N} \alpha_{ij} \cdot \gamma_{ij} \tag{4.1}$$

mit:

α_{ij}: Anteil des Bestandteils j innerhalb der Fraktion i
γ_{ij}: Preis des Bestandteils j innerhalb der Fraktion i.

Zur Berechnung des Potentials wird der durchschnittliche Marktpreis Ψ_l eines funktionsfähigen Produktes mit berücksichtigt. Infolgedessen wird der Sachverhalt bedacht, dass die Fraktion nach der Instandsetzung wiederverwendet werden könnte. Die Variable Θ_i stellt nun das Maximum zwischen dem durchschnittlichen Marktpreis Ψ_l eines Produktes l und der Summe aus den Preisen der einzelnen Bestandteile Υ_i dar.

$$\Theta_i = \max(\Upsilon_i, \Psi_l) \tag{4.2}$$

mit:

Υ_i: Summe der Preise der einzelnen Fraktionsbestandteile i
Ψ_l: Marktpreis eines funktionsfähigen Produktes l.

Wird der Fraktionspreis einer unbehandelten Fraktion i durch Λ_i gegeben, so stellt die Differenz zwischen Θ_i und Λ_i, multipliziert mit der vorhandenen Menge μ_i, das Potential dar, das durch eine neue Technologie erreicht werden kann.

Wird diese Berechnung für alle Fraktionen i eines Unternehmens durchgeführt, so ergibt sich das maximale Potential bezüglich einer neuen Technologie für das Recyclingunternehmen (siehe Formel 4.3).

$$\Pi = \max_{i}(\Theta_i - \Lambda_i) \cdot \mu_i \tag{4.3}$$

mit:

Θ_{i}: Maximaler Erlös aus der Fraktion i
Λ_{i}: Preis der unbehandelten Fraktion i
μ_{i}: Menge der Fraktion i.

In der Praxis sind Fraktionen mit einem hohen Potential häufig solche Fraktionen, bei denen sich die darin enthaltenen wertvollen Bestandteile nur schwer aus der Fraktion lösen lassen. Dies ist beispielsweise für Bleiglas oder Kondensatoren der Fall. Bleiglas enthält einzelne werthaltige Substanzen, aber die aus diesen Substanzen gebildete Fraktion weist hingegen nur noch einen geringen Wert auf. Aufgrund der noch existierenden hohen Mengen an Bleiglas entsteht hierfür ein hohes Potential.

Neben der Fraktion mit dem aktuell höchsten Potential müssen aufgrund dieser Berechnung die Einflüsse auf Recyclingtechnologien aus dem Abschnitt 2.2 berücksichtigt werden. Diese Einflüsse besitzen einen qualitativen Charakter und können eine starke Wirkung auf die Technologien des Recyclings haben. Insbesondere neue gesetzliche Rahmenbedingungen erfordern häufig eine hochwertige Behandlung, die wiederum zu erhöhten Kosten bei den betroffenen Fraktionen führen können. Sollen diese Einflüsse mit berücksichtigt werden, so kann der Fraktionspreis Λ_{i} um die zusätzlichen Kosten reduziert werden. Dadurch erhöht sich automatisch das Potential für diese Fraktion.[2]

[2] Falls sich durch die Einflüsse zusätzliche Erlöse ergeben, so erhöht sich der Fraktionspreis, und das Potential reduziert sich.

4.2 Informationsmodellierung für eine spezialisierte und automatisierbare Suche

Ein weiteres Element des internetbasierten Technologie-Scoutings soll durch ein Informationsmodell gebildet werden, das eine effiziente Suche nach neuen Technologien im Internet gewährleisten soll.

Dieses Informationsmodell baut sich in drei Schritten auf (siehe Abbildung 4.2). Zunächst soll erläutert werden, wie die **Modellerstellung des Informationsangebots** erfolgen kann. Informationen werden im Internet durch Dokumente, wie beispielsweise HTML-Seiten, dem Nutzer zur Verfügung gestellt. Die Modellierung des Informationsangebots soll sich daher damit befassen, wie diese Internetdokumente informationstechnisch aufbereitet und schließlich bearbeitbar gemacht werden können (Schritt 1).

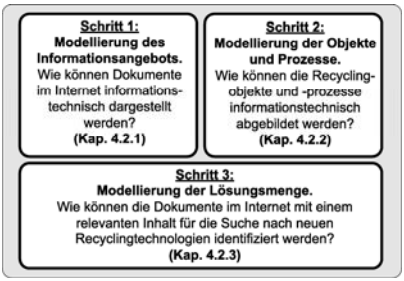

Abbildung 4.2: Übersicht der Modellierung

Anschließend soll beschrieben werden, wie die informationstechnische **Modellierung der Recyclingobjekte und -prozesse** durchgeführt werden kann (Schritt 2). Recyclingobjekte sind Fraktionen wie Bildschirmglas oder Metalle. Recyclingprozesse stehen dagegen für die Behandlung, die innerhalb des Recyclings mit den Fraktionen vollzogen wird. Ein Produkt, das beispielsweise erneut eingesetzt wird, durchläuft den Recyclingprozess der „Wiederverwendung. Die Mo-

dellierung von Recyclingobjekten und -prozessen soll in ähnlicher Art und Weise erfolgen wie die Modellierung des Informationsangebots, um die Vergleichbarkeit zu ermöglichen.

Der letzte Schritt beschäftigt sich schließlich mit der **Modellierung der Lösungsmengen** neuer Informationen über Recyclingtechnologien (Schritt 3). Der Bedarf an Informationen ergibt sich beim Technologie-Scouting für Recyclingtechnologien aus Recyclingobjekten und -prozessen, für die neue Technologien gesucht werden. Hierzu werden Lösungsmengen definiert und analysiert, die potentielle Informationen über neue Recyclingtechnologien enthalten. In diesem Sinne beinhalten Lösungsmengen beispielsweise neue Technologien für die effiziente Wiederverwendung von TV-Geräten oder deren Komponenten.

4.2.1 Modellierung des Informationsangebots

In dem ersten Schritt der Informationsmodellierung für eine spezielle und automatisierbare Suche wird die Modellierung des Informationsangebots beschrieben (Abbildung 4.3).

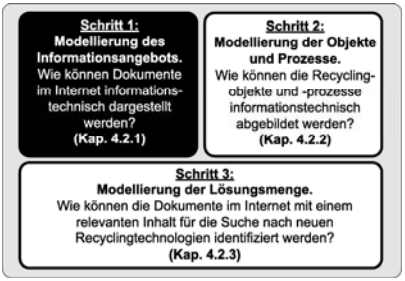

Abbildung 4.3: Modellierung des Informationsangebots

Zunächst wird hierzu das Informationsangebot und dessen Strukturierung dargestellt. Die Informationen werden in sogenannten Informationsobjekten, wie beispielsweise auf Internetseiten, abgebildet. Ihr Aufbau wird in Abbildung 4.4 skiz-

ziert. Diese Informationsobjekte beinhalten zum einen Meta-Informationen und Dokumente mit den jeweiligen Texten. Meta-Informationen heißen Informationen, die struktur- oder prozesssteuernd sind.

Struktur- und prozesssteuernd bedeutet, dass diese Informationen für die informationstechnische Bearbeitung und Darstellung eines Dokuments notwendig sind. Mit Hilfe von Meta-Informationen können in Texten beispielsweise Überschriften hervorgehoben oder Verweise auf andere Seiten gegeben werden. Hervorzuhebende Meta-Informationen für diese Arbeit sind unter anderem:

- Quellenanzeiger, die den Ort des Informationsobjekts beinhalten.
- Verweise innerhalb des Informationsobjekts auf andere Informationsobjekte[3].
- Das Datum der Erstellung und das Datum, an dem das Informationsobjekt analysiert wurde.

Neben den Meta-Informationen existieren noch die Dokumente in Informationsobjekten, die durch den enthaltenen Text den jeweiligen Inhalt bzw. das Thema beschreiben.

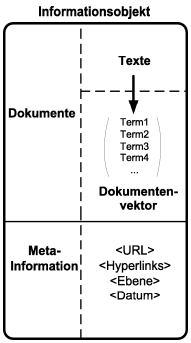

Abbildung 4.4: Modellierung der Informationsobjekte (abgl. Ferber, 2003, S. 62)

[3] Im Falle eines Internetobjekts heißt der Verweis Hyperlink.

Um die automatisierte Bearbeitung möglich zu machen, müssen die Texte der Dokumente, die sich in Informationsobjekten befinden, in eine informationstechnisch bearbeitbare Form gebracht werden (siehe Abbildung 4.4). Die Dokumente werden hierzu in einen Dokumentenvektor überführt. Dies setzt voraus, dass die Texte der Dokumente aus einer endlichen Menge von Termen $T = \{t_1, ..., t_n\}$ aufgebaut sind. Ein Term bezeichnet in dem informationstechnischen Sinne ein Wort. Innerhalb der Dokumentenmenge $D = \{d_1, ..., d_i, ...\}$ soll darüber hinaus für jedes Dokument $d_i \in D$ zu jedem Term $t \in T$ eine Gewichtung $w_{i,j} \in \mathbb{R}^n$ gegeben sein.[4]

Die Termgewichtung innerhalb der Dokumentenvektoren soll hierbei der Relevanz des Terms in dem Dokument entsprechen. Die Gewichtung der Terme erfolgt in dieser Arbeit mit der term frequency - inverse document frequency (siehe Kapitel 3.3.1).

$$w_{i,j} = tf\ idf(i,j) = \frac{h(i,j)}{d(j)} \tag{4.4}$$

mit:

$h(i,j)$: Häufigkeit des Terms j im Dokument i
$d(j)$: Anzahl der Dokumente, in denen der Term j auftritt.

Aus diesen gewichteten Termen kann, wie im Kapitel 3 beschrieben, ein Dokumentenvektor aufgebaut werden. Bei diesem Dokumentenvektor stellt jeder Term eine Komponente dar (siehe Formel 4.5). [5]

$$v_i = (w_{i,1}, ..., w_{i,n}) \in \mathbb{R}^n. \tag{4.5}$$

[4] Zur praktischen Modellierung der Term-Dokumentenbasis sind weitere informationstechnische Methoden einsetzbar. Die weitere Beschreibung der Modellierung geht von einer idealen Term-Dokumentenbasis aus.

[5] Die Gewichtung kann adaptiert werden, indem kleine Werte vernachlässigt und als Null betrachtet werden.

Die Vektoren können auch, wie in dem unteren Beispiel, in der Formel 4.6, gezeigt werden (siehe v_1 und v_2). Die in den Vektoren visualisierten Indizes $(w_{(i,j)})$ dienen lediglich der Verbildlichung der Indizierung.

$$v_1 = \begin{pmatrix} w_{(i,j)} \\ \vdots \\ w_{(1,1)} \\ w_{(1,2)} \\ w_{(1,3)} \\ w_{(1,4)} \end{pmatrix} \quad ; \quad v_2 = \begin{pmatrix} w_{(i,j)} \\ \vdots \\ w_{(2,1)} \\ w_{(2,2)} \\ w_{(2,3)} \\ w_{(2,4)} \end{pmatrix}. \tag{4.6}$$

Der Abstand zweier Dokumente lässt sich durch die Präsentation als Vektoren daher auch algebraisch berechnen. Diese Berechnung erfolgt durch das im Kapitel 3 beschriebene Cosinus-Maß:

$$\delta(v_\chi, v_\iota) = cos(v_\chi, v_\iota) = \frac{\sum_{j=1}^{n} w_{\chi,j} w_{\iota,j}}{\sqrt{\left(\sum_{j=1}^{n} w_{\chi,j}^2\right) \cdot \left(\sum_{j=1}^{n} w_{\iota,j}^2\right)}}. \tag{4.7}$$

4.2.2 Modellierung der Recyclingobjekte und -prozesse

Nachdem die Modellierung des Informationsangebots vorgestellt wurde, soll die informationstechnische Modellierung realer Objekte und Prozesse skizziert werden (siehe Abbildung 4.5) und in ähnlicher Art und Weise wie die Modellierung des Informationsangebots erfolgen, um eine Kompatibilität zwischen den modellierten Recyclingobjekten und -prozessen sowie dem zuvor modellierten Informationsangebot zu ermöglichen. Für diese Prozesse und Objekte wird anschließend nach neuen Recyclingtechnologien gesucht.

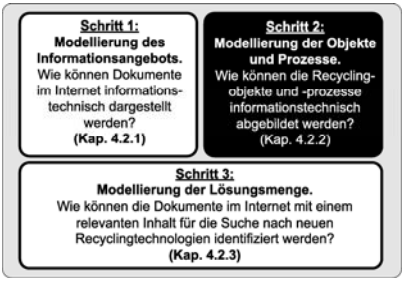

Abbildung 4.5: Modellierung des Informationsbedarfs

Zunächst seien die zu modellierenden Objekte und Prozesse aufgezählt, bevor die Vorgehensweise, die zur Modellierung eingesetzt wird, erläutert wird.

Ein **Recyclingobjekt** wird beispielsweise durch ein Produkt oder eine Fraktion dargestellt. Eine Fraktion umfasst wiederum eine Kategorie von Abfällen oder Wertstoffen, die aufgrund ihrer Zusammensetzung gleichartig behandelt werden.

Als Recyclingobjekt sollen daher folgende Objekte modelliert werden:

v_o:	Untersuchtes Recyclingobjekt
v_{o-1}:	Recyclingobjekt bzw. Fraktion, in der v_o beinhaltet ist (Beispielsweise Bleioxid (v_o) in Bildschirmglas (v_{o-1})).

Im Weiteren müssen die **Recyclingprozesse** modelliert werden. Die Recyclingprozesse beschreiben die jeweilige Behandlung der Recyclingobjekte und werden nach dem Ziel, das durch sie erreicht werden soll, benannt. Ein Produkt, das beispielsweise erneut eingesetzt werden soll, durchläuft den Recyclingprozess **Wiederverwendung**. Bei der Suche nach Recyclingtechnologien muss unbedingt in Betracht gezogen werden, dass die gesetzlichen Regularien häufig nur ausgewählte Recyclingprozesse zulassen.

Die modellierten Recyclingprozesse müssen folgendes abdecken:

v_w:	Wiederverwendung
v_x:	Weiterverwendung
v_y:	Werkstoffliche Verwertung
v_g:	Rohstoffliche Verwertung
v_e:	Thermische oder energetische Verwertung
v_b:	Beseitigung

Die Modellierung der Objekte und Prozesse soll genauso wie die Modellierung des Informationsangebots erfolgen, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen. Aus diesem Grund werden für die einzelnen Recyclingobjekte und -prozesse **Termvektoren** gebildet, die mit den **Dokumentenvektoren** aus Kapitel 4.2.1 abgeglichen werden können.

Zur Erstellung eines **Termvektors** werden zu dem jeweiligen Recyclingobjekt und -prozess Dokumente betrachtet, die diese Objekte und Prozesse skizzieren. Die Dokumente werden auf gleiche Art und Weise, wie im Kapitel 4.2.1 für Internetseiten aufgeführt, zunächst in Dokumentenvektoren überführt. Aus diesen Dokumentenvektoren soll anschließend für die Recyclingobjekte und -prozesse ein jeweiliger Termvektor gebildet werden.

Die Berechnung des Termvektors erfolgt aus der Durchschnittsbildung der Termgewichtungen aus den ausgewählten Dokumenten bzw. Dokumentenvektoren. Werden beispielsweise m Dokumente bei der Modellierung eines Recyclingobjekts betrachtet, so entsteht die Gewichtung dieses Termvektors aus dem Durch-

schnitt der jeweiligen Termgewichtungen innerhalb der m Dokumente (siehe 4.8). Zunächst soll eine mathematische Formulierung folgen, bevor ein Beispiel das Vorgehen verdeutlicht:

$$Termvektor\ eines\ Recyclingobjekts = v^{Recyclingobjekt} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} v_i \quad \forall \quad i \in A. \quad (4.8)$$

Darstellung für die Berechnung eines einzelnen Terms.

$$Gewicht\ eines\ Terms\ in\ dem\ Recyclingobjekt = w^{(j)} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} w_{i,j} \quad \forall j \in T \quad (4.9)$$

mit:

v_i: Dokumentenvektor, der ein Recyclingobjekt beschreibt
$w_{i,j}$: Gewichtung des Terms j innerhalb des Dokuments i
m: Anzahl der Dokumente
A: Menge der ausgewählten Dokumente
T: Menge der Terme.

Beispiel der Berechnung für die Termgewichtung:
Es sind folgende Dokumentenvektoren v_1 und v_2 gegeben, die die Fraktion **Bildschirmglas** beschreiben.

$$v_1 = \begin{pmatrix} w^{(BSG)} = 3,35 \\ w^{(Bleioxid)} = 0,8 \\ w^{(bruechig)} = 0,7 \\ w^{(transparent)} = 0,6 \end{pmatrix} \quad ; \quad v_2 = \begin{pmatrix} w^{(BSG)} = 5,45 \\ w^{(Bleioxid)} = 0,4 \\ w^{(bruechig)} = 0,3 \\ w^{(transparent)} = 0,2 \end{pmatrix} \tag{4.10}$$

mit:

v_1:	Beispiel eines Dokumentenvektors
v_2:	Beispiel eines Dokumentenvektors
$w^{(Term)}$:	Gewichtung eines Terms innerhalb einer Fraktion
	(Die Darstellung eines Terms erfolgt immer in Klammern).

