

TU

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

DISSERTATION

TQM, LCA und Nachhaltige Entwicklung unterstützt durch intelligente flexible Metrologie und Demontage und Wiederverwertung gebrauchten Produkten in unterschiedlich industrialisierter Umgebung

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der technischen Wissenschaft

unter der Leitung von:

O.Univ. Prof. Dr. techn. Dr.mult.h.c. Peter Herbert OSANNA

E 311-3
Institut für Fertigungstechnik
Abteilung Austauschbau und Messtechnik

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Mag. Halima Tahirova

0127334
Tigergasse 23-27/11/1
A-1080 Wien, Österreich

Wien, im März 2006

Mag. Halima Tahirova

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all jenen herzlich bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beitragen haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.Dr.mult.h.c. P. Herbert Osanna, Leiter der Abteilung Austauschbau und Messtechnik am Institut für Fertigungstechnik, der mich bei der Bearbeitung meines Dissertationsthemas begleitet und durch angeregte Diskussionen die Entwicklung der Arbeit unterstützt hat.

Auch Herrn o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.mult.h.c. Peter Kopacek, Leiter des Instituts für Handhabungsgeräte und Robotertechnik danke ich für sein Interesse an meiner Arbeit und für die Bereitschaft, als Gutachter die wissenschaftliche Aussprache zu begleiten.

Mein besonderer Dank gilt Herrn ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. M.N. Durakbasa, der mich die ganze Zeit über begleitet hat, jeden Aspekt meiner Dissertation mit viel Einsatz überarbeitet und diskutiert hat.

Weiter danke ich Herrn Univ.Ass. Prof.h.c. Dipl.-Ing. Dr.techn. A. Afjehi-Sadat. Er hat mich immer unterstützt und mir auf seine herzliche und selbstlose Art geholfen, die kleinen Probleme des Alltags zu lösen.

Ich bedanke mich auch beim ÖAD, der mir sein Vertrauen geschenkt und die Entwicklung dieser Dissertation motiviert und finanziell unterstützt hat.

Besondere Dank gilt auch der hilfreichen Unterstützung von Mag. Brigitte Scheid und Lena Erlbacher, die mit Geduld meine deutsche Grammatik verbessert haben.

Und schließlich bedanke ich mich auch bei allen Freunden und KollegInnen, die mir in all diesen Jahren die Kraft und Motivation geschenkt haben, um mit meiner Arbeit weiter voran und zum erfolgreichen Abschluss zu kommen.

Kurzfassung	6
Abstract	8
Einleitung	10
1 Qualitätsmanagementsystem - historisch ältestes Managementsystem	14
1.1 Entwicklung des Qualitätsmanagements	14
1.1.1 Allgemeine Definition und Erklärung des Begriffs "Qualität"	15
1.1.2 Aufgaben des Qualitätsmanagement	17
1.2 Entwicklung des Total Quality Managements	21
1.2.1 Überlegungen und Entwicklungen bedeutender Qualitätsexperten	21
1.2.2 Methoden der statistische Qualitätskontrolle	22
1.2.3 Dynamische Verbesserung	22
1.2.4 Total Quality Control	25
1.2.5 Totale Kundenorientierung	25
1.2.6 "Null-Fehler"	26
1.2.7 Qualitätszirkel	27
1.2.8 Produktions- und Qualitätssystem von Taguchi	28
1.2.9 Qualitätskreis von Walter Masing	29
1.2.10 Definition des TQM, Ziele und Aufgaben	30
1.3 Ein TQM Ansatz - Der Europäische Qualitätspreis	32
1.4 Internationale Qualitätsmanagement-Normen ISO 9000	36
1.4.1 Die wichtigsten Neuerungen der Norm im Vergleich zur alten ISO 9000:1994 ff.	38
1.5 Vorteile und Nachteile des ISO- und des EFQM- Modells	41
1.6 Qualitätsmanagement und Umweltschutz	42
2 Umweltprobleme und Umweltschutz	43
2.1 Dimensionen der Umweltproblematik	43
2.2 Entwicklung des Umweltschutzes	44
2.3 Umweltprobleme	45
2.4 Bestandteile der Umwelt	46
2.4.1 Luftverschmutzung	46
2.4.2 Wasserverschmutzung	50
2.4.3 Bodenverschmutzung	50
2.4.4 Abfall	52
2.4.5 Natur und biologische Vielfalt - Schutz einer einzigartigen Ressource	54
2.4.6 Lärm	56
2.4.7 Technologische und natürliche Gefahren	57
2.4.8 Energie	58
2.5 Konzept der Nachhaltige Entwicklung	60
2.5.1 Nachhaltige Entwicklung in Europa	61

3	Umweltmanagement	63
3.1	Die Umweltmanagementsystem und ökologische Ziele	63
3.2	Umweltbezogene Unternehmensstrategien	64
3.3	Historische Entwicklung von Umweltmanagementsystemen/Umwelt-Audits	65
3.4	BS 7750	67
3.5	EG- Öko-Audit-Verordnung- EMAS	68
3.6	ISO 14000	72
3.7	Das Umweltmanagementsystem der ISO 14001 ff - Begriffe und Bausteine	75
3.7.1	Die wichtigsten Neurungen der Norm ISO 14001:2004 im Vergleich zur ISO 14001-1996	77
3.7.2	Vergleich von EMAS und EN ISO 14001 Norm	80
3.8	Integrierte Produktpolitik	82
3.9	Integrierte Managementsysteme	84
3.10	Umwelt- und Qualitätsmanagement	86
4	Ökobilanz - ein Instrument moderner Unternehmensführung	88
4.1	Allgemeine Grundlagen	88
4.2	Ökobilanz – Historische Entwicklung	88
4.3	Definitionen und Ziele der Ökobilanz	89
4.4	Anforderungen an Ökobilanz	90
4.5	Die Ökobilanz im Umfeld anderer Instrumente der Umweltanalyse	91
4.6	Verschiedene Bilanzarten	93
4.7	Grundsätze produktbezogener Ökobilanzen	95
4.8	Bestandteile einer Produkt-Ökobilanz	96
4.8.1	Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens	97
4.8.2	Sachbilanz	98
4.8.2.1	Allokationen	101
4.8.3	Wirkungsabschätzung	101
4.8.3.1	Die Schritte der Wirkungsabschätzung	102
4.8.4	Auswertung	104
4.8.5	Berichterstattung	106
4.8.6	Kritische Prüfung	106
4.9	Anwendung Ökobilanzen in der Praxis	107
4.10	Bewertungsmethoden der Ökobilanz	109
4.11	Verwendung der Ökobilanz im UMS	120
4.12	Ökobilanzen als unternehmerische Entscheidungshilfen	121
4.13	Schlussfolgerungen und Zukunftsaspekte	123
5	Problemlage im Bereich Elektro- und Elektronikaltgeräte	125
5.1	Umweltbelastung durch industrielle Produktion und Produkten	125
5.2	Rechtliche Vorgaben bezüglich des Produktes	126
5.3	Rechtliche Vorgaben bezüglich des Produktionsprozesses	131
5.4	End of Life Management	132
5.5	Demontage als Teil des Recycling	134
5.5.1	Prozesskenngrößen für Konstruktion und Recyclingplanung	136
5.6	Mobiltelefone	137
5.6.1	Recyclingprozess für Mobiltelefoneräte durch Demontage.	139
5.6.2	Flexible Demontage – Zelle für Mobiltelefone	140