Die Termgewichtung innerhalb einer Fraktion besteht aus dem Durchschnitt der jeweiligen Termgewichtung innerhalb der ausgesuchten Dokumente. In diesem Beispiel ergibt sich für den Term **Bleioxid** aus den zwei Dokumentenvektoren v_1 und v_2 folgendes:[6]

$$w^{(Bleioxid)} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{2} 0,8 + 0,4 = 0,6. \tag{4.11}$$

Der Vektor des Recyclingobjekts sieht daher wie folgt aus:

$$v^{Fraktion} = \begin{pmatrix} w^{(1)} \\ w^{(2)} \\ \vdots \\ w^{(m)} \end{pmatrix} \tag{4.12}$$

[6] BSG=Bildschirmglas; Zahlen willkürlich gewählt.

$$Beispiel: \quad v^{Bildschirmglas} = \begin{pmatrix} w^{(BSG)} = 4,4 \\ w^{(Bleioxid)} = 0,6 \\ w^{(bruechig)} = 0,5 \\ w^{(transparent)} = 0,4 \end{pmatrix} \tag{4.13}$$

mit:

$v^{Fraktion}$:	Vektor eines Recyclingobjekts (hier einer Fraktion)
$w^{(Term)}$:	Gewichtung eines Terms innerhalb einer Fraktion
	(Die Darstellung eines Terms erfolgt immer in Klammern).

Nach obiger Vorgehensweise müssen noch die Vektoren der Recyclingobjekte und -prozesse definiert werden (siehe Anfang des Kapitels). Falls keine relevanten Dokumente vorhanden sind, müssen die Terme manuell definiert und gewichtet werden.

Neben diesen Recyclingobjekten und -prozessen können auch Themen und Aspekte durch Vektoren dargestellt werden. Beispiele für derartige Vektoren sind beschreibende Vektoren für:

v_t:	Innovative Technologien
v_h:	Rohstoffliche Gewinnung/Herstellung von Materialien.

4.2.3 Modellierung der Lösungsmengen

In dem letzten Schritt seien die Lösungsmengen betrachtet, die Informationen über neue Recyclingtechnologien enthalten (siehe Abbildung 4.6).

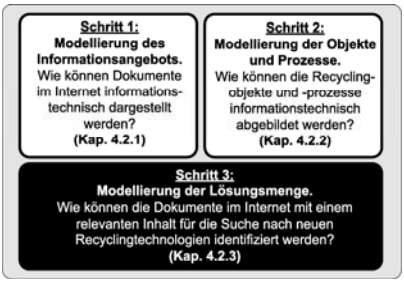

Abbildung 4.6: Modellierung der Lösungsmengen

Dieser Schritt gliedert sich wiederum in drei Teilschritte, die zunächst erläutert werden sollen:

3.1 Lösungsmengen definieren	Festlegen, in welchen Dokumentenmengen Informationen über neue Technologien vorhanden sind.
3.2 Lösungsmengen generieren	Entwicklung eines Algorithmus, um die Lösungsmengen zu füllen.
3.3 Lösungsmengen interpretieren	Deutung der Lösungsmengen, in welcher Art und Weise von einer Technologie gesprochen wird.

3.1 Lösungsmengen definieren

Die Lösungsmengen legen fest, welche Dokumente einen relevanten Inhalt bezüglich neuer Recyclingtechnologien enthalten. Zur Definition der Lösungsmengen werden zuvor einige Operationen erläutert, die mit den Dokumenten und Termvektoren durchgeführt werden müssen.

Zu den möglichen Operationen zählt auch eine **Projektion** von Vektoren in einen Unterraum. Eine Projektion eines Vektors bedeutet in diesem Fall, dass einige Termgewichtungen auf null gesetzt werden. So wird der Inhalt, der durch diese Terme beschrieben wird, eliminiert. Werden beispielsweise alle Terme, die keine chemischen Substanzen erläutern, auf null gesetzt, so ergibt sich ein Vektor, der mit den ursprünglichen Termgewichtungen nur noch chemische Substanzen erklärt. Falls im Weiteren der ursprüngliche Vektor eine Fraktion abbildet, so ergibt sich nach der Projektion ein Vektor, der die Ausprägung dieser Fraktion bezüglich ihrer chemischen Substanzen enthält. Die Projektion $v_1^{(s)}$ des Vektors v_1 aus dem Beispiel von Seite 83 ergibt folgendes:

$$v_1 = \begin{pmatrix} w^{(BSG)} = 3,35 \\ w^{(Bleioxid)} = 0,8 \\ w^{(bruechig)} = 0,7 \\ w^{(transparent)} = 0,6 \end{pmatrix} \quad ; \quad v_1^{(s)} = \begin{pmatrix} w^{(BSG)} = 0 \\ w^{(Bleioxid)} = 0,8 \\ w^{(bruechig)} = 0 \\ w^{(transparent)} = 0 \end{pmatrix} . \tag{4.14}$$

Die untere Darstellung legt die benötigten Projektionen fest:

$v \mapsto v^{(s)}$ Projektion auf einen Unterraum, der dadurch entsteht, indem alle Komponenten (Terme), die keine Substanzen beschreiben, auf 0 gesetzt werden. Die übrigen Komponenten, die Eigenschaften beschreiben, durchlaufen ihren gesamten Wertebereich.

$v \mapsto v^{(e)}$ Projektion auf einen Unterraum, der dadurch entsteht, indem alle Komponenten (Terme), die keine Eigenschaften beschreiben, auf 0 gesetzt werden. Die übrigen Komponenten, die Eigenschaften beschreiben, durchlaufen ihren gesamten Wertebereich.

Die Terme, die eine Substanz oder Eigenschaft kennzeichnen, könnten auch automatisiert erstellt werden. Hierzu müssen Dokumente ausgewählt werden, die eine Substanz bzw. Eigenschaft präsentieren. Die Terme mit einer hohen Termgewichtung bestimmen dann die jeweiligen relevanten Terme.

Neben der Projektion in einen Unterraum muss auch eine **Mengenoperation** ermittelt werden. Die Mengenoperation definiert aufgrund eines festgelegten Cosinus-Abstands Dokumente, die darin vorhanden sind. Innerhalb der Menge befinden sich somit nur Dokumente mit einem ähnlichen Inhalt.

Mengen-Eingrenzung:[7]

$M_e(v_i, \kappa)$ Die Menge beinhaltet alle Vektoren, die einen Cosinus-Abstand κ zu dem Vektor v_i nicht unterschreiten.

Im nächsten Abschnitt seien die Lösungsmengen für die jeweiligen Recyclingprozesse definiert. Hierzu wird sowohl die Projektion als auch die Mengenoperation genutzt. Die Informationen über neue Technologien des jeweiligen Recyclingpro-

[7] Bei der Berechnung des Cosinus-Abstands kann zur Vereinfachung ein eingeschränktes Cosinus-Maß genutzt werden. Hierbei werden nur die Dimensionen des Vektors berücksichtigt, deren Gewichtung einen zuvor definierten Grenzwert überschreiten.

zesses sind in den jeweiligen Lösungsmengen enthalten.

Bei der **Nutzung der Abfälle für die Wiederverwendung** wird die Menge E_w beschrieben. Zur Definition dieser Menge sind die Vektoren aus dem Kapitel 4.2.2 erforderlich. Dies betrifft einen Vektor, der das zu recyclende Objekt, d.h. die Fraktion, repräsentiert. Zunächst muss ein Vektor v_w gebildet werden, der durch seine Komponenten (d.h. Terme) den Recyclingprozess **Wiederverwendung** darstellt, sowie ein dritter Vektor v_t, der durch seine Komponenten neue Technologien identifiziert (siehe Ende des Kapitels 4.2.2).

Die Lösungsmenge E_w ist wie folgt konkretisiert:

$$E_w = \{M_e(v_o, \kappa) \cap M_e(v_w, \lambda) \cap M_e(v_t, \rho)\} \tag{4.15}$$

mit:

v_o:	Vektor der Fraktion
v_w:	Vektor, der die Behandlungsart Wiederverwendung beschreibt
v_t:	Vektor, der innovative Technologien beschreibt
κ, λ, ρ:	Parameter, die den minimalen Cosinus-Abstand definieren.

Die Nutzung der Abfälle für die **Weiterverwendung** und die **werkstoffliche Verwertung** benötigt jeweils die gleiche Art von Definition. Der Unterschied zwischen den beiden Recyclingprozessen liegt im Recyclingobjekt, welches bei der Weiterverwendung die Geräteart und bei der werkstofflichen Verwertung die Fraktion ist.[8] Der Vektor eines Recyclingobjekts wird wieder wie im Abschnitt 4.2.2 gebildet und durch den Vektor v_o verkörpert. Bei der Suche nach Verwertungstechnologien, die eine Nutzung der stofflichen Eigenschaften der Abfälle für einen anderen Zweck vorsehen, müssen die Eigenschaften der jeweiligen Fraktion untersucht werden.

Daher wird der Vektor v_o, wie oben beschrieben, auf den Unterraum der Eigen-

[8] Eine Geräteart beschreibt gleichartige Geräte, wie z.B. Staubsauger, Monitore oder Kaffeemaschinen.

schaften projiziert.

$v_o \mapsto v_o^{(e)}$ Projektion auf einen Unterraum, der dadurch entsteht, indem alle Komponenten (Terme), die keine Eigenschaften beschreiben, auf 0 gesetzt werden. Die übrigen Komponenten, die Eigenschaften beschreiben, durchlaufen ihren gesamten Wertebereich.

Anschließend werden zwei weitere Vektoren gebildet. Das sind ein Vektor v_x, der Verwertungstechnologien aufzeigt, und ein Vektor v_t, der innovative Technologien darstellt. Dies geschieht entweder manuell durch die Definition der Terme oder automatisch durch die Auswahl von Dokumenten, die Verwertungstechnologien skizzieren (siehe Kapitel 4.2.2).

$$E_r = \{M_e(v_o^{(e)}, \kappa) \cap M_e(v_x, \lambda) \cap M_e(v_t, \rho)\} \tag{4.16}$$

mit:

v_o: Vektor der Fraktion
v_x: Vektor der Weiterverwendung oder werkstofflichen Verwertung
v_t: Vektor der innovativen Technologien
κ, λ, ρ: Parameter, die den minimalen Cosinus-Abstand definieren.

Für Verfahren einer **Rohstofflichen Verwertung** muss untersucht werden, wie die enthaltenen Substanzen aus den übergeordneten Gerätestrukturen oder Fraktionen gewonnen werden können.

Ausgehend vom Recyclingobjekt v_o sei das Recyclingobjekt v_{o-1} definiert, das als übergeordnetes Recyclingobjekt gesehen werden kann, z.B. Bleiglas als übergeordnetes Recyclingobjekt zu dem darin enthaltenen Bleioxid.

Darüber hinaus soll eine Projektion auf die im Recyclingobjekt enthaltenen Sub-

stanzen durchgeführt werden.

$v_o \mapsto v_o^{(s)}$	Projektion auf einen Unterraum, der dadurch entsteht, indem alle Komponenten (Terme), die keine Substanzen beschreiben, auf 0 gesetzt werden. Die übrigen Komponenten, die Eigenschaften beschreiben, durchlaufen ihren gesamten Wertebereich.

Rohstoffliche Gewinnung von Materialien bzw. die Herstellung dieser Substanzen sei mit einem Vektor v_h erläutert.

Die Menge, die Dokumente mit neuen Informationen enthält, kann daher durch die Menge E_g aufgezeigt werden.

$$E_g = \{M_e(v_o^{(s)}, \kappa) \cap M_e(v_h, \lambda) \cap M_e(v_{o-1}, \rho) \cap M_e(w_t, \varepsilon)\} \tag{4.17}$$

mit:

v_o:	Vektor der Recyclingobjekte
v_{o-1}:	Vektor des darüber liegenden Recyclingobjekts
v_h:	Vektor, der die Produktion von Substanzen definiert
v_t:	Vektor der innovativen Technologien
$\kappa, \lambda, \rho, \varepsilon$:	Parameter.

Die Untersuchung der **energetischen oder thermischen Verwertung** von Recyclingobjekten ist ebenfalls möglich. Dazu wird ein Vektor v_b gebildet, der thermische oder energetische Verwertung charakterisiert. Die gesuchte Information befindet sich in der Menge E_e.

$$E_e = \{M_e(v_o, \kappa) \cap M_e(v_b, \lambda) \cap M_e(v_t, \rho)\} \tag{4.18}$$

mit:

v_o:	Vektor der Recyclingobjekte
v_b:	Vektor der thermischen oder energetischen Verwertung
v_t:	Vektor der innovativen Technologien
κ, λ, ρ:	Parameter, die den minimalen Cosinus-Abstand definieren.

Die Suche nach Technologien der **thermischen Beseitigung** und **sonstigen Möglichkeiten für die Beseitigung** von Gerätearten und Stoff-Fraktionen geschieht durch die Definition folgender Menge. Wobei zuvor ein Vektor v_z entweder als ein Vektor der Verbrennung oder als ein Vektor der Beseitigung bestimmt und dargelegt werden muss.

$$E_b = \{M_e(v_o, \kappa) \cap M_e(v_z, \lambda) \cap M_e(v_t, \rho) \tag{4.19}$$

mit:

v_o:	Vektor der Recyclingobjekte
v_z:	Vektor der thermischen oder energetischen Verwertung
v_t:	Vektor der innovative Technologien
κ, λ, ρ:	Parameter, die den minimalen Cosinus-Abstand definieren.

3.2 Lösungsmengen generieren

Um die relevanten Dokumente im Internet finden zu können, müsste das gesamte Internet durchsucht werden. Eine Bearbeitung ausschließlich mit Ressourcen eines Unternehmens ist aufgrund der benötigten Rechenleistung und Datenmenge kaum möglich.

Aus diesem Grund werden Meta-Suchanfragen modelliert, die an Suchmaschinen übergeben werden können. Die Ergebnisse der Suchmaschinen werden überprüft und erfüllen gegebenenfalls die Bedingungen für eine der obigen Lösungsmengen.

Aufgrund des Problems, dass in Suchmaschinen nicht mit Vektoren gesucht werden kann, muss eine Auswahl von Termen erfolgen, die an die Suchmaschinen übergeben werden. Hierzu sei eine Funktion Z definiert, die einen Term aus einem Vektor auswählt. Infolgedessen soll ein Algorithmus entwickelt werden, der Suchanfragen an Suchmaschinen stellt und die dort verfügbaren Ressourcen nutzt. Der Algorithmus simuliert dabei das menschliche Verhalten bei der Suche nach neuen Recyclingtechnologien.

Term-Zufallswahl:

$Z(v_i)$ Soll eine zufällige Auswahl eines Terms aus dem Vektor v_i darstellen. Wobei die Auswahlwahrscheinlichkeit des Terms von seiner Gewichtung abhängig ist $\frac{w_{i,j}}{\sum_{j=1}^{n} w_{i,j}}$.

Beispiel für den Vektor v_1 (siehe Formel 4.10):

$Z(v_1)$ $\frac{3{,}35}{3{,}35+0{,}8+0{,}7+0{,}6} = 0,614$

Dies bedeutet, dass beispielsweise mit einer Wahrscheinlichkeit von 61,4 Prozent der Term „BSG“ zurückgegeben wird.

Für die einzelnen Recyclingprozesse sollen bezüglich der ausgewählten Recy-

clingobjekte Meta-Suchanfragen definiert sein, die an Suchmaschinen übergeben werden können.

Definition der Meta-Suchanfragen:

Wiederverwendung

$S_w = Z(v_o) + Z(v_w)$

Weiterverwendung

$S_x = Z(v_o^{(e)}) + Z(v_x)$

Werkstoffliche Verwertung

$S_y = Z(v_o^{(e)}) + Z(v_y)$

Rohstoffliche Verwertung

$S_g = Z(v_o^{(s)}) + Z(v_g) + Z(v_{o-1})$

Energetische/Thermische Verwertung für ein Recyclingobjekt v_o

$S_e = Z(v_o) + Z(v_e)$

Thermische Beseitigung

$S_b = Z(v_o) + Z(v_b)$

Beispiel: Werkstoffliche Verwertung könnte als Suchanfrage folgendes ergeben: $S_y = Z(v_o^{(e)}) + Z(v_y)$ = „transparent“ + „Neueinsatz“.

3.3 Lösungsmengen interpretieren

Definitionen der einzelnen Mengen können als eine Spaltendefinition der in Abbildung 4.7 dargestellten Matrix angesehen werden. Die Zeilen in dieser Matrix entsprechen einzelnen Recyclingobjekten und sind gegebenenfalls hierarchisch angeordnet. In den Zeilen können damit jeweils die Recyclingprozesse der Spalten (beispielsweise Wiederverwendung) mit den Recyclingobjekten der Zeilen betrachtet werden.

Recyclingobjekte		Recyclingprozesse		
		Wieder-verwendung	Weiter-verwendung	
Recyclingobjekt (v_{o-1})				
	Recyclingobjekt v_o			
	...			