5.7	Koordinatenmesstechnik und Koordinatemesstechnik	143
5.7.1	Messsystem und Tastsystem	144
5.7.2	Rechnerunterstützte Messprogrammeinstellung Messablauf des Mobiltelefons	146
5.8	Messablauf des Mobiltelefons	147
6	Zusammenfassung	148
7	Anhang	151
7.1	Literaturverzeichnis	151
7.2	Übersicht der Wirkungskategorien	160
7.3	Zusammenfassung der Bewertungsmethode	163
7.4	Messergebnisse des Mobiltelefons Lebenslauf	165

Kurzfassung

In den letzten Jahren haben sich die Rahmenbedingungen für Unternehmen in fast allen Branchen nachhaltig verändert. Verschärfter Wettbewerb und wirtschaftlicher Druck zwingen Unternehmen immer mehr, ihre Wettbewerbsstrategien kritisch zu analysieren und wettbewerbskritische Erfolgsfaktoren wie Preis, Qualität, Leistungsmerkmale, Termineinhaltung, Service und Image zu hinterfragen.

Hatte es der Verbraucher in den letzten Jahrzehnten relativ einfach, aus einer bestimmten Produktgruppe das ihm adäquat erscheinende Produkt auszuwählen, so sieht er sich heutzutage zu einer Differenzierung kaum imstande. Neben den klassischen »Produktqualitäten«, die sich von Wettbewerber zu Wettbewerber relativ wenig unterscheiden, ist seit einigen Jahren die ökologieorientierte Gestaltung der Produkte hinsichtlich Herstellung, Anwendung/Verwendung und Entsorgung in den Blickpunkt geraten. Aber auch solchen Produkten, wie etwa elektrische und elektronische Produkte, stehen Verbraucher zunehmend kritisch gegenüber.

Die Erzeuger elektrischer und elektronischer Produkte sehen sich auch einem verstärkten Druck seitens der Konsumenten ausgesetzt, ihre Produkte „umweltfreundlicher“ zu gestalten.

Die Entsorgung von Elektronikprodukten ist ein sehr aktuelles Thema. Gerade im Hinblick auf die "Directive of Waste of Electronic and Electrical Equipment" (WEEE), die neben dem Verbot von bestimmten Inhaltsstoffen (Pb, Cd, Hg, Halogene, ...) auch die Einhaltung definierter Recyclingquoten regeln soll, existieren einige Verwertungs- und Entsorgungswege und haben sich teilweise bereits am Markt etabliert. Die Verfahren bzw. die Qualität der Entsorgung kann das Umweltprofil eines Produktes dabei wesentlich beeinflussen. Eine Bewertung mit Hilfe der Ökobilanz, welche die Umwelteinwirkungen des gesamten Lebenszyklus eines Produktes aufnehmen soll, ist hierbei eine geeignete Methode, den ökologischen Benefit zu quantifizieren.

Betrachtet man den Lebenszyklus eines Produktes, so ergeben sich die Anforderungen an ein Produkt aus der Summe der Einzelanforderungen der einzelnen Lebenszyklusphasen. Während in der Vergangenheit häufig nur die Phasen Entwicklung, Herstellung, Verteilung sowie Nutzung oder Service in die Betrachtung einbezogen wurden, formulieren sich die Anforderungen heute zunehmend aus der vollständigen Betrachtung der Produkte bis hin zu ihrem Nutzungsende.

Dies bedeutet entsprechend der zusätzlichen Berücksichtigung der End-of-Life-Phasen Recycling und Demontage der Produkte sowie Redistribution und Entsorgung.

Innerhalb des Recyclings nimmt die Demontage eine zentrale Stellung ein. Dabei ist der zerstörungsfreie Demontage als einem der wichtigsten Ziele für die erneute Verwendungsfähigkeit elektronischer Produkte besonderes Augenmerk zu widmen. Der Trend zur mobilen Kommunikation, der in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen hat, verursacht auf der anderen Seite eine Zunahme von Alt-Mobiltelefonen, die fachgerecht entsorgt werden müssen. Mobiltelefone haben eine erstaunlich kurze Lebensdauer. Schon heute gibt es weltweit etwa 2000

verschiedene Handy-Typen. In einem Gerät müssen viele Komponenten in einem sehr kleinen Gehäuse untergebracht werden, was sehr demontage-unfreundlich ist: Es gibt sehr kleine Schrauben,

bei denen kaum Greifflächen zum Manipulieren der Komponenten vorhanden sind. Wichtiger Punkt bei der Demontage von alten Mobiltelefonen ist die Bestimmung der genauen Positionen von Schraub- und Schnappverbindungen.

Zur Lösung dieser Problematik stellt die Koordinatenmesstechnik (KMT) ein wichtiges und flexibles Instrument dar, um Informationen über die Beschaffenheit der Produkte zu gewinnen. Mit Hilfe von Koordinatenmessgeräten (KMG) können auch Werkstücke mit komplexen geometrischen Eigenschaften mit hoher Präzision wirtschaftlich gemessen werden.

In dieser Arbeit werden Punkte an der Oberfläche eines Mobiltelefons mit einem KMG in Bezug auf ein kartesisches Koordinatensystem angetastet, um ein numerisches Abbild aus den Koordinaten der Messpunkte an der Werkstückoberfläche mit Hilfe eines Rechners zu erstellen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Schaffung von Grundlagen für die flexible Automatisierung der Demontage als Beitrag zur Einführung wirtschaftlicher und ökologischer Lösungen für die Demontage und Wiederverwertung gebrauchter Produkte in unterschiedlich industrialisierter Umgebung.

Abstract

Basic conditions for enterprises of almost all industries have significantly changed in the last years.

Intensified competition and economical pressure force enterprises to critically analyse competition strategies and competition-critical success factors such as price, quality, capability characteristics, duration, service and image even more.

It is hard for consumer to differentiate products nowadays, while it was much simpler to select a product from certain product groups in the last decades.

Apart from the classical "product qualities", which differ very little from one competitor to another, the environment-oriented design of the product in the context of production, use and disposal is in the focus for last years.

Consumers approach some products like electrical and electronic even more critically.

Producers of electrical and electronic products are under pressure from consumers to have products that environmentally friendly and cause less pollution.

Currently disposal of electronic products is very important problem.

Besides the "Directive of Waste from electronics and electrical equipment" (WEEE), which apart from the prohibition of certain substance contents (Pb, CD, Hg, halogens...), also regulates recycling quota, there exist some other ways of utilization and disposal the waste already partly established on the market.

The environmental profile of a product can substantially affect the procedures and the quality of the disposal.

The evaluation with the help of the ecological balance, which is to take up the environmental effects of the entire life cycle of a product, is the method to be quantified as beneficial.

If the life cycle of a product is considered, then the requirements are resulted from the sum of the individual requirements of the each life cycle phases. While in the past frequently only the phases of development, production, distribution as well as use or service were considered, the current requirements increased from the complete view of the products up to their end of life.

This means additional consideration of the End of Life Phases: recycling and disassembly of the products as well as Redistribution and disposal.

The disassembly takes a central position within recycling. The non destructive disassembly is to be regarded therefore as one of the most important goals for the reuse of electronic products.

The increasing trend for mobile communication in the past years causes an increase of old mobile phones, which in turn should be professionally eliminated.

Mobile telephones have an amazingly short life period.

Presently there are already about 2000 different types of mobile phone world-wide.

Many components of mobile phone must be placed in a very small space which is very disassembly unfriendly.

There are hardly very small screws gripping surfaces for disassembling of these components.

Regulation of exact positions screw and snap connections is an important issue in disassembly of old mobile telephones.

In this case the coordinate measuring technique (KMT) is an important tool so that to get information about the condition of the products.

With the help of KMT work pieces with complex geometrical characteristics can be measured with high precision.

In this study using the coordinate measuring apparatus (KMG) in a Cartesian coordinate system points at the surface of a mobile telephone in the computer a numeric image of the work pieces is provided.

A goal of the current study is the creation basis for the flexible automation of the disassembly as contribution to the introduction of economical and ecological solutions for the disassembly.

Einleitung

Nach der Beendigung des Zweiten Weltkrieges durch die Kapitulation von Deutschland und Japan erzeugte der Wiederaufbau eine große Nachfrage nach industriellen Produkten. Qualität war kein Thema. Gekauft wurde, was die Produktion hergab. Qualität und Produktivität galten als unvereinbar. "Qualitätssteigerungen verursachen Produktionseinbußen, erhöhte Produktivität schadet der Qualität."

Mitte der 50er Jahre wurden auf Grund der hohen Qualitätsforderungen in militärischen Bereich die AQL (Acceptable Quality Levels), basierend auf dem vom US-Militär entwickelten Verfahren MIL-STD-105E, eingeführt.

Mitte der 70er Jahre stellte sich aber in vielen Industriezweigen eine Verlangsamung, ja sogar eine Stagnation des Wirtschaftswachstums ein. Nun überstieg das Angebot die Nachfrage, und der Konkurrenzkampf der Unternehmen begann.

Heute ist es der Konsument, der durch seine Auswahlmöglichkeit die Qualität der Produkte bestimmt.

Langfristig wird sich in der heutigen Marktwirtschaft nur jener Anbieter behaupten können, der in engem Kontakt mit dem Kunden steht und dessen Wünsche optimal umsetzt. Dabei spielt die Qualität eine weitaus größere Rolle als die auf kurzfristige Wirkung bedachte Werbung, die mehr suggeriert als offeriert.

Produktionsunternehmen stehen heute auf dem nationalen und internationalen Markt unter einem hohen Wettbewerbsdruck. Wichtige Markttendenzen sind dabei kurze Produktlebenszyklen, neue Technologien und dynamische Strukturen.

Erfolgreiche Unternehmen haben bereits erkannt, dass es mit althergebrachten Methoden und Strategien kaum mehr gelingt, Marktlücken zu finden oder entstehende Märkte zügig genug zu erobern.

Das Ringen um Erfolg auf solchen neuen oder noch nicht besetzten Märkten stellt die entscheidende Herausforderung für alle Manager unserer Zeit dar, die das Überleben ihres Unternehmens auf den Märkten des 21. Jahrhunderts sichern wollen. Nur wer strategisch denkt und handelt, wird über den engen Horizont kurzfristiger Gewinnmaximierung hinaus erfolgreich bestehen können.

Neben den ständig steigenden Anforderungen an die Produktqualität wird seitens der Kunden und der Gesellschaft von den Unternehmen verstärkt eine umweltgerechte Leistungserstellung verlangt. Weniger Ressourcenverbrauch und geringere Emissionsmengen entlasten nicht nur die Umwelt, sondern verringern auch die Ausgaben eines Unternehmens.

Der derzeitige Lösungsansatz, um reibungslos arbeitenden Umweltschutz mit vertretbaren Kosten zu erreichen, leitet sich aus dem Totalen Qualitätsmanagement ab. Im TQM wird versucht, durch geeignete Prozesse und besonders geschultes sowie motiviertes Personal, Fehlleistungen von vornherein auszuschließen und auf diese Weise größtmögliche Qualität zu erzeugen.

Bei dem Streben nach einer nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsweise wird dem produktbezogenen Umweltschutz in Zukunft ein noch höherer Stellenwert zukommen. Innerhalb des Konzeptes der ökologischen Modernisierung stellen Umweltmanagementsysteme ein zentrales Instrument zur Bewältigung der Umweltproblematik auf betrieblicher Ebene dar.

Im Laufe der systematischen Behandlung des Bereiches Qualität durch die ISO 9000 Normenreihe wurde mehr und mehr klar, dass auch im Bereich des Umweltschutzes eine ähnliche Abfassung sinnvoll und notwendig wäre. Die tägliche Vielzahl an Meldungen im Zusammenhang mit Umweltverschmutzung ist ein Anzeichen für die Dringlichkeit, die hier besteht.

Die Aufforderung "Macht Euch die Erde Untertan", wie sie im Alten Testament geschrieben steht, kann wohl nicht so zu verstehen sein, wie sie heute oft umgesetzt wird: in Form von Ausbeutung und Verbrauch der Ressourcen und Zerstörung des globalen Gleichgewichts. Vielmehr ist es unsere Aufgabe die Vorräte und Funktionen, die unsere Erde bietet vernünftig zu gebrauchen.

Diese Sicht der Dinge scheint sich nun vermehrt auch in der Industriebranche durchzusetzen -- wenn auch nicht unbedingt aus idealistischen Beweggründen, sondern oft um den Boykott der Konsumenten zu verhindern, beziehungsweise um die strikte Forderung des Kunden zu erfüllen.

Da man mit der schon bestehenden Norm im Bereich der Qualitätssicherung bereits gute Erfahrungen hatte, überlegte man zuerst eine Erweiterung der ISO 9000 um den Umweltschutz. Aber schon bald kam man zu der Einsicht, dass diese zwar einfach und brauchbar scheinende Lösung keine zielführende Umsetzung der bestehenden Vorstellungen mit sich brächte.

Die Lösung auf der Suche nach wirkungsvolleren Instrumenten wurde sodann in Analogiebildung zwischen Qualitätsmanagementsystem und Umweltmanagementsystem geschen; denn dass die in der ISO 9000 entworfene Systematik an sich geeignet war, die Problematik zu bewältigen, war den an der Lösung dieses Problems arbeitenden Organisationen klar.