Abbildung 4.7: Ergebnismatrix

Um Dokumente, die innovative Technologien beschreiben, von Dokumenten, die Standardtechnologien beinhalten, zu differenzieren, sollen die Mengen durch eine Sentimentsanalyse bewertet werden. Die Sentimentsanalyse der Dokumente erfolgt mit Hilfe von Support Vector Machines (SVM). Dazu müssen zunächst Trainingsdokumente ausgewählt werden, deren Inhalte unterschieden werden sollen. In diesem Fall werden beispielsweise eine Menge von Dokumenten über „Innovative Themen“ und eine Menge der Dokumente über „Standard Themen“ definiert. Das SVM-Verfahren generiert eine Hyperebene zwischen diesen Dokumentenmengen und ermöglicht dadurch die Zuordnung weiterer Dokumente zu einer dieser Mengen (siehe Abbildung 4.8).

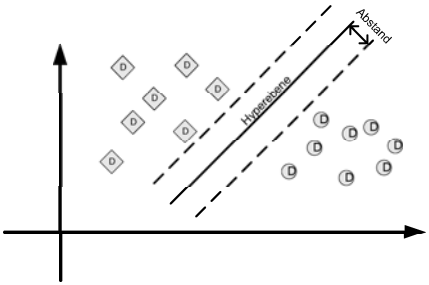

Abbildung 4.8: Trennung der Dokumente durch eine Hyperebene

Die durch Suchanfragen gefundenen Mengen können somit wie in Abbildung 4.9 eingeteilt werden.

Recycling-prozess	Innovation	Standard
Wiederwendung E_w		
Weiterverwendung		
Werk. Verwertung		
...	...	

Abbildung 4.9: Lösungsmatrix

4.3 Kategorisierung von Technologien zur kapazitätsschonenden Bearbeitung in Recyclingunternehmen

In dem vorherigen Abschnitt wurden Mengen definiert, die Dokumente mit potentiell relevanten Informationen über neue Technologien beinhalten. In diesen Lösungsmengen sind daher Dokumente vorhanden, die Informationen bezüglich neuer Technologien umfassen. Die monetäre Bewertung jeder gefundenen Technologie nähme jedoch zu viele Ressourcen in Anspruch. Daher werden die gefundenen Technologien aufgrund definierter Kriterien in Kategorien eingeteilt, die eine weitere ressourcenschonende Bearbeitung der Technologien ermöglichen. Durch diese Standardisierung und Vereinfachung wird Recyclingunternehmen das Arbeiten mit neuen Technologien erleichtert.

Zunächst werden die Kriterien, anhand derer die evaluierten Technologien bewertet werden, vorgestellt. Die Kriterien werden dazu mit ihren Ausprägungen erläutert.

Das Kriterium **Gesetzeskonformität** beschreibt, ob eine gefundene Technologie gesetzeskonform wäre. Bei Technologien, die gegen ethische oder moralische Grundsätze verstoßen, rentiert sich keine weitere Betrachtung. Ein Verstoß gegen die moralischen Grundsätze kann z.B. durch unzumutbare Arbeitsbedingungen bei der Technologienutzung entstehen. Eine andere Verletzung der Grundsätze wäre beispielsweise, wenn eine Technologie nur auf Grund eines schwächeren Vollzuges in einem anderen Land durchführbar wäre.

Der **Innovationsgrad** kennzeichnet die Stufen der Innovation (vgl. Altshuller, 1984, S. 16-26). In Abhängigkeit von diesen Innovationsstufen kann eine Einschätzung gegeben werden, wie realistisch die Adaption einer Technologie an die Bedarfe von Recyclingunternehmen ist. Altshuller kategorisiert hierzu die Technologien in folgende Gruppen:

1. Eine Standard- oder Teillösung, die eine leichte Verbesserung ohne das Ändern von Objekten oder Methoden beschreibt.

2. Eine Änderung oder leichte Verbesserung eines Systems mit einer Technik, die aber keine substantiellen Änderungen besitzt.

3. Eine Innovation oder essentielle Verbesserung, die innerhalb einer technischen Disziplin erfolgt.

4. Eine Erfindung oder ein neues Konzept mit einer sehr starken Änderung des Lösungsansatzes.

5. Eine Entdeckung, die meist durch den Einsatz einer komplett neuen Technologie begleitet wird.

Das Kriterium **Umweltverträglichkeit** soll darstellen, inwiefern durch die neue Technologie umweltschädliche Einflüsse zu befürchten sind. Falls durch eine neue Technologie die Umwelt nachhaltig geschädigt wird, ist eine Realisierung nicht zu empfehlen. Ein gesetzliches Verbot dieser Technologie ist hier in der Regel nur eine Frage der Zeit.

Das nächste Kriterium bezeichnet das **Realisierungsstadium** der Technologie. Recyclingunternehmen haben nur in den seltensten Fällen die Kapazität, eine Technologie vom Laborstadium bis zur realen Implementierung zu begleiten. Technologien, die sich derzeit noch im Laborstadium befinden, müssen daher besonders überprüft werden. Sind diese schon in anderen Unternehmen im Einsatz, so sind die Hindernisse bis zur Implementierung der Technologie für ein Recyclingunternehmen in der Regel geringer.

In Abhängigkeit von den Ausprägungen der einzelnen Kriterien kann eine Kategorie ausgewählt werden. Je nach Kategorie müssen die jeweiligen Maßnahmen getroffen werden. Die durchzuführenden Maßnahmen werden zusammen mit den Kategorien beschrieben.

Kriterium	Kategorie A Unrealistisch	Kategorie B Unbekannt	Kategorie C Unrentabel	Kategorie D Realisierbar
Gesetzeskonformität	Verstößt gegen moralische Grundsätze	Keine Hindernisse erkennbar		
Innovationsgrad	Erfindung, neues Konzept oder Entdeckung		Standard- oder Teillösung, Änderung oder Verbesserung	
Umweltverträglichkeit	Umweltbeeinflussung, Toxisch	Keine Umweltbeeinflussung		
Realisierungsstadium	Laborstadium, Forschungs-stadium	Keine Aktivitäten	Unternehmen setzen die Technologie nicht ein	Unternehmen setzen die Technologie ein
Weitere Maßnahmen	Dokumentieren und Archivieren	Experten befragen	Nutzen einer kontinuierlichen Wirtschaftlich-keitsberechnung	Realisieren

Abbildung 4.10: Matrix der Behandlungsart und Kategorie

Kategorie A: Unrealistische Technologie

Verfahren, die als unrealistisch einzustufen sind, ergeben sich aus unterschiedlichen Gründen. Eventuell existieren die Technologien nur theoretisch unter Laborbedingungen oder besitzen keine Aussichten auf eine gesetzliche Legalität. Die Verfahren dieser Kategorie können für die Dokumentation beschrieben werden, benötigen aber keine weitere Betrachtung.

Kategorie B: Unbekannte Technologien

Verfahren, die in diese Kategorie fallen, können aufgrund der hohen Komplexität nicht von einem unternehmensinternen Experten beurteilt werden. Bei diesen Verfahren müssen externe Experten mit einbezogen werden, die fähig sein sollten, eine qualitative Aussage zu treffen, ob das Verfahren weiter verfolgt werden sollte.

Kategorie C: Unrentable Technologien

Die Verfahren der Kategorie C sind zwar einsatzfähig, verursachen aber zu hohe Kosten oder sind aufgrund der Rohstoffpreise unrentabel. Zu diesen Verfahren müssen die Kostentreiber aufgenommen werden, um bei möglichen Änderungen der Fraktions- oder Rohstoffpreise auf diese Verfahren zurückgreifen zu können. Zu dieser Kategorie gehört beispielsweise die Verwendung des Glases im

Schmelzprozess. Erst ein hoher Bleipreis würde die Realisierung profitabel machen. Das Monitoring der Wirtschaftlichkeitsberechnung muss in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden. Gegebenenfalls können die Verfahren dann in die Kategorie D oder wieder in C fallen.

Kategorie D: Realisierbare Technologien

In die letzte Kategorie fallen die realisierbaren Technologien. Bei diesen Verfahren ist die theoretische Machbarkeit nachgewiesen und die praktische Machbarkeit erscheint realistisch.

Hierbei empfiehlt sich das Aufsetzen eines Entwicklungsprojektes, im Zuge dessen die Technologie weiter entwickelt wird. Zur Realisierung können folgende Strategien mit berücksichtigt werden:

1. Aufteilung der Entwicklung in mehrere Teilphasen, so dass die Testphase frühzeitig unterbrochen werden kann.
2. Kooperation mit Unternehmen aus einer anderen Stufe der Wertschöpfungskette, um das Risiko zu senken.
3. Kooperation mit Konkurrenten zur Entwicklung des Verfahrens, um die Entwicklungskosten zu reduzieren.

Diese vier Kategorien erfahren jeweils eine unterschiedliche weitere Bearbeitung:

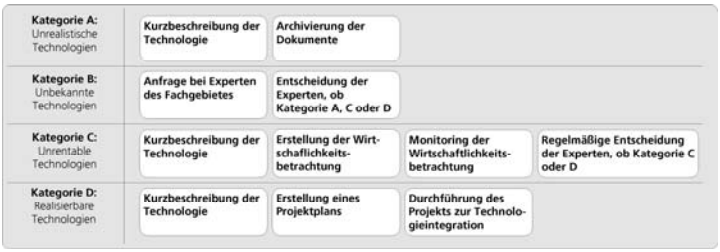

Abbildung 4.11: Standardprozess zur Integration in ein Unternehmen

4.4 Darstellung des Gesamtkonzepts

Im nachfolgenden Abschnitt soll eine Übersicht über das Gesamtkonzept gegeben werden. Hierzu werden die Elemente der vorherigen Abschnitte skizziert und zusammen dargestellt. Die Elemente für ein internetbasiertes Technologie-Scouting für Recyclingtechnologien beinhaltet:

- Restriktion des Informationsbedarfs. Aufgrund der Fraktions- und Marktpreise werden die Fraktionen mit dem höchsten Potential identifiziert **(I)**.
- Erstellung eines Informationsmodells zur effizienten Suche neuer geeigneter Technologien in Abhängigkeit von dem jeweiligen Recyclingprozess **(II)**.
- Kategorisierung der gefundenen Technologien aufgrund definierter Kriterien für eine ressourcenschonende Bearbeitung **(III)**.

Das Gesamtkonzept kann somit in Abbildung 4.12 integriert aufgezeigt werden.

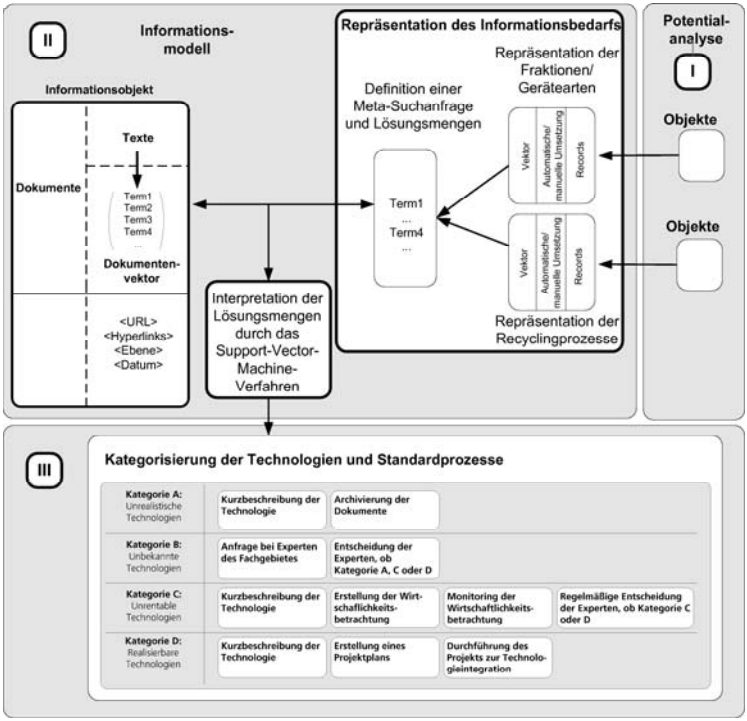

Abbildung 4.12: Gesamtkonzept

5 Prozess des internetbasierten Technologie-Scoutings für Recyclingtechnologien

Im Rahmen dieses Kapitels soll aufgezeigt werden, wie Recyclingunternehmen die im Kapitel 4 beschriebenen Elemente des internetbasierten Technologie-Scoutings anwenden können.

Für diesen Zweck wurde ein Prozess entwickelt, der Unternehmen dazu befähigen soll, diese Elemente in der vorgesehenen Reihenfolge zu nutzen. Der erstellte Prozess orientiert sich am Prozess des Technologie-Scoutings aus Kapitel 3 und besteht ebenfalls aus sechs Prozessschritten. Ein Unternehmen, das bisher den Prozess aus Kapitel 3 verwendet, besitzt dadurch eine einfache Orientierung, wie die Zuordnung der alten zu den neuen Prozessschritten erfolgt (siehe Abbildung 5.1). Eine detaillierte Begründung der Überführung jedes einzelnen Prozessschrittes und dessen Beschreibung wird in einem jeweiligen Unterkapitel gegeben.

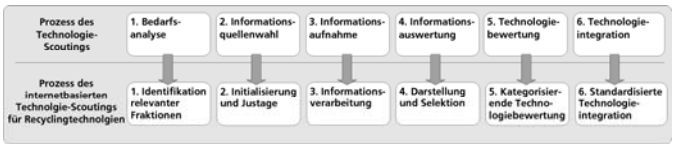

Abbildung 5.1: Prozess des internetbasierten Technologie-Scoutings

Diese sechs Prozessschritte enthalten zur exakten Erläuterung Subprozesse[1]. Die exakte Beschreibung der Subprozesse erfordert aufgrund der Komplexität eine systematische und strukturierte Prozessmodellierung, die nur durch eine Prozessmodellierungssprache möglich ist. Die Modellierung dieser Subprozesse geschieht daher in der Darstellungsform der Unified Modeling Language (UML), die neben der exakten Beschreibungsfähigkeit auch eine intuitive Verständlichkeit besitzt (vgl. Rumbaugh u. a., 2003). Eine Erklärung der genutzten UML-Elemente zur Darstellung der Subprozesse ist in der Abbildung 5.2 gegeben (vgl. Heeren, 2003, S. 113).

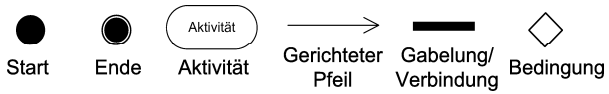

Abbildung 5.2: Darstellung der Elemente

Start:	Start des Aktivitätsdiagramms
Ende:	Ende des Aktivitätsdiagramms
Aktivität:	Handlung, die den Status des Programms verändert
Gerichteter Pfeil:	Richtung, die das Aktivitätsdiagramm nach einer vorherigen Aktivität verfolgt
Gabelung/Verbindung:	Verzweigung oder Zusammenführung ohne Abhängigkeit von Bedingungen
Bedingung:	Verzweigung mit Abhängigkeit von Bedingungen

[1] Diese sind nicht in Abbildung 5.1 dargestellt.

5.1 Identifikation relevanter Fraktionen

Der erste Schritt im ursprünglichen Technologie-Scouting-Prozess aus Kapitel 3 ist die Bedarfsanalyse. Innerhalb dieses Prozessschrittes werden die Bedarfe eines Unternehmens bezüglich des Technologie-Scoutings analysiert. Mit anderen Worten: ein Unternehmen entscheidet, für welche Objekte/Themen nach neuen Technologien gesucht werden muss.

Die zentralen Objekte in Recyclingunternehmen werden durch die Fraktionen dargestellt (siehe Kapitel 2). Aus diesem Grund kann der Bedarf des Technologie-Scoutings über die Auswahl relevanter Fraktionen erfolgen. Der frühere Prozessschritt **Bedarfsanalyse** wird deswegen in dieser Arbeit konkretisiert und in den Prozessschritt **Identifikation relevanter Fraktionen** übertragen. Dieser erste Prozessschritt **Identifikation relevanter Fraktionen** hat nur eine geringe Komplexität und besitzt deshalb nur einen Subprozess (siehe Abbildung 5.3).

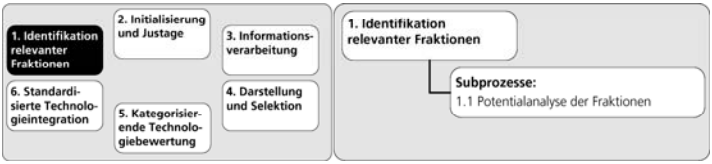

Abbildung 5.3: Identifikation relevanter Fraktionen

Das mathematische Modell, das innerhalb dieses Subprozesses genutzt wird, ist im Kapitel 4 beschrieben und geschieht über die Analyse des Potentials der einzelnen Fraktionen. Hierzu werden die Fraktionspreise sowie die Preise der einzelnen Bestandteile recherchiert. Anschließend wird das Potential, wie im Kapitel 4.1 skizziert, errechnet und die Fraktionen hierdurch ausgewählt. Neben diesem Auswahlverfahren bleibt die Möglichkeit, Fraktionen aufgrund ihrer derzeitigen Rahmenbedingungen auszusuchen (siehe Einflussfaktoren im Kapitel 2.2). Der Ablauf des Subprozesses 1.1 ist in einem Aktivitätsdiagramm in Abbildung 5.4 visualisiert.