Die Vorreiterrolle in der Ausarbeitung übernahmen, wie schon bei den Qualitätssicherungsnormen, die Briten. Schon dort wurde die vom "British Standard Institute" (BSI) herausgegebene Norm BS 5750 wörtlich für die ISO 9000 verwendet. Einige Jahre später verhielt es sich bei der Ausarbeitung der Umweltnormen nicht anders. Die Briten entwickelten 1992 die BS 7750 in Anlehnung an die frühere Qualitätsnorm BS 5750.

1993 entstand die EMAS - eine Verordnung zur Auditierung auf europäischer Ebene, deren Forderungen mit denen der BS 7750 voll vergleichbar sind. Ebenfalls in sehr ähnlicher Ausführung verfasste das Internationale Normungsinstitut ISO die im Juni 1996 erschienene ISO 14000-Serie. Diese ISO-Norm ist durch das CEN (Comité Européen de Normalisation) unverändert als europäische Norm (EN) übernommen und im Oktober 1996 als DIN EN ISO 14000-Reihe auch in deutscher Sprache veröffentlicht worden. Zentrales Werk der Normenreihe ist die ISO 14001. Ziel beider Instrumente ist es, den Unternehmen einen marktwirtschaftlichen Anreiz zu bieten, eigenverantwortlich den Umweltschutz zu verbessern und zu steuern. Beide Normen verlangen sowohl die Implementierung eines funktionierenden Umweltmanagementsystems als auch die Durchführung von Umweltbetriebsprüfungen, mit dem Ziel der kontinuierlichen Verbesserung unter Beachtung der festgelegten Umweltpolitik und der selbstgesteckten Umweltziele.

Unabhängig vom gewählten System (EMAS, ISO 14001 oder beide) versprechen sich Unternehmen von einer Zertifizierung:

- eine grundsätzliche Vermeidung von Umweltrisiken,
- eine Verminderung von Haftungsrisiken (Vermeidung von Organisationsverschulden),

- eine steigende Absatzerwartung durch verstärkte Nachfrage und neue Märkte für ökologische Produkte,
- Kostensenkungen durch präventiven, produktionsintegrierten Umweltschutz (PIUS),
- eine Einsparung von Material-, Entsorgungs- und Energiekosten,
- eine höhere Glaubwürdigkeit sowie eine Verbesserung der Akzeptanz in der Öffentlichkeit und damit ein verbessertes Unternehmensimage,
- eine höhere Identifikation der Mitarbeiter mit dem Unternehmen und damit eine Steigerung der Motivation,
- eine höhere Attraktivität für Nachwuchskräfte,
- die Entdeckung ökologischer Produkt- und Verfahrensinnovationen sowie Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit.

Seit Anfang der 1990er Jahre werden in vielen Organisationen (Unternehmen, Behörden, Dienstleister, etc.) die einzelnen (isolierten) Managementsysteme in sog. Integrierte Managementsysteme (IMS) umgewandelt bzw. die IMS neu aufgebaut. Der Umfang des jeweiligen IMS hängt von den Erfordernissen der jeweiligen Organisation ab. Neben den klassischen Managementsystemen Qualität und Umwelt können noch weitere Bereiche im IMS enthalten sein.

Es gibt aktuell keine Norm, die eine Organisation beim Aufbau eines IMS unterstützt. Ein erster Schritt seitens der ISO in diese Richtung kann in der überarbeiteten Umweltmanagementnorm ISO 14001:2004 gesehen werden. Ein Ziel der Überarbeitung war die Steigerung der Kompatibilität der ISO 14001 mit der Qualitätsmanagementnorm ISO 9001.

Als ein Instrument des Umweltmanagement stellt die Ökobilanz wie eine anerkannte Methode zur Untersuchung der Umweltauswirkungen von Produkten, Prozessen oder Unternehmen. Sie dient der Offenlegung von Schwachstellen, der Verbesserung der Umwelteigenschaften der Produkte und Verfahren, dem Vergleich alternativer Produkte und Verhaltensweisen und der Begründung von Handlungsempfehlungen.

Kritiker werfen den Ökobilanz vor keine glaubwürdigen, sondern vom Unternehmen beschönigte Ergebnisse zu liefern. Um diesen Vorwurf zu beseitigen und eine Vereinheitlichung bei der Vorgehensweise und der Erstellung der Ökobilanz zu erzielen, sind Bemühungen seitens der Wirtschaft und der International Standardization Organisation (ISO) im Gange, mit dem Ziel, die Ökobilanzen effektiv zu normieren bzw. in einen rechtlichen Rahmen einzubinden.

Grundlegendes findet sich bisher in der Normenreihe DIN ISO 14040 wieder, die die bestehende Umweltmanagementnormenreihe DIN ISO 14000 um das Umweltschutzinstrument der Ökobilanzen ergänzen soll. Im Jahr 2005 wurde der vom ISO/TC 207 in Zusammenarbeit mit dem CEN/SS S26 ausgearbeitete Entwurf zu einer Europäischen Norm EN ISO 14040 "Umweltmanagement - Ökobilanz. Grundsätze und Rahmenbedingungen" verabschiedet. In der DIN ISO 14040 werden die Prinzipien und allgemeinen Anforderungen geregelt, nähere Ausführungen und Vorgehensweisen werden in der Norm 14044:2004 dieser Reihe geklärt.

Heute ist die Ökobilanz in der betrieblichen Praxis in ihrer Funktion als Umweltschutzinstrument von EMAS und ISO 14001 verdrängt worden. Zu der in der Öffentlichkeit bekanntesten Ökobilanz zählt die Produktbilanz.

Ökobilanzen erfassen ganzheitlich die Umweltauswirkungen des Unternehmens und helfen Aussagen über die einzelnen Bereiche und Produkte zu treffen. Sie erfüllen genau die Anforderungen von EMAS, die von der Verordnung an das einzurichtende Umweltmanagementsystem und dessen Kontrolle gestellt werden. Die Ökobilanzen dienen dem

Öko-Audit dabei als Hilfsinstrument zur systematischen, objektiven Bewertung und Kontrolle der umweltrelevanten Daten des betrieblichen Umweltmanagements. Dabei stellen die Ökobilanzen nicht nur eine Input-Output-Analyse dar, sondern weisen auch auf Schwachstellen und Verbesserungsmöglichkeiten hin.

Die aktuellen Bestrebungen der Umweltgesetzgebung im Bezug auf Elektro-/ Elektronikindustrie in Europa konzentrieren sich zunehmend auf eine Ausweitung der Herstellerverantwortung auf die gesamte Produktlebensphase.

Der seit mehreren Jahren innerhalb der Europäischen Union diskutierte Vorschlag für eine Elektro(nik)schrott-Richtlinie (WEEE) stellt einen der weitreichendsten Anforderungskataloge in diesem Zusammenhang dar. In diesem Richtlinienvorschlag wird eine weitgehende Rücknahme sowie ein hochwertiges Recycling von elektrotechnischen und elektronischen Altgeräten seitens der Hersteller gefordert.

Ein deutlicher Schwerpunkt der europäischen Forschungsaktivitäten liegt im Bereich der Altgeräteentsorgung, d.h. bei Separation und Demontage, werkstofflichem Recycling und übergreifendem End-of-Life-Management.

1 Qualitätsmanagementsystem-historisch ältestes Managementsystem

Ich glaube, es ist wichtig, dass ich jetzt eine Beziehung zwischen der Liebe zur Sache und der Qualität herstelle, indem ich zu zeigen versuche, dass Liebe zur Sache und Qualität der innere und äußere Aspekt ein und derselben Sache sind. Wer Qualität sieht und sie bei der Arbeit spürt, dem liegt etwas an den Dingen. Wem an den Dingen, die er sieht und tut, etwas liegt, der ist ein Mensch, der mit Sicherheit einige Merkmale von Qualität aufweist.

Zen und die Kunst ein Motorrad zu warten

Robert Pirsig

1.1 Entwicklung des Qualitätsmanagements

Der Gedanke der Qualitätssicherung (QS) und einer Q-Garantie reicht bis in die Vorgeschichte der Kulturen zurück. Die Entwicklung von der Q-Kontrolle zum ganzheitlichen QM begann zu Anfang 20. Jahrhunderts.

Bis Anfang des 20. Jahrhunderts blieben in der handwerklichen und industriellen Produktion die einzelnen Fertigungsschritte zur Herstellung eines Produktes - wie in den Manufakturen vor der industriellen Revolution - im Wesentlichen im Verantwortungsbereich eines Werkers, der damit auch die Qualität seiner eigenen Arbeit prüfen konnte. Die gestiegene Nachfrage nach Gütern aller Art zu Beginn des 20. Jahrhunderts machte eine geänderte Produktionsstrategie notwendig. Um den Produktionsausstoß der Fabriken zu erhöhen, spezialisierten sich Gruppen von Workern unter der Leitung eines Vorarbeiters auf einzelne Fertigungsschritte. Die Qualitätsprüfungen wurden durch den Vorarbeiter durchgeführt, der für die Qualität der unter seiner Aufsicht durchgeführten Arbeiten verantwortlich war. Etwa zur Zeit des ersten Weltkrieges wurden die ersten Vollzeit-Qualitätsprüfer eingesetzt. Nach Überlegungen des Ingenieurs Frederick W. Taylor sowie dem Konzept von Henry Ford zur Produktion des Modell "T" (Tin Lizzie), wurden die Fertigungsvorgänge in einzelne Arbeitsschritte zerlegt, die dann von den geeignetsten Arbeitskräften ausgeführt wurden. Diese Arbeitsorganisation führte dazu, dass in der Produktion am Band vor allem ungelernte Werker eingesetzt wurden, die aufgrund ihrer geringen Qualifikation die Prüfung der hochtechnisierten Produkte nicht durchführen konnten. Es entstanden Qualitätsprüfabteilungen, die ausschließlich für die Überwachung der Qualität der Produkte verantwortlich waren.

Mit Beginn der Massenproduktion wurde immer deutlicher, dass eine 100 % - Kontrolle der gefertigten Produkte zu aufwendig ist. Diese wurde durch eine Teilkontrolle auf der Basis statistischer Verfahren ersetzt, um die Leistungsfähigkeit und den Durchsatz der Prüfabteilungen zu erhöhen. Das notwendige statistische Know-how war bereits seit Anfang des 20. Jahrhunderts vorhanden, wurde aber erst ab etwa 1930 in der Industrie eingesetzt. 1924 wurden Methoden zur kontinuierlichen Prozessbeobachtung und -Bewertung auf statistischer Basis ("Kontroll-Karten", Statistische Prozessregelung) entwickelt.

In den 60er und 70er Jahren führte eine zunehmende Komplexität der Produkte und Fertigungsprozesse zu einer stärkeren Integration des Qualitätsmanagements in den Produktentwicklungs- und Herstellprozess. Ziel der Bemühungen war und ist es, Fehler nicht erst dort, wo sie *entdeckt* werden, sondern dort, wo sie *entstehen*, zu beseitigen, denn je später ein Fehler entdeckt wird, desto höher sind die Kosten der Fehlerbehebung.

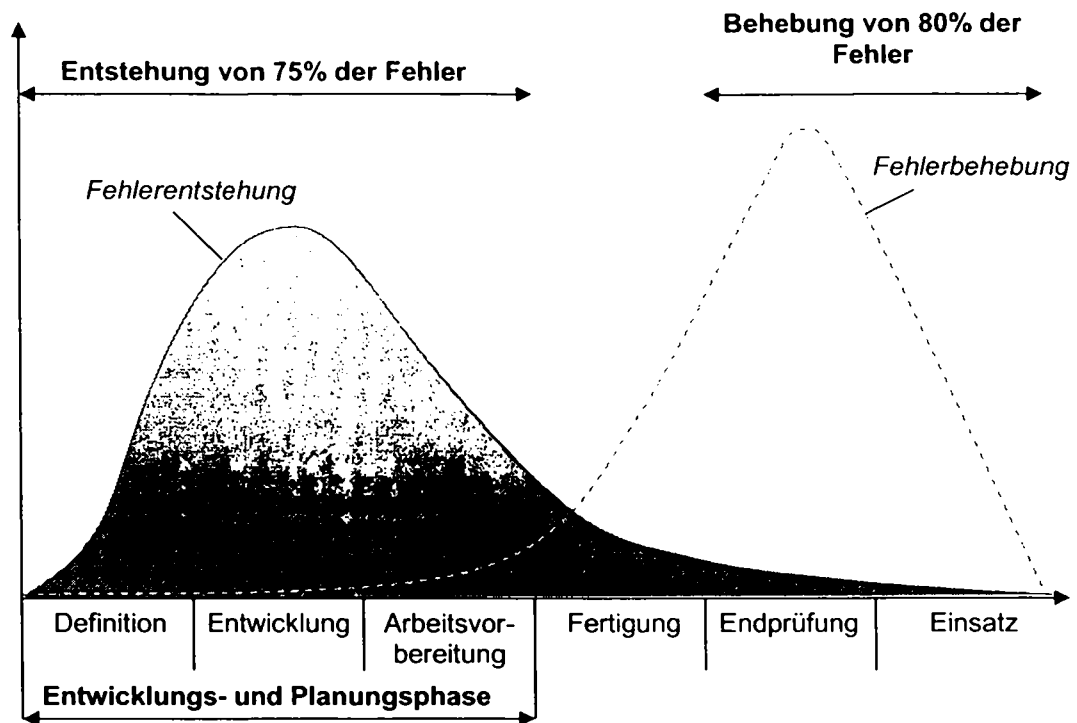


Abb. 1.1: Fehlerentstehung und -behebung im Produktlebenslauf

1.1.1 Allgemeine Definition und Erklärung des Begriffs "Qualität"

Gute Arbeit zu leisten, Qualität zu liefern, ist für viele Menschen, aber auch Unternehmen und Organisationen ein herausragendes Ziel. Was bedeutet Qualität?