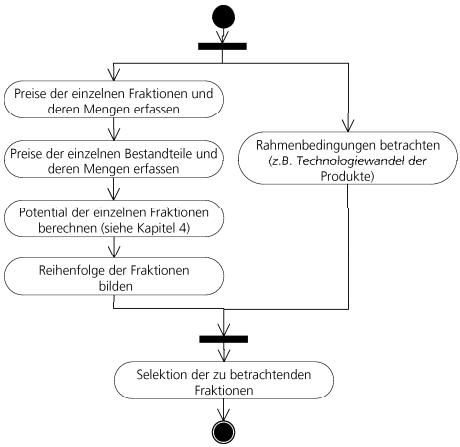

Abbildung 5.4: Subprozess 1.1 Potentialanalyse der Fraktionen

5.2 Initialisierung und Justage

Der zweite Schritt im Technologie-Scouting-Prozess aus Kapitel 3 ist die **Informationsquellenwahl**. Aufgrund der im Anfangskapitel beschriebenen Aufgabenstellung sollen nur informationstechnisch zugängliche Quellen genutzt werden, um ein IT-System für ein automatisiertes Technologie-Scouting zu erstellen.

Bei der Auswahl der Quellen soll insbesondere das Internet, da hier die Informationen ohne große zeitliche Verzögerungen veröffentlicht werden, genutzt werden. Der Prozessschritt **Informationsquellenwahl** tritt aufgrund dieser Restriktion in den Hintergrund.

Die **Initialisierung und Justage** des IT-Systems gewinnt dabei an Bedeutung, weil das IT-System den menschlichen Bearbeitungsprozess ersetzt und angesichts der deterministischen Algorithmen nicht während des Suchprozesses – entgegen des menschlichen Verhaltens – lernfähig ist. Dieser Schritt des adap-

tierten Technologie-Scouting-Prozesses heißt daher **Initialisierung und Justage** und besteht, um eine Übersicht zu erhalten, aus vier Subprozessen (siehe Abbildung 5.5), die in diesem Abschnitt zuerst skizziert und anschließend im Detail beschrieben werden.

In dem ersten Subprozessschritt werden die Vektoren zur informationstechnischen Bearbeitung erstellt. Der zweite Subprozessschritt schildert die Definition einer Matrix, die zur Suche von Technologien genutzt wird. Da die Ergebnisse der Suche ebenfalls in einer Matrix dargestellt werden, heißt diese Matrix die Ergebnismatrix. Der dritte Subprozess zeigt die Festlegung der Parameter des Prozesses auf, die zur Initialisierung der Bibliotheken und Bearbeitung des Prozesses erforderlich sind. Zuletzt werden in dem abschließenden, vierten Subprozess die vorhandenen Datenbanken gewartet.

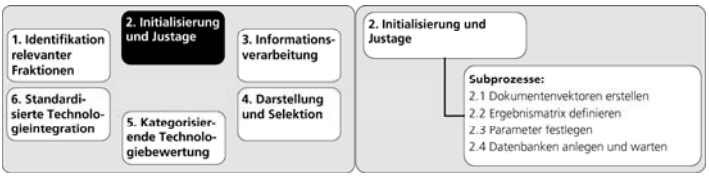

Abbildung 5.5: Initialisierung und Justage

Im ersten Subprozessschritt **Dokumentenvektoren erstellen** werden die Vektoren erstellt, um die informationstechnische Verarbeitung zu ermöglichen. Die Vektoren werden hierbei für Recyclingobjekte und -prozesse und für eine spätere Sentimentsanalyse generiert.

Recyclingobjekte bezeichnen dabei die im ersten Prozessschritt ausgewählten Fraktionen. Darüber hinaus müssen für die spätere Suche nach neuen Technologien alle Recyclingobjekte dargestellt werden, die sich aus diesen Fraktionen ergeben bzw. daraus erzeugt werden könnten. Beispielsweise die Shredderleichtfraktion, die sich aus der Fraktion Bildschirmgeräte ergibt.

Im Weiteren werden Dokumentenvektoren für die Sentimentsanalyse zusammengefasst. Diese Dokumentenvektoren erörtern Themen, in dessen Kontext

die gefundenen Inhalte beleuchtet werden. Gebräuchliche Analysethemen sind hierbei „Innovation“, „Herausforderung“ oder „Positiv“.

Neben den bisher genannten Dokumentenvektoren werden auch Dokumentenvektoren für Hilfsthemen, die eine spätere Verarbeitung erleichtern, erstellt. So werden beispielsweise Vektoren, die Eigenschaften von Fraktionen dokumentieren, gebildet (in diesen Vektoren können physikalische Terme ebenso wie gegebenenfalls chemische Terme vorhanden sein). Diese Vektoren ermöglichen es, bei der späteren Analyse einzelne Ergebnisdokumente nur bezüglich der Eigenschaften zu betrachten.

Die Generierung der Dokumentenvektoren geschieht entweder automatisch, veranlasst durch die Zuordnung von Texten, oder manuell, durch die Gewichtung einzelner Terme. Die automatische Erstellung der Vektoren wird, wie im Kapitel 4.2.2 dargelegt, durchgeführt. Im Wesentlichen erfolgt die Schaffung der Vektoren in zwei Phasen.

Zunächst müssen Dokumente ausgewählt werden, die ein Thema darstellen. Anschließend wird ein jeweiliger Dokumentenvektor unter Berücksichtigung einer Eichdokumentenbasis ermittelt. Eine Eichdokumentenbasis ist eine große Dokumentensammlung ohne thematischen Fokus von Dokumenten und ist deswegen notwendig, da die Gewichtung eines Terms davon abhängt, in wie vielen anderen Dokumenten dieser Term vorkommt (die Gewichtung eines Terms sinkt, wenn dieser in mehreren Dokumenten auftritt). Wird nur die Menge der ausgewählten Dokumente betrachtet, so werden die relevanten Terme – aufgrund des Auftretens in vielen beschreibenden Dokumenten – unterproportional gewichtet.

In der zweiten Phase wird die Berechnung eines einzelnen Dokumentenvektors aus den Dokumentenvektoren der beschreibenden Dokumente ausgeführt. Hierzu werden die durchschnittlichen Gewichtungen der einzelnen Terme berechnet.

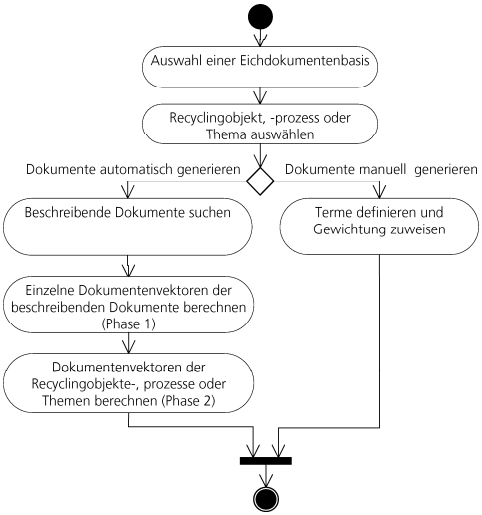

Abbildung 5.6: Subprozess 2.1 Dokumentenvektoren erstellen

Nachdem die Vektoren erstellt wurden, kann im nächsten Subprozessschritt **Ergebnismatrix definieren** die Ergebnismatrix zur Suche festgelegt werden. In Bezug darauf sind die drei Schritte aus Abbildung 5.7 notwendig.

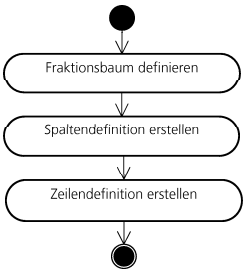

Abbildung 5.7: Subprozess 2.2 Ergebnismatrix definieren

Die einzelnen Schritte des Subprozesses werden zur genaueren Erläuterung nachfolgend detailliert beschrieben:

1. **Definition des Fraktionsbaumes**

   Die Struktur der Zusammengehörigkeit der einzelnen Fraktionen wird gebildet. Diese Definition spezifiziert beispielsweise, dass ein TV-Gerät aus einer Bildröhre, Platinen und weiteren Teilen aufgebaut ist. Der Fraktionsbaum kann Substufen enthalten, so dass gegebenenfalls die Bildröhre bis in die einzelnen Substanzen aufgegliedert werden kann.

   Der Fraktionsbaum wird in der unten stehenden Ergebnismatrix in den linken Spalten dargestellt.

Objekt	Objekt	Wieder-verwendung	Weiter-verwendung	...
TV-Gerät				
	Gehäuse			
	Bildröhre			
	Platine			

Abbildung 5.8: Beispiel einer Ergebnismatrix

2. **Definition der Spalten**

   Die Definition der Spalten erfolgt durch die Angabe der Meta-Suchanfrage und Lösungsmengen, wie im Kapitel 4.2.3 ausgeführt.

3. **Definition der Zeilen**

   Als Definition der Zeilen dienen die Recyclingobjekte. In den einzelnen Zellen wird die Spaltendefinition dann in Abhängigkeit von der jeweiligen Zeilendefinition geordnet.

Im dritten Subprozess **Parameter festlegen** erfolgt die Zuweisung von Zahlenwerten an die Systemparameter (siehe Abbildung 5.9). Hierzu zählt unter anderem der Parameter, der festlegt, ab welcher Term-Gewichtung ein Term bei einer Suchanfrage berücksichtigt wird.

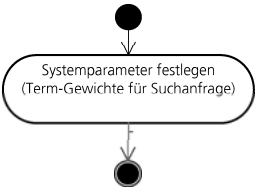

Abbildung 5.9: Subprozess 2.3 Parameter festlegen

Zuletzt werden im Subprozess **Datenbanken anlegen und warten** die Datenbanken konfiguriert. Dies bezeichnet insbesondere die Einstellungen der Datenbanken bezüglich der Größe einer Lösungsmenge sowie die Erstellung und Wartung von Stoppwortfiltern. Stoppwörter dienen zur Eliminierung von Wörtern, die keine inhaltliche Bedeutung besitzen (siehe Kapitel 3.2.3).

Eine Darstellung der letzten zwei Subprozesse erfolgt in Abbildung 5.10.

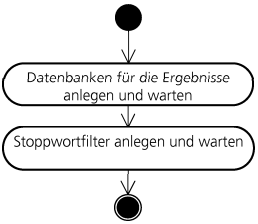

Abbildung 5.10: Subprozess 2.4 Datenbanken warten

5.3 Informationsverarbeitung

Der Prozessschritt des originären Technologie-Scoutings im Kapitel 3.2.3 beschreibt das Aufnehmen neuer Informationen, die für das Technologie-Scouting von Bedeutung sind. Aufgrund der informationstechnischen Unterstützung, die eine schnelle und automatisierte Bearbeitung ermöglicht, tritt die Aufnahme von Informationen jedoch zugunsten der Verarbeitung in den Hintergrund. In dem neu entwickelten Prozess wird daher der ursprüngliche Prozessschritt **Informationsaufnahme** zu dem Prozessschritt **Informationsverarbeitung**.

Der Prozessschritt **Informationsverarbeitung** besteht, um eine bessere Handhabung des Systems zu erreichen, aus zwei Subprozessen. Der erste Subprozess **Datenbanken/Internet crawlen** beschreibt den Prozess des Suchens nach neuen Informationen für das Technologie-Scouting. Der zweite Subprozess **Dokumente bewerten und verarbeiten** erläutert, wie die gefundenen Informationen bzw. Dokumente für das Technologie-Scouting bearbeitet werden.

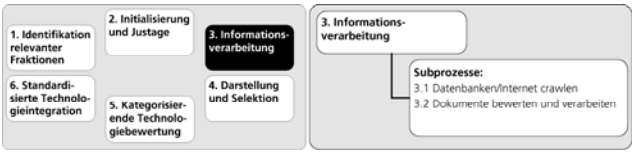

Abbildung 5.11: Informationsverarbeitung

Der erste Subprozess sieht angesichts der Aufgabenstellung aus Kapitel 1 die Integration der im Internet vorhandenen Informationen vor. Dies geschieht, indem Suchanfragen automatisch erzeugt und an die Suchmaschinen übergeben werden. Die Erstellung einer Suchanfrage erfolgt mit Hilfe der definierten Meta-Suchanfrage (siehe auch Kapitel 4.2.3). Diese Meta-Suchanfragen sind durch Vektoren festgelegt, so dass eine Suchanfrage generiert werden kann, indem jeweils Terme mit einer hohen Gewichtung gewählt werden (siehe Kapitel 4.2.3).

Als einfaches Beispiel sei eine Suchanfrage bezüglich der Wiederverwendung eines Recyclingobjekts erläutert. Die Meta-Suchanfrage S_w zur Suche nach Technologien für die Wiederverwendung ist wie folgt definiert[2]:

$$S_w = Z(v_o) + Z(v_w) + Z(v_t)$$

mit:

v_o: Vektor des untersuchten Recyclingobjekts
v_w: Vektor des Recyclingprozesses Wiederverwendung
v_t: Hilfsvektor für Innovation.

Eine Suchanfrage wird erstellt, indem zunächst aus den drei Vektoren jeweils ein Term mit einer hohen Gewichtung ausgewählt wird. Anschließend wird die Verbindung dieser Terme als gemeinsame Suchanfrage an die Suchmaschine übergeben. Dies könnte beispielsweise, wenn die Wiederverwendung von Röntgengeräten untersucht wird, folgendes ergeben:

- zufällige Auswahl des Terms **Röntgenapparat** aus dem Vektor w_o,
- zufällige Auswahl des Terms **Wiederaufbereitung** aus dem Vektor w_w,
- zufällige Auswahl des Terms **Entdeckung** aus dem Vektor w_h.

Die resultierende Suchmaschinenanfrage wäre somit:

Röntgenapparat Wiederaufbereitung Entdeckung.

[2]Die Such-Definition wurde um einen Hilfsvektor erweitert.

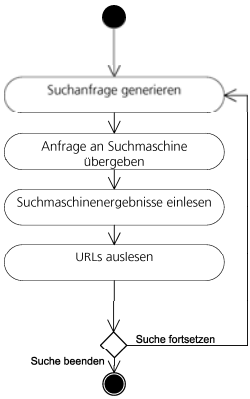

Abbildung 5.12: Subprozess 3.1 Datenbanken/Internet crawlen

Der Inhalt der ausgesuchten Dokumente wird in dem zweiten Subprozess **Dokumente bewerten und verarbeiten** bearbeitet. Die gefundenen Dokumente werden hierbei zunächst um die Stoppwörter reduziert und dann als Vektoren dargestellt.

Diese Vektoren werden dann einer Gruppe mit Hilfe des Support-Vector-Verfahrens und der definierten Trainingsmengen zugeordnet. Auf diese Art und Weise ist es möglich zu analysieren, wie über ein Thema gesprochen wird.

Die vorausgewählten Ergebnisse können anschließend durch den Nutzer betrachtet und bewertet werden. Falls die gefundenen Dokumente als ähnlich gelten, werden diese in eine Liste der ähnlichen Dokumente mit aufgenommen. Falls die Dokumente keine Ähnlichkeit besitzen, werden ihre URLs in eine Liste der Dokumente, die keine weitere Untersuchung benötigen, abgelegt (siehe Abbildung 5.13).

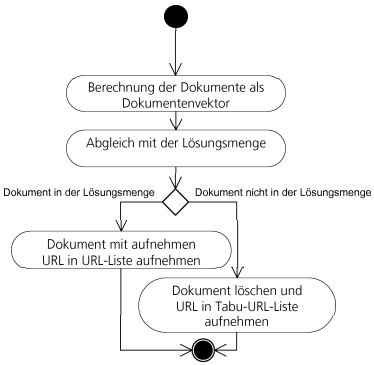

Abbildung 5.13: Subprozess 3.2 Dokumente bewerten und verarbeiten

5.4 Darstellung und Selektion

Im Ausgangsprozess im Kapitel 3.2.4 bildet die Informationsauswertung den vierten Prozessschritt. Hierbei spielt neben der Darstellung der Information auch ihre Auswertung eine zentrale Rolle. Der zukünftige Prozess soll jedoch nicht die Auswertung unterstützen, sondern diese automatisch durchführen und dann die Darstellung und Selektion relevanter Informationen gewährleisten. Dieser Aspekt wird durch die Benennung des vierten Prozessschrittes **Darstellung und Selektion** hervorgehoben.

Der Prozess gliedert sich in zwei Subprozesse, so dass einmal der Fokus auf dem Dokumenteninhalt und einmal auf der quantitativen Entwicklung eines thematischen Aspekts liegt (siehe Abbildung 5.14).

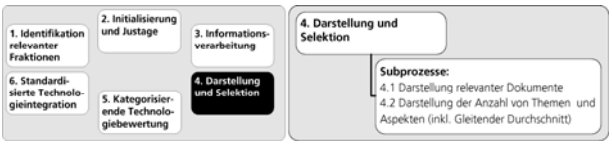

Abbildung 5.14: Darstellung und Selektion

Die Dokumente, die nach der Suche in den definierten Lösungsmengen vorhanden waren, beinhalten die gesuchten Informationen über neue Technologien. Aufgrund der Komplexität neuer Technologien empfiehlt sich das Durchlesen der gefundenen Dokumente, die einer Lösungsmenge zugeordnet werden können. Hierzu wird dem Nutzer des Systems eine Oberfläche zur Verfügung gestellt. Die Dokumente können darüber hinaus, falls sie thematisch relevant sind, als beschreibende Dokumente für den Prozessschritt zwei, **Initialisierung und Justage**, genutzt werden. Der Subprozess ist in Abbildung 5.15 visualisiert.