Der Begriff der *Qualität*, abgeleitet vom lateinischen "qualitas" (= Beschaffenheit), fragt nach dem "Wesen eines Dinges". Diese Beschaffenheit kann sich auf Sachen und Fiktionen beziehen ("ein gutes Auto", "ein gut - geführter - Krieg") und zieht unmittelbar die Frage nach den Kriterien guter Qualität nach sich. So wird nach dem Kodex des Hammurabi, ca. 1710 vor Christus, bereits eine fehlerhaft durchgeführte Augenoperation mit drakonischen Strafen für den Operateur sanktioniert. Ähnliche Vorgehensweisen kennen wir aus unserem Alltag, das Qualitätskriterium "fehlerfreie = gute" Operation ist auch in der Neuzeit gültig.

Die Definition von Qualität zieht sich kontext- und zeitaltergemäß durch die Jahrtausende und mündet in der Neuzeit in zugeschriebenen Eigenschaften wie "Langlebigkeit, Aussehen, Image, Knappheit eines Gutes" und anderen Eigenschaften bzw. Attributen.

Man kann Qualität aus verschiedenen Perspektiven sehen und beurteilen. Garvin von der Harvard Business School unterscheidet fünf Sichten, unter denen man den Begriff Qualität in Bezug auf ein Produkt definieren kann [1]:

- Ansatz der Transzendenz

Qualität wird als etwas Einzigartiges und Absolutes gesehen und dargestellt.

Hier gibt es deutliche Parallelen zum Begriff der Schönheit, der nach Platon ebenfalls nicht definiert, sondern nur erfahren werden kann. Pirsig formuliert das wie folgt: "But even though

Quality cannot be defined, you know what Quality is" [2]. Das Problem bei diesem Ansatz ist jedoch, dass sich Qualität nicht präzise messen lässt, sondern alleine durch Erfahrung fassbar ist.

- Ansatz der Produktqualität

Der Ansatz der Produktqualität ist weit verbreitet. Er hat den Vorteil der Messbarkeit. Wesensmerkmale äußern sich über unterschiedliche Eigenschaften bei den Produkten (Fettanteil in der Milch, Anzahl der Knoten im Orientteppich). Qualitätsunterschiede manifestieren sich überwiegend über technische Eigenschaften eines Produkts und können in einer Qualitätsskala eingestuft werden.

- Ansatz des Kundennutzens

Qualität ist dann erreicht, wenn alle Kundenerwartungen, -wünsche, -bedürfnisse, -forderungen etc. erfüllt sind. Der Kunde, und nur der Kunde, gibt vor, was Qualität ist. Die Messung der Qualität kann somit nur nach subjektiven Kriterien erfolgen.

- Ansatz der Produktionsqualität

Qualität verlangt die Erfüllung von Normen ("a priori Qualität") und die Einhaltung von Spezifikationen. Es steht außer Frage, dass die Produktion das Ziel Fehlerfreiheit haben muss. Neben der Optimierung der Produktion darf jedoch nicht die Marktveränderung oder das Potenzial von Substitutionsprodukten übersehen werden. Die korrekte Einhaltung von Vorschriften und eine sorgfältige Durchführung gewährleisten Qualität. Diese funktionelle Sichtweise orientiert sich weniger an der subjektiven Perspektive.

- Wertansatz

Qualität wird als eine günstige und optimale Kosten-Nutzen-Proportion beurteilt. Ausgangspunkt für die Qualitätsbewertung ist das Preis-Leistungs-Verhältnis. Dabei ergibt sich die Preisbildung aus den Kosten und der Marktlage. Das Ziel der Kunden ist es, gute Qualität zu einem bezahlbaren Preis zu erhalten. Der Kunde entscheidet selbst, welchen Preis er für eine bestimmte Leistung zahlen möchte und welche Qualität er im Gegenzug dafür in Kauf nimmt. Beispielsweise wäre ein 500 US- Dollar teurer Laufschuh, wie gut auch immer produziert, kein Qualitätsprodukt, weil er keine Käufer finden würde [3].

Der wertbezogene Ansatz definiert Qualität über das Preis - Leistungs- Verhältnis des Produktes bzw. der Dienstleistung.

- Konsequenzen

Es ist wichtig, verschiedene Ansätze bei der Entwicklung und Herstellung eines Produkts einzubeziehen. Am Anfang des Entstehungsprozesses eines neuen Produkts steht eine Marktanalyse (Ansatz des Kundennutzens). Daraus werden die Eigenschaften des Produkts abgeleitet (Ansatz der Produktqualität). Schließlich muss das Produkt nach den Anforderungen hergestellt werden (Ansatz der Produktionsqualität). Der Kunde schließlich wird bei der Entscheidung für ein Produkt auch die wertbezogene Sicht einnehmen. Nur im Zusammenspiel der Ansätze (Sichten) wird am Schluss ein hochwertiges und erfolgreiches Produkt entstehen.

Im Laufe der Zeit ergaben sich im Verhältnis zur Qualität als auch bei den Anforderungen an die Qualität verschiedene wesentliche Veränderungen [4].

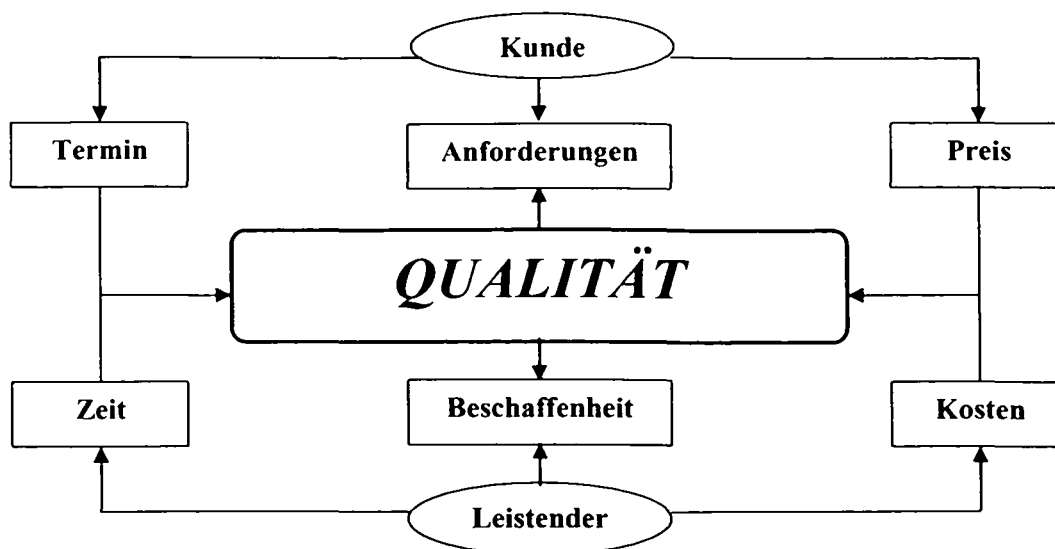


Abb. 1.2: Grundlagen des Qualitätsmanagements

In der internationalen Norm EN ISO 9000:2000 ist der Qualitätsbegriff wie folgt definiert:

"*Qualität* ist der Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale (kennzeichnende Eigenschaft) Anforderungen (Erfordernis oder Erwartung, das oder die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist) erfüllt."