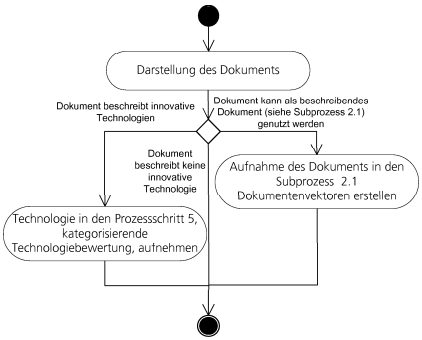

Abbildung 5.15: Subprozess 4.1 Darstellung der Dokumente

Innerhalb des zweiten Subprozesses wird der Verlauf des Anwachsens und Sinkens der Dokumentenanzahl in einer Lösungsmenge angezeigt (siehe Abbildung 5.15). An dieser Stelle werden die Lösungsmengen somit bezüglich der definierten Themen analysiert (siehe 5.16). Die Darstellung der Daten erfolgt in unterschiedlichen Diagrammtypen wie Netzdiagrammen oder Liniendiagrammen (inklusive gleitender Durchschnittsberechnung).

Abbildung 5.16: Subprozess 4.2 Darstellung der Dokumentenanzahl

5.5 Technologiebewertung

Die ursprüngliche Technologiebewertung (siehe Kapitel 3.2.5) beschäftigte sich hauptsächlich mit der Investitionsbewertung, die jedoch sehr aufwändig ist und nur für relevante Technologien durchgeführt werden sollte. Deshalb wird in diesem Prozessschritt als erster Subprozess die kategorisierende Technologiebewertung erstellt, bevor im zweiten Subprozess für die ausgewählten Technologien die Kostenfaktoren recherchiert werden (siehe Kapitel 4.3).

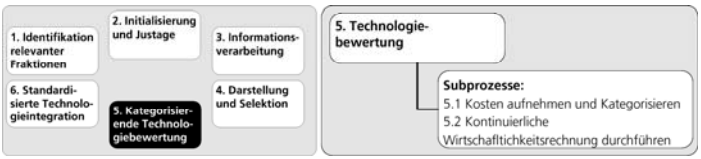

Abbildung 5.17: Technologiebewertung

Die kategorisierende Technologiebewertung soll eine ressourcenschonende Bewertung von Technologien ermöglichen (siehe Abbildung 5.18). In erster Linie wird für die aus dem vorherigen Prozessschritt eruierten Technologien eine Einschätzung der Realisierbarkeit ausgearbeitet, so dass eine Einteilung in die vier verschiedenen Kategorien gegeben ist:

- unrealisierbare Technologien → keine weitere Betrachtung,
- unbekannte Technologien → Anfrage bei Experten,
- unrentable Technologien → Aufnahme der Hauptkostentreiber,
- realisierbare Technologien → Projektplan ausarbeiten und implementieren.

Für die unrentablen Technologien werden in einem Subprozess die Kosten und Erlöse bestimmt, die einen großen Einfluss auf die Rentabilität der Technologie besitzen. Diese Kosten und Erlöse können anschließend ständig aktualisiert werden, so dass eine kontinuierliche Wirtschaftlichkeitsberechnung ausgeführt wird (siehe 5.19). Dies ist insbesondere in der Recyclingindustrie von Bedeutung, da die Technologien und deren Wirtschaftlichkeit stark von den Rohstoffpreisen abhängig sind.

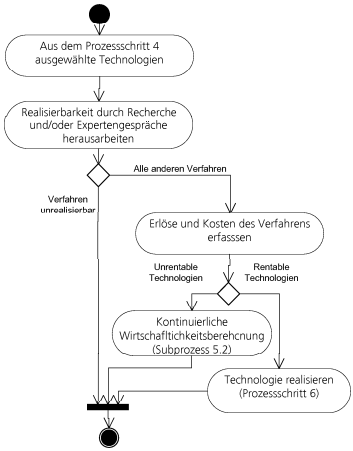

Abbildung 5.18: Subprozess 5.1 Auswahl potentieller Verfahren

Für die letzte Kategorie **Realisierbare Technologien** müssen weitere detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt werden.

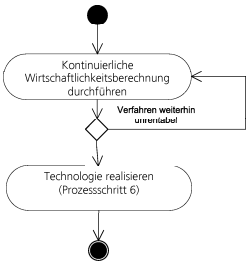

Abbildung 5.19: Subprozess 5.2 Kontinuierliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

5.6 Standardisierte Technologieintegration

Die Integration von Technologien ist ein wesentlicher Schritt, um das Technologie-Scouting in Recyclingunternehmen dauerhaft zu implementieren.

Aus diesem Grund wurde der Prozessschritt **Technologieintegration** für die Recyclingindustrie angepasst und standardisiert. Dadurch soll die Integration neuer Technologien in Recyclingunternehmen erleichtert werden. Der Prozessschritt wurde in zwei Subprozesse gegliedert, wobei der zweite Prozessschritt **Produktion** nicht detailliert beschrieben wird, da er von den jeweiligen Gegebenheiten der Technologie abhängig ist. Er soll jedoch die Integration der Technologie in ein Unternehmen unterstreichen.

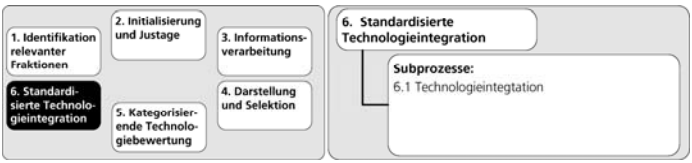

Abbildung 5.20: Standardisierte Technologieintegration

Zunächst muss ein Projekt zur Realisierung einer Technologie durchgeführt wer-

den. Zu diesem Zweck müssen mehrere Ergebnisse beim Unternehmen standardisiert vorliegen (beispielsweise Pflichtenheft, Planungsplan, Projektmitarbeiter, Projektstrukturplan, Kompetenzen-Verantwortung-Matrizen, Ablaufplan, Terminplan, Kapazitätsplan, Finanzmittelbedarfsplan, Aufträge und Verträge).

Die spezifischen Projektphasen für die Realisierung neuer Technologien in der Recyclingbranche sind in Abbildung 5.21 dargestellt.

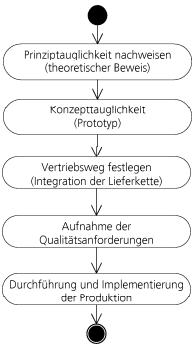

Abbildung 5.21: Subprozess 6.1 Integration ausgewählter Technologien

Der weitere Subprozessschritt ist in Abhängigkeit von der jeweiligen Technologie zu gestalten und soll die Integration in das bestehende Produktionssystem zeigen.

6 Softwaretechnische Umsetzung und Evaluation

In diesem Kapitel soll die Evaluation des internetbasierten Technologie-Scoutings für Recyclingunternehmen am Beispiel der Elektroaltgerätebranche durchgeführt werden, weil Elektroaltgeräte in der Abfallwirtschaft aufgrund der ansteigenden Mengen eine zunehmend bedeutende Rolle spielen.

Als erstes soll zu diesem Zweck das entwickelte IT-System vorgestellt werden, das auf Basis der Elemente des internetbasierten Technologie-Scoutings (siehe Kapitel 4) und des Technologie-Scouting-Prozesses (siehe Kapitel 5) erstellt wurde.

Als zweites soll dann innerhalb des IT-Systems die Fraktion mit dem höchsten Verbesserungspotential für ein Unternehmen (siehe 2.1.1) eruiert werden. Darauf folgend soll das System initiiert und nach geeigneten Technologien für das Recycling von Elektroaltgeräten gesucht werden. Anschließend soll die Bewertung der Technologien und die Projektierung zur Realisierung dieser Technologien beschrieben werden.

Dieses Kapitel hat folglich das Ziel, die Einsatztauglichkeit des internetbasierten Technologie-Scoutings für Recyclingunternehmen aufzuzeigen. Die Ergebnisse der Evaluation sollen schließlich in dem letzten Abschnitt zusammengefasst und bewertet werden.

6.1 Softwaretechnische Umsetzung

Das internetbasierte Technologie-Scouting wurde softwaretechnisch durch das Programm IPA-Scout realisiert. Zusätzlich zu diesem stand-alone Programm wurden die Funktionalitäten modularisiert und in das Programm RapidMiner integriert (vgl. Mierswa u. a., 2006), das als Softwaretool zur Unterstützung von Data Mining Prozessen eingesetzt werden kann. Durch die Integration in RapidMiner ist eine schnelle Adaption der Funktionalitäten auch für andere Verwendungszwecke gewährleistet. Aufgrund der guten Anbindungsfähigkeit an das Internet wurde als Programmiersprache Java genutzt.

Abbildung 6.1: IPA-Scout Screenshot

Die Hauptbedienfläche des stand-alone Programms ist in Abbildung 6.1 abgebildet und ist derart angerichtet, dass die Nutzung von oben links nach unten rechts durchgeführt werden kann. Dies bedeutet beispielsweise, dass als erstes

die Bedarfsermittlung durchgeführt werden muss. Der Workflow des Programms IPA-Scout wird im Weiteren detailliert beschrieben.

Zuerst müssen die Bedarfe des Technologie-Scoutings eruiert werden. Zu diesem Zweck werden diejenigen Fraktionen ausgewählt, die durch den Einsatz effizienterer Recyclingtechnologien ein hohes Gewinnsteigerungspotential besitzen (siehe Kapitel 4.1). Zur Sicherstellung der maximalen Flexibilität wurde diese Funktion in Excel implementiert. Dies ermöglicht zum einen eine schnelle Adaption an neue Gegebenheiten und zum anderen eine einfache Integration externer Daten.

Für die Fraktionen, die untersucht werden sollen, müssen **Vektoren** gebildet werden. Diese können automatisch erstellt werden, indem Dokumente mit dem jeweiligen relevanten Inhalt ausgewählt und in ein Verzeichnis gestellt werden. Für diese Dokumente wird anschließend der zugehörige Dokumentenvektor berechnet (siehe Kapitel 4.2.2). Falls keine beschreibenden Dokumente vorhanden sind, können relevante Terme ermittelt und manuell gewichtet werden. Diese Vektoren repräsentieren dann die Ausgangsbasis für die Suchanfragen bei den unterschiedlichen Suchmaschinen.

In dem nächsten Schritt erfolgen die **Definitionen**, die für den Suchprozess notwendig sind. Sie werden mit Hilfe der im Kapitel 4 formal vorgestellten Funktionen formuliert.

Die durch die Definitionen eruierten Dokumente über neue Technologien bilden die Dokumentenbasis für die Ergebnis- und Lösungsmatrix (siehe Kapitel 4.2.3). Zur Veranschaulichung wird in Abbildung 6.2 ein Ausschnitt aus der Lösungsmatrix dargestellt.

Objekt (-1)	Objekt	Innovation	Standard
TV-Gerät			
	Frontglas		
	Konusglas		

Abbildung 6.2: Lösungsmatrix für das Technologie-Scouting

Wie in der Lösungsmatrix ersichtlich, werden zu deren Bestimmung drei Definitionen benötigt. Diese können wie folgt beschrieben werden: [1]

1. Die Definition des **Fraktionsbaums**, d.h. die Festlegung, welche Fraktionen aus einem jeweiligen Recyclingobjekt entstehen. Beispielsweise Bleioxid und Siliziumdioxid aus Konusglas.

2. Die Definition der **Zeilen** bestimmt das Recyclingobjekt bzw. die Fraktionen, für die das Technologie-Scouting durchgeführt werden soll. Im Beispiel der Abbildung ist dies das Front- und Konusglas (siehe Abbildung 6.2).

3. Die Definition der **Spalten** in der Ergebnismatrix, die die Lösungsmenge für den jeweiligen Recyclingprozess beinhalten (siehe Kapitel 4.2.3).

Der **Crawler** erstellt mittels der Spalten- und der Zeilendefinition Suchanfragen bei unterschiedlichen Suchmaschinen. Die Suchanfragen generieren sich dabei automatisch aus den zur Verfügung stehenden Termen innerhalb der Vektoren. Definiert werden kann neben den Suchmaschinen auch die Frequenz und Anzahl der Suchanfragen.

Anschließend werden durch das **Post-Crawling** die von den Suchmaschinen gefundenen, aber nicht relevanten Ergebnisse gelöscht. Hierbei kann manuell eingestellt werden, welcher Cosinusabstand (siehe Kapitel 3.2.3) als ausreichend angenommen wird.

[1] Innerhalb des IPA-Scouts werden die Definitionen in Textdateien abgespeichert.

6.2 Evaluation

Die Evaluation erfolgt für ein Recyclingunternehmen von Elektroaltgeräten. Aufgrund von massiven Änderungen in den letzten Jahren soll der Markt für Elektroaltgeräte (EAG) kurz skizziert werden. Seit dem 23.03.2006 gilt in Deutschland laut des Gesetzes über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgerätegesetz - ElektroG) die geteilte Produktverantwortung.[2] Dies bedeutet, dass die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (örE) für die Sammlung der Elektroaltgeräte zuständig sind, und die Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten für deren Recycling aufkommen müssen.

Der Anwendungsbereich des Gesetzes fokussiert auf einigen Gerätekategorien, die in Abbildung 6.3 angegeben sind. In der Abbildung sind auch die Sammelgruppen dargestellt, in denen die Geräte bei den örE aufbewahrt werden. Das heißt, dass in Abhängigkeit von der Gerätekategorie und der untergeordneten Geräteart das EAG in einen der vorhandenen Sammelgruppencontainer gelegt wird.

Sammelgruppe	Gerätekategorie	Name Gerätekategorie	Name Geräteart
SG 1	Kat. 1	Haushaltsgroßgeräte	Haushaltsgroßgeräte
	Kat. 10	Automaten	Automaten
SG 2	Kat. 1	Kältegeräte	Kältegeräte
SG 3	Kat. 3	IT	Monitore
			Restliche IT
	Kat. 4	Unterhaltungselektronik	TV
			Restliche UE
SG 4	Kat. 5	Gasentladungslampen	Gasentladungslampen
SG 5	Kat. 2	Haushaltskleingeräte	Haushaltskleingeräte
	Kat. 5	Leuchten	Leuchten
	Kat. 6	Werkzeug	Werkzeug
	Kat. 7	Spiel/Sport	Spielzeug
			Sport/Freizeit
	Kat. 8	Medizin	Medizin
	Kat. 9	Überwachung	Überwachung

Abbildung 6.3: Zuordnung der Gerätekategorien zu den Sammelgruppen

[2] Im Weiteren wird Elektro- und Elektronikgerätegesetz durch ElektroG abgekürzt.

Ein gefüllter Container wird durch einen betroffenen Hersteller abgeholt. Die Zuweisung eines Containers an einen Hersteller, der für dessen Abholung verantwortlich ist, erfolgt durch eine gemeinsame Stelle der Hersteller.[3] Die Hersteller werden bei einer Abholanordnung von dieser Stelle benachrichtigt und müssen den bestimmten Container von der örE entgegen nehmen. Ein Hersteller bekommt dabei nur die Container zugewiesen, in denen sich prinzipiell seine Geräte befinden könnten. Beispielsweise wird ein Hersteller von TV-Geräten ausschließlich die Sammelgruppe 3 zugeteilt bekommen (siehe Abbildung 6.3).

Hersteller übernehmen die Aufgabe der Behandlung in der Regel jedoch nicht selbst, sondern beauftragen Recyclingunternehmen mit der Abholung der entsprechenden Container. Ein Recyclingunternehmen, das einen Hersteller von Bildschirmgeräten vertritt, erhält daher ausschließlich die Sammelgruppe 3.

Für ein derartiges Recyclingunternehmen soll die Evaluation des internetbasierten Technolgoie-Scoutings durchgeführt werden. Die Einteilung des nächsten Abschnittes orientiert sich an dem entwickelten Prozess, wobei die Prozessschritte 2-4 in einem Abschnitt gemeinsam behandelt werden, da diese Prozessschritte mit Hilfe des IPA-Scouts integriert realisiert werden (siehe Abbildung 6.4).

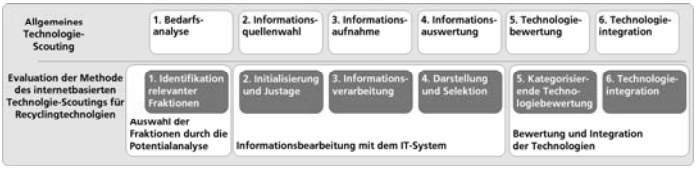

Abbildung 6.4: IPA-Scout Definitionen

Während der erste Abschnitt nun die Vorgehensweise bei der Fokussierung auf eine Fraktion darstellt, beschreibt der zweite Abschnitt die Informationsgewinnung und -auswertung der potentiellen Recyclingtechnologien. Abschließend soll durch den Abschnitt **Technologiebewertung** die kategorisierende Technologie-

[3] Die gemeinsame Stelle in Deutschland heißt Stiftung-EAR.

bewertung evaluiert werden, bevor im letzten Prozessschritt die Integration der Technologien skizziert wird.

6.2.1 Identifikation relevanter Fraktionen eines Recyclingunternehmens für Elektroaltgeräte

Für ein Recyclingunternehmen, das Elektroaltgeräte (Sammelgruppe 3) bearbeitet, soll die Potentialanalyse vorgenommen werden, um die für das Unternehmen relevanten Fraktionen zu gewinnen. Hierzu wird die im Kapitel 4.1 beschriebene potentialorientierte Fokussierung durchgeführt.

Zunächst werden die Eingangsfraktionen innerhalb der Sammelgruppe 3 betrachtet. Diese Fraktionen sind in der Sammelgruppe 3 mit den Gerätearten gleichzusetzen (siehe Abbildung 6.3).

Im Weiteren müssen folgende Schritte verwirklicht werden:

- Bestimmung der Preise der Eingangsfraktionen, die ein Recyclingunternehmen für eine reine Fraktion dieser Geräteart bezahlt/erhält.
- Eruieren des Marktpreises der funktionsfähigen Fraktion.
- Berechnung der Summe aus allen Teilfraktionspreisen (wenn diese als einzelne Bestandteile vorliegen würden).
- Bestimmung des Maximums zwischen den Ergebnissen aus Schritt 2 und Schritt 3.
- Berechnung des Potentials der einzelnen Fraktionen.

Als erstes wurde die Potentialanalyse erstellt. Deren Ergebnis war, dass die TV-Geräte das größte Potential für eine technologische Innovation bieten. Innerhalb der TV-Geräte wurde die Bildschirmröhre als entscheidende Komponente für die Optimierung identifiziert.

Exkurs: Bildschirmröhrenglas

Die Herausforderung beim Recycling vom Bildschirmröhrenglas besteht in der Zusammensetzung dieses Materials. Aufgrund der schwachen Gammastrahlung, die aus der Elektronenquelle austritt, werden das Konusglas mit Blei und das Schirmglas mit Strontium und Barium versetzt.[4] Sowohl bei Blei als auch bei Barium und Strontium handelt es sich um Schwermetalle, für die eine besondere Art der Entsorgung notwendig ist. Bei diesen Materialien besteht eine erhöhte Gefahr, dass die Schwermetalle aus dem Glas in die Umwelt gelangen.

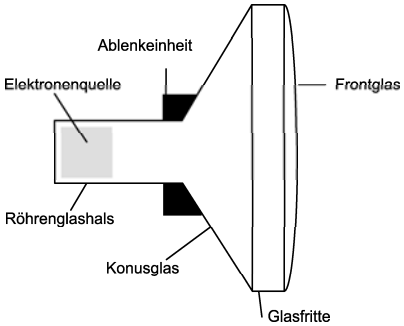

Abbildung 6.5: Aufbau einer Bildschirmröhre

[4] Blei kann für das Schirmglas nicht verwendet werden, da Blei die Scheibe leicht gelb einfärbt.

6.2.2 Informationssuche für das Bildschirmglasrecycling

Bei der Suche nach neuen Technologien wurde zuerst die Ergebnismatrix initialisiert (siehe Abbildung 6.6). Für die weitere Betrachtung soll eine Fokussierung auf die Fraktion des Bildschirmglases erfolgen, weil eine Erörterung aller Fraktionen den Umfang der Arbeit überschreiten würde.

Recycling-objekt	Recycling-objekt+1	Recycling-objekt+2	Wieder-verwendung	Werkstofflich.-Recycling	...
TV-Gerät					
	Konusglas				
		Bleioxid			
		Natrium			
		...			
	Frontglas				
		...			

Abbildung 6.6: Initialisierung der Ergebnismatrix

Nachdem die Ergebnismatrix initialisiert wurde, konnten durch den IPA-Scout neue Technologien gefunden werden (siehe Abbildung 6.7).

Quelle	Kurz-beschreibung	Prozess-Kategorie
http://www.presse.uni-erlangen.de/Aktuelles/Glaeser.html	Entfernung von Schwermetallen durch Mikroorganismen	Kategorie B
http://www.headley.co.uk/german/environment_waste.php	Einsatz in der Bauindustrie	Kategorie B
http://www2.gtz.de/uvp/publika/pdf/de-umweltkatalog-eschrott.pdf	Einsatz in der Bauindustrie	Kategorie A
... ...	... ...	... ...

Abbildung 6.7: Auszug der Ergebnisse aus dem IPA-Scout

Nachfolgend sollen alle gefundenen Technologien für die einzelnen Recyclingprozesse erläutert werden. Für ein abrundendes Bild sollen hierbei auch Technologien berücksichtigt werden, die nicht explizit durch das IT-System eruiert wurden.

Bei der **Nutzung der Geräteart zur Wiederverwendung** wurde von dem IT-System für die kompletten Geräte die Möglichkeit der Wiederverwendung durch

die Reparatur herausgearbeitet. Vor allem durch soziale Betriebe werden viele der Alt-Geräte wieder aufbereitet und in den Verkehr gebracht. Für die Weiterverwendung der Geräteart wurden keine Technologien gefunden.

Die **werkstoffliche Verwertung** von Recyclingtechnologien sieht die Verwendung der Fraktionen vor. Zunächst kann die werkstoffliche Verwertung von Bleiglasfraktionen in der Neuproduktion von Bildschirmröhren eingesetzt werden. Dies besitzt jedoch den Nachteil, dass die Produktion von neuen Bildschirmgeräten in Europa nach und nach eingestellt wird. Große Abnehmermärkte für Bleiglas sind noch China, Malaysia und Brasilien. Geringe Absatzmärkte bestehen noch für stark bleihaltiges Glas bei der Abschirmung von radioaktiven Strahlungen in der Medizin- und Energiebranche. Eine weitere Verwertung des Glases in der Behälterindustrie scheidet aufgrund der Gesetzgebung, die einen derart hohen Bleianteil verbietet, aus. Deshalb besteht die Möglichkeit, das Glas als Sand in die Verarbeitung von Beton zu integrieren. Dies ist jedoch vor allem für das bleihaltige Glas aufgrund des hohen Bleigehalts und der entstehenden Alkalikiesel-Säure-Reaktion nicht möglich. Die Verwendung des Glasmaterials als Schotter ist aufgrund der nur geringen mechanischen Belastbarkeit nicht möglich.

Bei der **rohstofflichen Verwertung** sind die Verfahren eruiert worden, bei denen Mikroorganismen die Glasmatrix aufbrechen und die Schwermetalle, wie beispielsweise Blei, separieren. Diese Ansätze wurden zwar an mehreren Forschungsstellen bearbeitet, befinden sich dennoch in den meisten Fällen im Teststadium. Ein anderer Ansatz beschreibt, wie das Glas wieder eingeschmolzen wird, und die daraus gewonnen Stoffe wieder herausgelöst werden. Das Auslösen des Bleis ist auch durch chemische Verfahren möglich, bei denen die Glasmatrix durch Säure aufgelöst wird und die Stoffe herausgelöst werden.

Die **energetische und thermische Verwertung** werden nicht betrachtet, da es sich hierbei um eine mineralische Zusammensetzung handelt.

Eine **weitere Beseitigungsart** ist der Versatz in Bergwerken, wo das Bildschirmglas als Füllmaterial für die Leerräume genutzt werden kann. In einem Salzstollen wird durch die wasserundurchlässige Umgebung das Auslaugen der Glaszu-

sammensetzungen verhindert.

6.2.3 Bewertung und Integration der Recyclingtechnologien für das Bildschirmglas

Die gefundenen Technologien sollen nun, wie im Abschnitt 4.3 beschrieben, in die vier unten dargestellten Kategorien eingeteilt werden. Dadurch ist eine einfache Weiterbearbeitung der Technologien möglich.

Kriterium	Kategorie A Unrealistisch	Kategorie B Unbekannt	Kategorie C Unrentabel	Kategorie D Realisierbar
Gesetzeskonformität	Verstößt gegen moralische Grundsätze	Keine Hindernisse erkennbar		
Innovationsgrad	Erfindung, neues Konzept oder Entdeckung		Standard- oder Teillösung, Änderung oder Verbesserung	
Umweltverträglichkeit	Umweltbeein-, flussung, Toxisch	Keine Umweltbeeinflussung		
Realisierungsstadium	Laborstadium	Keine Aktivitäten	Unternehmen setzen die Technologie nicht ein	Unternehmen setzen die Technologie ein
Gefundene Technologien	Grundmaterial für Beton	Auslösen durch Mikroorganismen, Isolationsmaterial	Erneuter Schmelz-prozess, Auslösen des Bleis	Strahlenschutz-material
Weitere Maßnahmen	Dokumentieren und Archivieren	Experten befragen	Nutzen einer kontinuierlichen Wirtschaftlich-keitsberechnung	Realisieren

Abbildung 6.8: Matrix der Behandlungsart und Kategorie

Die Technologien in der **Kategorie A** werden nicht weiter betrachtet. Für die Technologien der **Kategorie B** müssen Experten angefragt werden, wie der weitere Prozess erfolgen muss. Das Auflösen von Bleigläsern mit Hilfe von Mikroorganismen wurde bei dem damaligen Forschungsnehmer des Verfahrens erkundet. Die industriellen Realisierungschancen wurden diesem Verfahren nicht eingeräumt. Für die Nutzung des Bildschirmglases als Isolationsmaterial konnte ein Unternehmen gefunden werden, das sich auf die Erzeugung von Isolationsmaterialien aus Glas spezialisiert hat (MisaPor). Für weitergehende Betrachtungen der Eigenschaften, die sich bei der Erzeugung aus Bildschirmglas ergeben,

würden nach Expertenmeinung Versuche in der Höhe von 500.000 Euro vorausgehen. Für die **Kategorie C** müssen die Kosten der Technologien aufgenommen werden. Dies ermöglicht eine kontinuierliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Zuletzt bleibt die Untersuchung der realisierbaren Technologien, die **Kategorie D**. Der Einsatz des Bildschirmröhrenglases als Strahlenschutz entspricht seiner ursprünglichen Funktion in TV-Geräten. Weitere Anwendungsfelder sind entweder die Medizinbranche oder der Atomenergiebereich. Für die Entwicklung eines neuen Absatzweges wurde ein Projekt aufgesetzt, dessen Ziel der Einsatz dieses Glases in einen der oben erwähnten Bereiche war.

Das **Fazit** aus der kategorisierenden Technologiebewertung ergab, dass als einzig realisierbare Technologie der Einsatz als Strahlenschutzmittel angesehen werden kann.

Zur Integration dieser Technologie wurden mehrere Schritte durchgeführt:

- Theoretische Berechnungen bezüglich der Abschirmwirkungen des Bleiglases.
- Experimentelle Überprüfung der Abschirmwirkung des Bleiglases.
- Auswahl der optionalen Anwendungen.
- Aufnahme der Qualitätsanforderungen der Anwendungen.
- Aufnahme der Anlieferungsqualitäten des Glasherstellers für das recycelte Material.
- Durchführen und Unterstützung bei der Produktion des Bleiglases.

Im Folgenden werden die oben genannten Schritte ausführlicher betrachtet.

1. Berechnung bezüglich der Abschirmwirkung des Bleiglases

Die Berechnung der Abschirmwirkung wurde für Bleiglas mit einer Zusammensetzung von 18 Prozent Bleioxid (PbO) und 82 Prozent Siliziumdioxid (SiO_2) durchgeführt. Für diesen Zweck wird zunächst der Masseanteil der einzelnen Substanzen berechnet.

	PbO	SiO_2	Dichte g/cm^3
Stoffgemisch	18 %	82 %	3,00
Masseanteil	0,54	2,46	

Abbildung 6.9: Berechnung des Masseanteils

Anschließend werden die Partialdichten für die einzelnen Elemente innerhalb der Substanzen berechnet.

Elemente	Molmasse	Anzahl Elemente	Anzahl Elemente	Partialdichte
Pb	207,200	1		0,5013
Si	28,086		1	0,5013
O	15,999	1	2	1,3488
		223,1990	60,0840	

Abbildung 6.10: Berechnung der Partialdichten

Zur Berechnung der Absorptionskoeffizienten der einzelnen Elemente wird der Absorptionskoeffizient durch die Dichte der Elemente geteilt und mit den jeweiligen Partialdichten multipliziert.

Elemente	Dichte g/cm^3	Absorptionskoeffizient 100keV 1/cm (csrii)	Resultierender Abs.-koeffizient 1/cm
Pb	11,3400	61,9495	2,7385
Si	2,3300	0,4278	0,2111
O	0,0014	0,0002	0,2083
		Summe:	3,1579

Abbildung 6.11: Berechnung der Absorptionskoeffzienten

2. Praktische Überprüfung der Abschirmwirkung des Bleiglases

Diese Ergebnisse wurden anhand von drei Proben experimentell überprüft. In der nachfolgenden Tabelle wurde daraus der Absorptionskoeffizient berechnet und mit den theoretisch berechneten Ergebnissen verglichen.

Muster	Glasstärke in mm	Abschwächungs-koeffizient theo.	Abschwächungs-koeffizient exp.	Abweichung
Muster A	1,6	5,0527	6,1950	23%
Muster B	1,9	6,0001	8,3012	38%
Muster C	1,7	5,3685	7,0622	32%

Abbildung 6.12: Vergleich der Absorptionskoeffizienten

Um weitere unerwartete Nebeneffekte aufzudecken, wurde ein Glasbaustein gegossen.

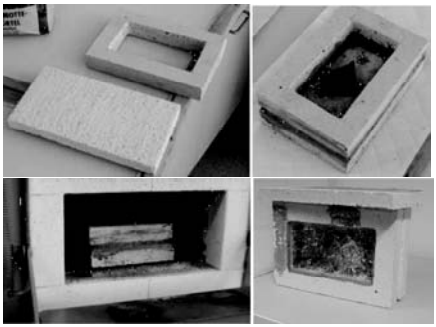

Abbildung 6.13: Glasbaustein

3. Auswahl der optionalen Anwendungsfelder

Als Anwendungsfeld konnte die Energie- oder Medizinbranche eruiert werden. Insbesondere die hohen Anforderungen bezüglich des Einsatzes als Baumaterial im nuklearen Bereich (beispielsweise Bleigehalt in Bergwerken oder die potentielle Staubentwicklung bei verstrahltem Bruchglas) ergeben hier große Probleme. Aus diesem Grund wurde zunächst der technologisch bekannte Weg, nämlich die Verwendung des Bleiglases im medizinischen Bereich als Strahlenschutzwand, gewählt.

4. Aufnahme der Qualitätsanforderungen der Anwendung

Die optischen Eigenschaften des Glases spielen innerhalb dieses Einsatzgebietes eine erhebliche Rolle. Die Anforderungen an eine Strahlenschutzwand sind im Weiteren aufgelistet:

- Vorgegebene Lichttransmission und -brechungswerte müssen eingehalten werden.

- Das Glas muss frei von Einschlüssen sein.
- Eine hohe Transparenz muss vorhanden sein.
- Die UV-Beständigkeit muss gewährleistet sein.
- Die mechanischen Eigenschaften müssen die leichte Bearbeitung erlauben, d.h. die Kanten müssen entgratbar, schleifbar und polierbar sein.
- Die Oberfläche muss stoßfest sein und den hygienischen Ansprüchen genügen. Dies bedingt eine glatte und chemisch resistente Oberfläche.

5. Aufnahme der Anlieferungsqualitäten des Glasherstellers für das recycelte Material

Der Einsatz des Bildschirmglases erfordert eine strenge Input-Spezifikation. Eigenschaften, wie die chemische Zusammensetzung, müssen hierzu ebenso definiert werden wie die Reinheit der Scherben und das zu verwendende Trennungsverfahren zwischen Front- und Konusglas.

6. Durchführung und Unterstützung bei der Produktion medizinischer Gläser

Aufgrund des bekannten Produktionsprozesses mit Bildschirmröhrenglas erscheinen sich für die Verwendung im medizinischen Bereich keine zu erwartenden Schwierigkeiten zu ergeben. Der Einsatz des Konusglases zur Produktion von Strahlenschutzwänden könnte daher erfolgen.

6.3 Bewertung der Evaluation

Die Problemstellung der Arbeit ist, dass den Recyclingunternehmen nicht immer die relevanten Informationen über neue Technologien mit ihnen zur Verfügung

stehenden Ressourcen effizient finden können. Diese anspruchsvolle Herausforderung wurde mit Hilfe eines IT-Systems für das Technologie-Scouting in Recyclingunternehmen und einer adaptierten Vorgehensweise beseitigt. Die Evaluation des IT-Systems ergab, dass die gefundenen Internetdokumente Technologien für die gesuchten Bedarfe beinhalten. Eine Überprüfung durch Experten konnte bestätigen, dass keine bekannte Technologie für das Recycling des Bildschirmglases übersehen wurde. Hier sei daher darauf hingewiesen, dass trotz aller informationstechnischen Unterstützung während des Technologie-Scoutings die menschlichen Experten zur Kontrolle unverzichtbar sind. Durch das IT-System ist somit mit geringem wirtschaftlichem Einsatz das Suchen nach neuen Technologien möglich. Die Anforderung, eine möglichst ressourcenschonende Lösung zu erstellen, wurde dadurch erreicht.