Anmerkung: Die Benennung "Qualität" kann zusammen mit Adjektiven wie schlecht, gut oder ausgezeichnet verwendet werden.

In der EN ISO 8402 war der Qualitätsbegriff wie folgt festgelegt:

"*Qualität* ist die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen [5].

Unter festgelegten und vorausgesetzten Erfordernissen wird die Gesamtheit der betrachteten Einzelforderungen an die Beschaffenheit einer Einheit verstanden. Merkmalsgruppen wie z.B. Sicherheit, Zuverlässigkeit oder Ressourcen- und Umweltschutz sind darin eingeschlossen [6].

Zentral ist also, dass Qualität weder sachlich noch zeitlich absolut ist. Anforderungen von (internen und externen) Kunden, fachliche Standards und gesetzliche Vorgaben können sich ändern. Ständiger Wettbewerb im wirtschaftlichen Wandel erfordert deshalb die dauernde Beobachtung der Erwartungen bezüglich des verkauften Produktes [7].

1.1.2 Aufgaben des Qualitätsmanagement

Wenn sich Qualität vor allem durch den erzeugten Produktnutzen, durch die Zufriedenheit der Kunden mit dem Produkt oder einer Dienstleistung auszeichnet und davon ausgegangen wird, dass diese Zufriedenheit nur möglich ist, wenn ein Produkt funktionsfähig - frei von Fehlern - ist, dann besteht die Aufgabe des Qualitätsmanagements (QM) darin, den Nutzen eines Produkts/einer Dienstleistung festzulegen, zu gestalten und ständig zu verbessern sowie seine weitgehende Fehlerfreiheit zu gewährleisten [8].

Das QM, als die Gesamtheit aller qualitätsbezogenen Tätigkeiten und Zielsetzungen, ist in die Funktionen Q-Planung, Q-Lenkung, Q-Prüfung, Q-Verbesserung, QM-Darlegung und Q-Audit gegliedert (Abb.1.3).

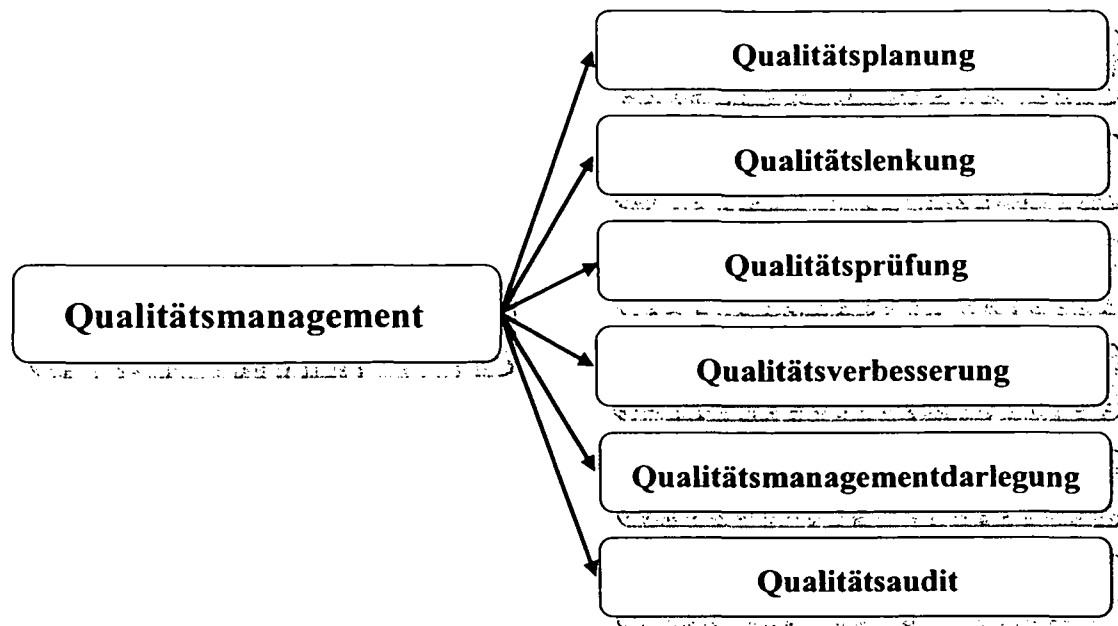


Abb. 1.3: Funktionen des Qualitätsmanagements

Qualitätsplanung

Die Aufgabe der Qualitätsplanung ist das Auswählen, Klassifizieren und Gewichten der Qualitätsmerkmale sowie das Konkretisieren der Qualitätsforderungen unter Berücksichtigung von Anspruchsniveau und Realisierungsmöglichkeiten. Im Bezug auf die Reduzierung von Kosten infolge mangelnder Qualität ist die Qualitätsplanung besonders bedeutungsvoll, denn je später ein Fehler am Produkt entdeckt wird, um so höher sind die Kosten zur Fehlerbeseitigung. Für die Entwicklung der Fehlerkosten innerhalb des Produktlebenszyklus wird die sog. Zehnerregel der Fehlerkosten angenommen. Diese ist in Abbildung 1.4 dargestellt.

Hiernach nimmt ein Fehler mit jeder späteren Phase, in der er in Bezug auf seinen Entstehungszeitpunkt aufgedeckt und behoben wird, in seinen kostenverursachenden Auswirkungen um den Faktor zehn zu. Dies zeigt deutlich, welche enormen Kosten durch die Nichterfüllung von Qualitätsanforderungen und die Nichtentdeckung von Fehlern in den frühen konzipierenden, konstruierenden und planenden Phasen des Produktlebenszyklus entstehen können.