Die Vorgehensweise der sechs oben genannten Prozessschritte des Technologie-Scoutings initiiert eine einfache und standardisierte Integration der gefundenen Technologien in Unternehmen. Dadurch besteht eine Möglichkeit, die Innovationen für die Unternehmen nutzbar zu machen. Gerade die kategorisierende Bewertung der Technologien erspart den Unternehmen nicht nur einen hohen Aufwand, sondern setzt auch die Grundlagen für eine dynamische und kontinuierliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Die ausgewählte Technologie für das Recycling des Bildschirmglases ermöglicht einen effizienten Einsatz. Nicht zuletzt wurde dadurch gezeigt, dass Bildschirmglas für weitere Anwendungen brauchbar ist und der Grundstein für neue Applikationen, wie der Einsatz im Strahlenschutz, gelegt wurde.

Zusammenfassend können die Ergebnisse dieser Arbeit als neu und innovativ beschrieben werden. Das Finden neuer Technologien ermöglicht eine wirtschaftliche Verbesserung und somit eine Absicherung der Arbeitsplätze. Eventuell können durch die Verwendung neuer Technologien sogar zusätzliche Arbeitsplätze gewonnen und ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden.

7 Zusammenfassung und kritische Würdigung

Unternehmen der Recyclingbranche stehen heute vor der schwierigen Aufgabe, die Produkte umweltfreundlich und kostengünstig zu recyceln. Dabei müssen sich die Recyclingunternehmen nicht nur einer starken internationalen Konkurrenz stellen, sondern auch die steigenden gesetzlichen Anforderungen einhalten. Um dies zu erreichen, benötigen die Unternehmen neue und effizientere Recyclingtechnologien.

Eine große Auswahl an Informationen über Recyclingtechnologien bieten in der heutigen Zeit moderne Medien. Unter anderem gewinnt insbesondere das Internet bei der Suche nach neuen Technologien ständig an Bedeutung. Der Gebrauch des Internets stellt jedoch die Unternehmen vor erhebliche Herausforderungen, weil sie in der riesigen Informationsmenge die relevanten herausfinden müssen.

Zudem kommen im Internet mehrere Millionen neue Seiten pro Woche zu den bereits bestehenden hinzu. Daher erscheint die Identifikation der relevanten Technologien für die Recyclingunternehmen mit eigenen Mitteln äußerst problematisch.

Einerseits stehen den Unternehmen dadurch nahezu unbegrenzt viele Informationen zur Verfügung, andererseits müssen diese auch verarbeitet werden. Dies ist mit den vorhandenen Ressourcen nicht immer realisierbar. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass eine ungeeignete Technologieauswahl zu einem Zeitverlust, unnötigen Aufwendungen und sogar zur Umweltverschmutzung führen kann.

Aus der beschriebenen Problemstellung konnte deswegen die Zielsetzung abgeleitet werden, den Recyclingunternehmen unter Berücksichtigung ihrer Ressourcen eine Unterstützung bei der Suche nach neuen Technologien zu bieten. Hiermit sollen die Recyclingunternehmen befähigt werden, sich kosteneffizient mit neuesten Informationen über innovative Technologien zu versorgen.

Zur Sicherstellung dieses Ziels wurden zwei Lösungsansätze gewählt, die zusammen bearbeitet wurden: die Automatisierung, um eine kapazitätsschonende Suche zu initiieren, und die Vereinfachung, Strukturierung und Standardisierung, um eine einfache Bearbeitung zu erreichen.

Im Folgenden wurden zwei Aufgaben formuliert: Die Entwicklung eines IT-Systems, das mit Hilfe der Algorithmen des Information Retrievals und auf Basis einer spezifischen Modellierung die automatisierte Suche nach neuen Technologien ermöglicht, und eine Vorgehensweise, die auf Basis des bestehenden Technologie-Scoutings eine Vereinfachung, Strukturierung und Standardisierung bei der Suche nach innovativen Technologien gewährleistet. Die Verwendung des Technologie-Scoutings in diesem Fall ist vorteilhaft, weil dies die bereits eingesetzte, unterstützende Methode beim Suchen, Finden und Implementieren von Technologien in Unternehmen ist.

Bei der Entwicklung des IT-Systems wurde auch das Internet mit berücksichtigt, da das Internet durch die große Menge an Informationen ein hohes Potential zum Finden neuer Technologien bietet. Darüber hinaus war die Integration des Verfahrens in die Geschäftsprozesse zur Erreichung einer nachhaltigen Vorgehensweise von hoher Bedeutung, ebenso wie die Gestaltung eines IT-Systems, das zum einen die Ressourcen von Recyclingunternehmen nicht überfordert und gleichzeitig so transparent ist, dass das Vorgehen in diesem System für den Anwender nachvollziehbar ist.

Die Untersuchung des Stands der Technik legte die Defizite frei, die bei der bestehenden Technologie-Scouting-Methode sichtbar sind. Zunächst wurde erkannt, dass bei der Bedarfsanalyse nicht die wesentlichen Objekte für das Technologie-Scouting identifiziert wurden. Die Einbindung neuer Medien erwies sich

als noch unzureichend, und die relevanten Informationen konnten nicht ressourceneffizient gefunden werden. Im Weiteren ergab sich bei der Bewertung der Technologien ein hoher Verbesserungsbedarf, da der bisherige Ressourceneinsatz bei der Technologiebewertung zu hoch war.

Die einzelnen Defizite des bestehenden Technologie-Scoutings wurden durch drei neue Elemente eliminiert. Das erste Element war eine Fokussierung auf die Fraktionen mit dem höchsten theoretischen Verbesserungspotential. Durch die Berechnung der Fraktionspreise und deren Bestandteile in Kombination mit den verarbeitenden Mengen ist es nun möglich, das größte Potential, das durch eine neue Technologie erreicht werden kann, vorherzusagen. Das zweite Element ist die Informationsmodellierung, um eine systematische und automatische Suche zu realisieren. Mit Hilfe der Information Retrieval Methoden werden Lösungsmengen modelliert, um die potentiellen Recyclingtechnologien zu erfassen. Diese Modellierung gewährleistet auch das gezielte Stellen von Suchanfragen, um auf neue Optionen für Recyclingtechnologien zu schließen. Nicht zuletzt ermöglicht das dritte Element eine kategorisierende Technologiebewertung und die Auswahl der aussichtsreichen Technologien für die Investitionsbewertung. Dadurch werden Ressourcen für die unnötige Bewertung von Technologien eingespart. Diese Elemente wurden anschließend in einen Prozess implementiert, um ihre Integration in den Unternehmen zu erleichtern.

Die Evaluation wurde in einem Recyclingunternehmen für Elektroaltgeräte durchgeführt. Hierzu wurde das entwickelte IT-System eingesetzt und für die bei diesem Unternehmen vorhandenen Fraktionen initialisiert. Durch das entwickelte IT-System konnten unterschiedliche Optionen für neue Recyclingtechnologien bezüglich der ausgewählten Fraktion des Bildschirmglases gefunden werden. Hierbei konnte eine Option (der Einsatz im medizinischen Strahlenschutz) als realisierbar und implementierbar evaluiert werden. Als eine weitere Herausforderung stellt sich die Skalierung auf größere Anwendungsbereiche, wie beispielsweise der Strahlenschutz von atomaren Endlagern, heraus.

Diese Arbeit bereitet somit den Weg zu einer informationstechnischen Unter-

stützung des Technologie-Scoutings und zu einer Integration in den normalen Geschäftsprozess. Eine Verallgemeinerung des Verfahrens auf andere Industriezweige ist denkbar und kann somit dem Verfahren in der Praxis zu einer größeren Verbreitung helfen. Die weiteren Entwicklungen in diesem Themenfeld können auf dieser Arbeit aufgebaut werden und methodisch in den Bereich des Business Development gehen. Unternehmen können damit neue Technologien und Märkte für sich erschließen. Hierzu müssen Modifikationen am Aufbau des Systems vorgenommen werden, da der Informationsbedarf sich ständig verändert. Das IT-System könnte um eine Computer-linguistische Ebene erweitert werden, um eine noch bessere Suche möglich zu machen.

8 Summary and critical appraisal

Today, recycling companies are confronted with the difficult task of recycling of products in an environmentally friendly and efficient way. At the same time, they are faced with strong international competition and must comply with increasing legal requirements. For these reasons, they are in constant need of new and more efficient recycling technologies.

Modern media offer a large quantity of information on recycling technologies. Especially the Internet is becoming increasingly important as a medium of information. The use of the Internet, however, presents the companies with the major challenge of finding the relevant information from a vast amount of data. Moreover, millions of new sites are added each week to the Internet. Identifying the relevant technologies from this ocean of information poses a real problem for recycling companies.

Sure enough, companies are enabled to access a virtually unlimited wealth of information; but then, this information needs processing - a task that often cannot be accomplished with the available resources. There is also the risk that an inappropriate choice of technologies leads to a loss of time, unnecessary expense and even to environmental pollution.

Based on this problem statement, the objective is to support recycling companies in their search for new technologies while taking account of their resource constraints. The support is meant to help recycling companies to provide themselves with the latest information on innovative technologies at a reasonable cost. To achieve this objective, two methods were chosen, which are applied in combi-

nation: The first makes use of automation, enabling a limited-capacity search process, while the second implies simplification, structuring and standardization to facilitate processing.

In the next step, two tasks were defined: The development of an IT system which uses both information retrieval algorithms and a specific modeling approach to enable the automated search for new technologies, and the adoption of a method based on the existing technology scouting process which supports the simplified, structured and standardized search for innovative technologies. Here, the use of technology scouting provides the advantage that the method is already used to support companies in searching, finding and implementing technologies.

The development of the IT system tapped the potential of the Internet, which offers a vast volume of data to be exploited in the search for new information. Moreover, integrating the method into the business processes was key to establishing a sustainable process. The same goes for the design of the IT system, which avoids overspending the resources of recycling companies while making the individual steps of the IT system sufficiently transparent to the user.

A review of the state of the art revealed the deficiencies of the existing technology scouting process. For a start, it was discovered that the analysis of requirements did not identify the objects relevant to technology scouting. The integration of new media proved to be insufficient, and relevant information could not be found with limited resources. Moreover, technology assessment required considerable improvement, as assessing the individual technologies turned out to be time-consuming and expensive.

Three new elements were introduced to eliminate these deficiencies. The first element focuses on fractions that - in theory - hold the greatest potential for improvement. By calculating the cost of the fractions and their components in combination with the quantities to be processed, it is now possible to predict the largest potential to be achieved by a new technology. The second element deals with information modeling to enable a systematic and automated search. Information retrieval methods are used to model solution sets that record the

potential recycling technologies. This modeling process allows precise searches that identify new options for recycling technologies. The third element enables category - based technology assessment and the selection of the most promising technologies for an investment valuation. This avoids wasting resources for an unnecessary assessment of technologies. In the end, these elements were combined in a process to allow for their easy integration into the business.

Evaluation took place in a recycling company for waste electrical equipment. The developed IT system was employed and initialized for the fractions processed in this company. The IT system identified a number of options for new recycling technologies for the selected fractions of CRT glass. One of these options (i.e. the use for medical radiation protection) was evaluated as feasible and implementable. Another challenge presents the scale-up for larger applications such as the radiation protection for permanent storage sites for nuclear waste.

This PhD thesis paves the way for IT-supported technology scouting and integrates it with regular business processes. The method can be generalized to make it applicable to other industries, enabling a more widespread practical use. Further developments in this field can build upon this work and be methodically extended to the area of business development. It enables companies to access new technologies and markets. Since information needs will be different, the structure of the system must be modified. Linguistic methods can be added to the IT system to improve searches. Another stage could be the combination of the existing system with technology financing. The correlations between the development of a technology and the raw material prices could safeguard the development of the new technology and even ensure its financing by naked sales.

Literaturverzeichnis

[Altshuller 1984] ALTSHULLER, Genrikh S.: Creativity as an exact science. New York: Gordon and Breach, 1984

[Ansoff 1976] ANSOFF, I.: Management surprise and discontinuity - strategic response to weak signals: Die Bewältigung von Überraschung - Strategische Reaktionen auf schwache Signale. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (1976), S. 129–152

[AVV] AVV: Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), die zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 15. Juli 2006 (BGBl. I S. 1619) geändert worden ist: AVV. – URL `http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/avv/gesamt.pdf`. – Zugriffsdatum: 16.02.2010

[Backhaus u. a. 1996] BACKHAUS, Klaus; ERICHSON, BERND; PLINKE, Wulff; WEIBER, Rolf: Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung; mit 205 Tabellen. 8., verb. Aufl. Berlin: Springer (Springer-Lehrbuch), 1996. – ISBN 3-540-60917-2

[Bilitewski u. a. 1991] BILITEWSKI, Bernd; HÄRDTLE, Georg; MAREK, Klaus: Abfallwirtschaft: Eine Einführung. 2., korr. Nachdr. Berlin: Springer, 1991. – ISBN 3-540-51116-4

[BMU 2010] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU): Nachhaltigkeit als Integrationsaufgabe (2010). URL `http://www.bmu.de/nachhaltige_entwicklung/stategie_`

und_umsetzung/praktizierte_nachhaltigkeit/doc/2397.php. – Zugriffsdatum: 31.01.2010

[Brandenburg 2001] BRANDENBURG, Frank: Methodik zur Planung technologischer Produktinnovationen. Aachen: Shaker, 2002 (Berichte aus der Produktionstechnik 2002,7). Aachen, RWTH, Dissertation, 2001

[BrightPlanet 2000] BRIGHTPLANET: BrightPlanet: Pioneers in Harvesting the Deep Web (2000). URL http://www.mpi-inf.mpg.de/departments/d5/teaching/ws01_02/proseminarliteratur/deepwebwhitepaper.pdf. – Zugriffsdatum: 31.01.2010

[Bullinger 1996] BULLINGER, Hans-Jörg: Technologiemanagement. In: EVERSHEIM, Walter (Hrsg.); SCHUH, Günther (Hrsg.): Hütte - Das Ingenieurwissen. Berlin: Springer, 1996. – ISBN 0-387-59360-8

[Bullinger 2003] BULLINGER, Hans-Jörg: Kunststück Innovation: Praxisbeispiele aus der Fraunhofer-Gesellschaft. Berlin; Heidelberg: Springer, 2003. – ISBN 3-540-43987-0

[Buzinkay 2006] BUZINKAY: Ask.com: Was ist der ExpertRank? (2006). – URL http://www.buzinkay.net/blog-de/2006/06/askcom-was-ist-der-expertrank. – Zugriffsdatum: 31.01.2010

[Cloodt 2009] CLOODT, Thomas; CLOODT QUALITÄTSMANAGEMENT (Hrsg.): Paarweiser Vergleich (2009). URL http://www.cloodt.de/Dateien/PDF/1paarver.pdf. – Zugriffsdatum: 30.01.2010

[Cord-Landwehr 2002] CORD-LANDWEHR, Klaus: Einführung in die Abfallwirtschaft; mit 95 Tafeln und zahlreichen Beispielen. 3., überarb. und aktualisierte Aufl. Stuttgart: Teubner (Teubner Lehrbuch), 2002. – ISBN 3-519-25246-5

[Decree 2005-829] DECREE 2005-829: Decree 2005-829 on the design of EEE and the elimination of WEEE. Decree no 2005-829 of 20 July 2005

(franz.: Décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005 relatif à la composition des équipements électriques et électroniques et à l'élimination des déchets issus de ces équipements, 20.05.2005)

[DMOZ 2009] DMOZ: About the Open Directory Project (2009). – URL http://www.dmoz.org/docs/de/about.html. – Zugriffsdatum: 31.01.2010

[Doedens 1991] DOEDENS, H.; DOEDENS, H. (Hrsg.): Abfallwirtschaft (Vorlesungsumdrucke an der Universität Hannover). Unveröffentlicht, 1991

[Dudenredaktion 2001] DUDENREDAKTION: Der Duden in zwölf Bänden. Bd. 5: Duden Fremdwörterbuch. 7., neu bearb. und erw. Aufl. Mannheim: Dudenverlag, 2001. – ISBN 3-411-20915-1

[Dully u. a. 2009] DULLY, Stefan; LÜCKEFETT, Hans-Jochen; ULBRICHT, Carsten; WESTKÄMPER, Engelbert: National Registration for Producers of Electronic Waste. Bd. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-92746-4. Berlin; Heidelberg: Springer, 2009. – ISBN 978-3-540-92745-7

[Dully u. a. 2007] DULLY, Stefan; SIHN, Wilfried; SCHMITZ, Klaus; MORAWETZ, Christian; HORNBERGER, Markus: Virtual Recycling Centre Centrope. In: KERP CENTER OF EXCELLENCE ELECTRONICS & ENVIRONMENT (Hrsg.): Proceedings of ECO-X 2007 Second International Conference, 2007, Wien, S. 25–30. – ISBN 978-3-200-00920-2

[Ertel 1996] ERTEL, Jürgen: Gesetze und Vorschriften. In: NICKEL, Werner (Hrsg.): Recycling-Handbuch. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1996, S. 16–31. – ISBN 3-18-401386-3

[Fallows 2005] FALLOWS, Deborah; PEW INTERNET & AMERICAN LIFE PROJECT (Hrsg.): Search Engine Users: Internet searchers are confident, satisfied and trusting – but they are also unaware and naïve (2005). – URL http://www.pewinternet.org/~/media//Files/Reports/2005/PIP_Searchengine_users.pdf.pdf. – Zugriffsdatum: 26.01.2010

[Ferber 2003] FERBER, Reginald: Information Retrieval: Suchmodelle und Data-Mining-Verfahren für Textsammlungen und das Web. 1. Aufl. Heidelberg: dpunkt-Verl., 2003. – ISBN 3-89864-213-5

[Fuhr 2004] FUHR, Norbert: Information Retrieval Skriptum zur Vorlesung im SS04. Universität Duisburg, 2004. – URL http://www.is.informatik.uni-duisburg.de/courses/ir_ss04/folien/irskall.pdf

[Gausemeier 1995] GAUSEMEIER, Jürgen: Szenario-Management: Planen und Führen mit Szenarien. München: Hanser, 1995. – ISBN 3-446-18169-5

[Geschka 1995] GESCHKA, H.: Methoden der Technologiefrühaufklärung und der Technologievorhersage. In: ZAHN, Erich (Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1995, S. 623-644. – ISBN 3-7910-0758-0

[Google 2010] GOOGLE 2010: Google Nutzungsbedingungen (2010). – URL http://www.google.de/accounts/TOS. – Zugriffsdatum: 05.11.2010

[Grundgesetz 1949] GRUNDGESETZ: Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland, Stand: 21. Juli 2010. 1949. – URL http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/gg/gesamt.pdf. – Zugriffsdatum: 31.01.2010

[Harbich 2008] HARBICH, Ronny: Webcrawling: Die Erschließung des Webs, Magdeburg (2008). – URL http://www-e.uni-magdeburg.de/harbich/webcrawling/webcrawling.pdf. – Zugriffsdatum: 31.01.2010

[Heeren 2003] HEEREN, Frank: Empfehlung von Personen definierter Themenfelder durch Nachrichtenanalyse in produzierenden Unternehmen. Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2003 (IPA-IAO-Forschung und Praxis; 384). Stuttgart, Universität Stuttgart, Dissertation, 2003

[Hering 1999] HERING, Ekbert (Hrsg).: Taschenbuch für Wirtschaftsingenieure. München: Fachbuchverl. Leipzig im Carl-Hanser-Verl., 1999. – ISBN 3-446-21149-7

[Hoffmeister 2000] HOFFMEISTER, Wolfgang: Investitionsrechnung und Nutzwertanalyse: Eine entscheidungsorientierte Darstellung mit vielen Beispielen und Übungen. Stuttgart: Kohlhammer, 2000. – ISBN 3-17-016353-1

[Hommel und Pritsch 1999] HOMMEL, Ulrich; PRITSCH, Gunnar: Marktorientierte Investitionsbewertung mit dem Realoptionsansatz: Ein Implementierungsleitfaden für die Praxis. In: Finanzmarkt und Portfolio Management 13 (1999), Nr. 2, S. 121–144

[Hopfenbeck u. a. 1996] HOPFENBECK, Waldemar; JASCH, Christine; JASCH, Andreas: Lexikon des Umweltmanagements. Landsberg/Lech: Verl. Moderne Industrie, 1996. – ISBN 3-478-39290-X

[Hulpke u. a. 1993] HULPKE, Herwig; HILLEN, Elisabeth; RÖMPP, Hermann: Römpp-Lexikon Umwelt (Römpp-Chemie-Lexikon; Sonderband). Stuttgart: Thieme, 1993. – ISBN 3-13-736501-5

[Janusz-Renault 2008] JANUSZ-RENAULT, Gabriela: Modell zur produkttypenspezifischen Bestimmung der ökologisch optimalen Nutzungsdauer. Berlin, Technische Univiversität, Dissertation, 2008. – URL `http://opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2008/2046/pdf/januszrenault_gabriela.pdf`

[Jung 2004] JUNG, Hans: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 9., überarb. Aufl. München: Oldenbourg, 2004. – ISBN 3-486-27587-9

[Kamphusmann 2002] KAMPHUSMANN, Thomas: Text mining: Eine praktische Marktübersicht. Düsseldorf: Symposion Publ., 2002. – ISBN 3-936608-00-8

[Kopcsa und Schiebel 1995] KOPCSA, Alexander; SCHIEBEL, Edgar; ARC SEIBERSDORF RESEARCH GMBH (Hrsg.): Methodisch-theoretische Abhandlung über bibliometrische Methoden und ihre Anwendungsmöglichkeiten in der industriellen Forschung und Entwicklung: Endbericht zum Projekt Nr. 3437 im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst. 1995

[Kopcsa und Schiebel 1998] KOPCSA, Alexander; SCHIEBEL, Edgar; ARC SEIBERSDORF RESEARCH GMBH (Hrsg.): Ein bibliometrisches F&TE-Monitoringsystem für Unternehmen: Endbericht zum Projekt Nr. S.61.3833 im Auftrag des Bundesministreriums für Wissenschaft und Verkehr GZ. 49.965/2-II/4/96. 1998

[Kröll 2007] KRÖLL, Markus: Methode zur Technologiebewertung für eine ergebnisorientierte Produktentwicklung. Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007 (IPA-IAO-Forschung und Praxis; 468). Stuttgart, Universität Stuttgart, Dissertation, 2007

[KrW-/AbfG] KRW-/ABFG: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG): (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG), Ausfertigungsdatum: 27.09.1994, zuletzt geändert durch Art. 3 G v. 11.8.2009 I 2723

[Krystek 1993] KRYSTEK, Ulrich: Frühaufklärung für Unternehmen: Identifikation und Handhabung zukünftiger Chancen und Bedrohungen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1993. – ISBN 3-7910-0639-8

[Laube 2008] LAUBE, Thorsten: Methodik des interorganisationalen Technologietransfers. Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2009 (IPA-IAO-Forschung und Praxis; 483). Stuttgart, Universität Stuttgart, Dissertation, 2008

[Lewandowski 2005] LEWANDOWSKI, Dirk: Web Information Retrieval: Technologien zur Informationssuche im Internet. Frankfurt am Main: Deutsche Gesellschaft für Informationswissenschaften und Informationspraxis, 2005 (DGI. Bd. 7). Düsseldorf, Deutsche Gesellschaft für Informationswissenschaft und Informationspraxis, Dissertation, 2005. – URL `http://www.gbv.de/dms/ilmenau/toc/5004444439lewan.pdf`

[Lischka 2009] LISCHKA, KONRAD; KREMP, MATTHIAS: Was der Google-Gegner weiß - und was nicht (2009). – URL `http://www.spiegel.de/netzwelt/web/0,1518,623122,00.html`. – Zugriffsdatum: 09.01.2010

[marketingman 2004] MARKETINGMAN; MARKETINGMAN - ONLINE MARKETING MAGAZIN (Hrsg.): Internet wichtigste Informationsquelle für Technologie-Käufer (2004). – URL http://www.marketingman.de/news/Internet-wichtigste-Informationsquelle-fuer-Technologie-Kaeufer-68.html. – Zugriffsdatum: 26.01.2010

[Mierswa u. a. 2006] MIERSWA, I.; WURST, M.; KLINKENBERG, R.; SCHOLZ, M. ; EULER, T.: Yale (now RapidMiner): Rapid Prototyping for Complex Data Mining Tasks. In: Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD 2006), 2006

[Nebl 2007] NEBL, Theodor: Produktionswirtschaft. 6., vollst. überarb. und erw. Aufl. München: Oldenbourg, 2007 (Lehr- und Handbücher der Betriebswirtschaftslehre). – ISBN 978-3-486-58493-6

[Nickel 1996] NICKEL, Werner (Hrsg.): Recycling-Handbuch: Strategien - Technologien - Produkte. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1996. – ISBN 3-18-401386-3

[Norm DIN 69900] NORM DIN 69900: 2009-01: Projektmanagement - Netzplantechnik; Beschreibungen und Begriffe

[Norm DIN 8580] NORM DIN 8580: 2003-09: Fertigungsverfahren - Begriffe, Einteilung

[Norm DIN EN ISO 14044] NORM DIN EN ISO 14044: 2006-10: Umweltmanagement, Ökobilanz, Anforderungen und Anleitungen

[Norm ISO/IEC 2382-1] NORM ISO/IEC 2382-1: 1993-11-15: Information Technology - Vocabulary

[Ntoulas u. a. 2004] NTOULAS, Alexandros ; CHO, Junghoo ; OLSTON, Christopher: What's New on the Web? The Evolution of the Web from a Search Engine Perspective (2004). – URL http://oak.cs.ucla.edu/~ntoulas/pubs/ntoulas_new.pdf. – Zugriffsdatum: 26.01.2010

[Paul 1996] PAUL, Matthias: Szenariobasiertes Konzipieren neuer Produkte des Maschinenbaus auf Grundlage möglicher zukünftiger Technologieentwicklungen. Paderborn: HNI-Verlagsschriftreihe, 1996 (HNI-Verlagsschriftreihe; Bd. 11). Paderborn, Universität-GH Paderborn, Dissertation, 1996

[PC WELT 2010] PC WELT: Suchagenten: Vorteile (2010). – URL http://www.pcwelt.de/start/dsl_voip/online/praxis/15841/suchagenten_komfortabel_finden/index2.html. – Zugriffsdatum: 31.01.2010

[Pleuß 2006] PLEUSS, Peter O.: Konzept zur Internetnutzung bei der Technologiefrüherkennung. Düsseldorf: Zukünftige Technologien Consulting, 2006, Clausthal Technische Universität, Dissertation, 2006

[Probst u. a. 2010] PROBST, Gilbert; RAUB, Steffen ; ROMHARDT, Kai: Wissen managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. 6. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2010. – ISBN 978-3-8349-1903-8

[Ranking 2010] RANKING-ABC 2010: Die Funktion von Meta Suchmaschinen (2010). – URL http://www.ranking-abc.de/metasucher.html. – Zugriffsdatum: 05.11.2010

[Rehm 2004] REHM, Rüdiger: Spannungsfeld Serienanlauf: In: Management Circle (Hrsg.): Optimales Anlaufmanagement in der Praxis: 28. April 2004, München. 2004

[Richtlinie VDI 2243] RICHTLINIE VDI 2243: Korrigierter Nachdruck 2002-10: Recyclingorientierte Produktentwicklung

[Richtlinie VDI 3780] RICHTLINIE VDI 3780: 2000-09: Technikbewertung Begriffe und Grundlagen

[Rohrbeck 2007] ROHRBECK, Rene: Technology Scouting - a case study on the Deutsche Telekom Laboratories: Paper presented at the ISPIM-Conference 2007, 9th-12th January 2007, New Dehli, India, 2007

[Rumbaugh u. a. 2003] RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivar; BOOCH, Grady: The unified modeling language reference manual: [the definitive reference to the UML from the original designers]. 5. print. Reading, Mass.: Addison-Wesley (The Addison-Wesley object technology series), 2003. – ISBN 0-201-30998-X

[Schlummer und Mäurer 2006] SCHLUMMER, Martin; MÄURER, Andreas: Recycling of styrene polymers from shredded screen housings containing brominated flame retardants. In: Journal of Applied Polymer Science 102 (2006), Nr. 2, S. 1262–1273

[Schöps und Bergmann 2004] SCHÖPS, K.; BERGMANN, H.: Metallentfernung und Mikrobiologie: Ergebnisse der Behandlung von Kühlschmierstoffen – Teil 2: Aspekte der biologischen Behandlung von Kühlschmierstoffen aus dem Kupferdrahtzug. In: Galvanotechnik 102 (2004), Nr. 2, S. 314. – URL `http://www.leuze-verlag.de/gt/heft/aufsatz/200402/GT-314-323.pdf`. – Zugriffsdatum: 24.01.2010

[Schröder u. a. 2003] SCHRÖDER, Hans-Horst; JETTER, Antonie; SCHIFFER, Gregor: Strategische Frühinformation: Bewältigung diskontinuierlicher Zukunftsentwicklungen in Klein- und Mittelbetrieben durch ein Instrumentarium zur Identifikation und Verarbeitung schwacher Signale. München: TCW Transfer-Centrum, 2003. – ISBN 3-934155-15-4

[Schubert 1996] SCHUBERT, Gert: Recyclingprozesse. In: NICKEL, Werner (Hrsg.): Recycling-Handbuch. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1996, S. 88–248. – ISBN 3-18-401386-3

[Schwarz 2006a] SCHWARZ, Jan O.: The future of futures studies: A delphi study with a German perspective. 1. Aufl. Aachen: Shaker, 2006. – ISBN 3-8322-5013-1

[Schwarz 2006b] SCHWARZ, Jan O.: Über den Umgang mit der Zukunft in den Unternehmen (2006). – URL `http://www.perspektive-blau.de/artikel/0607a/print.htm`. – Zugriffsdatum: 12.01.2010

[Spath 2001] SPATH, Dieter: Vom Markt zum Produkt: Impulse für die Innovationen von morgen. Stuttgart: LOG X-Verl., 2001. – ISBN 3-932298-18-7

[Spath 2004] SPATH, Dieter: Forschungs- und Technologiemanagement: Potenziale nutzen - Zukunft gestalten. München: Hanser, 2004. – ISBN 3-446-22911-6

[Statistisches Bundesamt 2005] STATISTISCHES BUNDESAMT: Informationstechnologie in Unternehmen und Haushalten 2004. Wiesbaden, 2005

[Steinhilper 2009] STEINHILPER, Rolf: Remanufacturing und Recycling. In: BULLINGER, Hans-Jörg (Hrsg.); SPATH, Dieter (Hrsg.); WARNECKE, Hans-Jürgen (Hrsg.); WESTKÄMPER, Engelbert (Hrsg.): Handbuch Unternehmensorganisation. Berlin: Springer, 2009, S. 273–293. – ISBN 978-3-540-87595-6

[Sumo 2010] SUMO 2010: Definition: Verzeichnis (2010). – URL `http://www.sumo.de/definition-verzeichnis.html`. – Zugriffsdatum: 05.11.2010

[UNO] UNO: AGENDA 21: Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung. Juni 1992. – URL `http://www.un.org/Depts/german/conf/agenda21/agenda_21.pdf`. – Zugriffsdatum: 31.01.2010

[Varian und Buchegger 1995] VARIAN, Hal R.; BUCHEGGER, Reiner: Grundzüge der Mikroökonomik. 3., überarb. und erw. Aufl. München: Oldenbourg (Internationale Standardlehrbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften), 1995. – ISBN 3-486-22972-9

[Web-at 2010] WEB-AT 2010: Suchagenten (2010). – URL `http://www.at-web.de/suchagenten/lexibot.htm`. – Zugriffsdatum: 05.11.2010

[Webkatalog 2010] WEBKATALOG 2010 (2010): Webkataloge. – URL `http://www.webkataloge.biz/index.php?aktion=alle`. – Zugriffsdatum: 05.11.2010

[WEEE] WEEE: RICHTLINIE 2002/96/EG DES EUROPAEISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 27. Januar 2003 über Elektro- und

Elektronik-Altgeraete: (en. waste electrical and electronic equipment - weee). – URL http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:037:0024:0038:de:PDF. – Zugriffsdatum: 24.01.2010

[Weißbuch-IPP 2003] WEISSBUCH-IPP: KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (Hrsg.): Integrierte Produktpolitik: Auf den ökologischen Lebenszyklus-Ansatz aufbauen. Brüssel, 2003

[Westkämper 2008] WESTKÄMPER, Engelbert: Sustainable Manufacturing and Assembly: In: 2nd CIRP Conference on Assembly Technologies and Systems: Proceedings of 2nd CATS, S. 2-15. 2008

[Westkämper und Jovane 2009] WESTKÄMPER, Engelbert ; JOVANE, Francesco: Towards Competitive Sustainable Manufacturing. In: JOVANE, Francesco (Hrsg.); WESTKÄMPER, Engelbert (Hrsg.); WILLIAMS, David (Hrsg.): The ManuFuture Road. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009. – ISBN 978-3-54077011-4

[Wöhe und Döring 1996] WÖHE, Günter; DÖRING, Ulrich: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 19., neubearb. Aufl. München: Vahlen (Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften), 1996. – ISBN 3-8006-2092-8

[Wolff 1992] WOLFF, M. F.: Scouting for Technology. In: Research Technology Management vol. 35, No. 2 (1992), S. 10–12

[Zielasek 1995] ZIELASEK, Gotthold: Projektmanagement: Erfolgreich durch Aktivierung aller Unternehmensebenen. Berlin: Springer, 1995. – ISBN 3-540-59295-4

[Zinser 2000] ZINSER, Stephan: Eine Vorgehensweise zur szenariobasierten Frühnavigation im strategischen Technologiemanagement. Heimsheim: Jost-Jetter, 2000 (IPA-IAO-Forschung und Praxis; 323). Stuttgart, Universität Stuttgart, Dissertation, 2000

[Zipf 1949] ZIPF, George K.: Human Behaviour and the Principle of Least Effort. In: Cambridge, Mass. Addison-Wesley (1949)