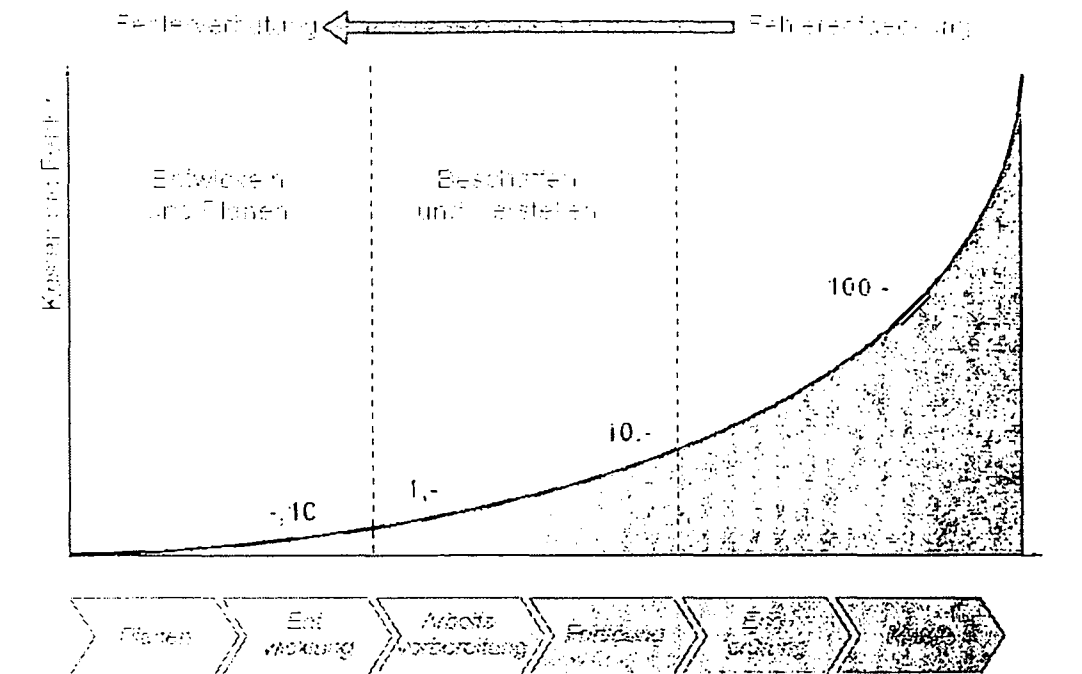


Abb. 1.4: Zehnerregel der Fehlerkosten

Qualitätslenkung

Qualitätslenkung ist die Überwachung und Korrektur der Realisierung einer Einheit mit dem Ziel, die Qualitätsforderung zu erfüllen. Dabei werden die Ergebnisse von Qualitätsprüfungen mit den Vorgaben aus der Qualitätsplanung verglichen und bei Abweichungen (Fehlern) Korrekturmaßnahmen durchgeführt.

Qualitätsprüfung

Bei der Qualitätsprüfung wird festgestellt, inwieweit eine Einheit die Qualitätsanforderungen erfüllt. Es werden die Ist-Werte der Produkt- und Prozessqualität ermittelt. Mit der Prüfung darf jedoch nicht bis zum Abschluss der Entwicklung gewartet werden, weil verfehlte Ziele dann möglicherweise nicht mehr oder nur mit sehr hohen Kosten doch noch erreichbar sind.

Qualitätsverbesserung

Qualitätsverbesserung meint alle Maßnahmen zur Steigerung von Effektivität und Effizienz in Tätigkeiten und Prozessen. Qualitätsverbesserung wirkt sich auf Unternehmens- und Kundeninteressen positiv aus.

Qualitätsmanagement-Darlegung

QM-Darlegung ist die Beschreibung aller geplanten und systematischen Tätigkeiten des QMs als Vertrauensschaffung, dass ein Produkt die festgelegten und vorausgesetzten Erfordernisse erfüllt. Als zentrale Maßnahmen braucht es regelmäßige Überprüfungen, ob das Qualitätsmanagementsystem wie geplant funktioniert und ob die vorgesehenen Qualitätsmaßnahmen wirklich durchgeführt werden. Solche Überprüfungen heißen Audits.

Qualitätsaudit

Q-Audit ist die Durchführung einer systematischen und unabhängigen Untersuchung, um festzustellen, ob die qualitätsbezogenen Tätigkeiten und die damit zusammenhängenden Ergebnisse den geplanten Anordnungen entsprechen und ob diese Anordnungen wirkungsvoll verwirklicht werden und geeignet sind, die Ziele der Q-Politik zu erreichen.

Ein *Qualitätsmanagementsystem* soll die Erfüllung der Qualitätsanforderungen sicherstellen, die vom Management festgelegt wurden. Es umfasst die Organisationsstruktur, Verantwortlichkeiten, Prozesse und Mittel zur Verwirklichung des Qualitätsmanagements. Schon ein einfaches Inspektions- und Kontrollsystem ist ein Qualitätsmanagementsystem.

Wenn es aber darum geht, dass alle Mitarbeiter ein Qualitätsbewusstsein entwickeln und sich gemeinsam für die Qualität eines Produkts oder einer Dienstleistung verantwortlich fühlen, sind umfassendere Qualitätsmanagementsysteme notwendig. Der Leitgedanke solcher Systeme ist die Etablierung einer Qualitätskultur, die in einem Regelwerk von Prinzipien und Normen festgeschrieben wird. Zu ihrer Überwachung, Einhaltung und Steuerung wird ein Kontrollsystem etabliert.

Das Qualitätsmanagementsystem wird gelegentlich auch mit dem Nervensystem eines Organismus verglichen, was recht anschaulich ist: Es stellt die vorliegenden Zustände fest und leitet sie an die zuständigen Organe (Qualitätsplanung) weiter. Umgekehrt transportiert es auch Zustandsberichte der Organe (Qualitätssicherung) an das Gehirn (Qualitätsmanagement) weiter, das dann entsprechende Befehle (Qualitätslenkung) erteilt, um eine kontinuierliche Qualitätsverbesserung zu erzielen. Das Nervensystem arbeitet dann rationell, lückenlos und koordiniert, wenn es alle Organe verbindet und ein einheitliches Ordnungsprinzip vorliegt [9].

Die wesentlichen Änderungen im Bereich des Qualitätsmanagements, die sich in den letzten 20 Jahren vollzogen haben, lassen sich in drei Kernpunkten zusammenfassen:

- Möglichst weitgehende Vorverlagerung von Qualitätsprüfungen mit dem Ziel, Ausschuss und Nacharbeit nicht qualitätskonformer Produkteinheiten von vornherein zu vermeiden.
- Zunehmende Anwendung statistischer Verfahren schon bei der Qualitätsplanung (Methoden des DoE - Design of Experiments, Statistische Versuchsplanung).
- Zunehmende Automatisierung des Qualitätsmanagements und Einführung computergestützter Mess- und Auswertetechniken.

Der heute im Qualitätsmanagement verwendete Qualitätsbegriff geht über die Produkt- und Prozessqualität hinaus und umfasst auch Managementaspekte im Unternehmen.

Ein Unternehmen soll demnach eine umweltorientierte Analyse der Lebensläufe seiner Produkte vornehmen und aus den hieraus entwickelten Ergebnissen Rückschlüsse für seine noch vorzunehmenden Umweltaktivitäten ziehen, die sich aus den einzelnen typischen Produkt-Lebens-Phasen ableiten.

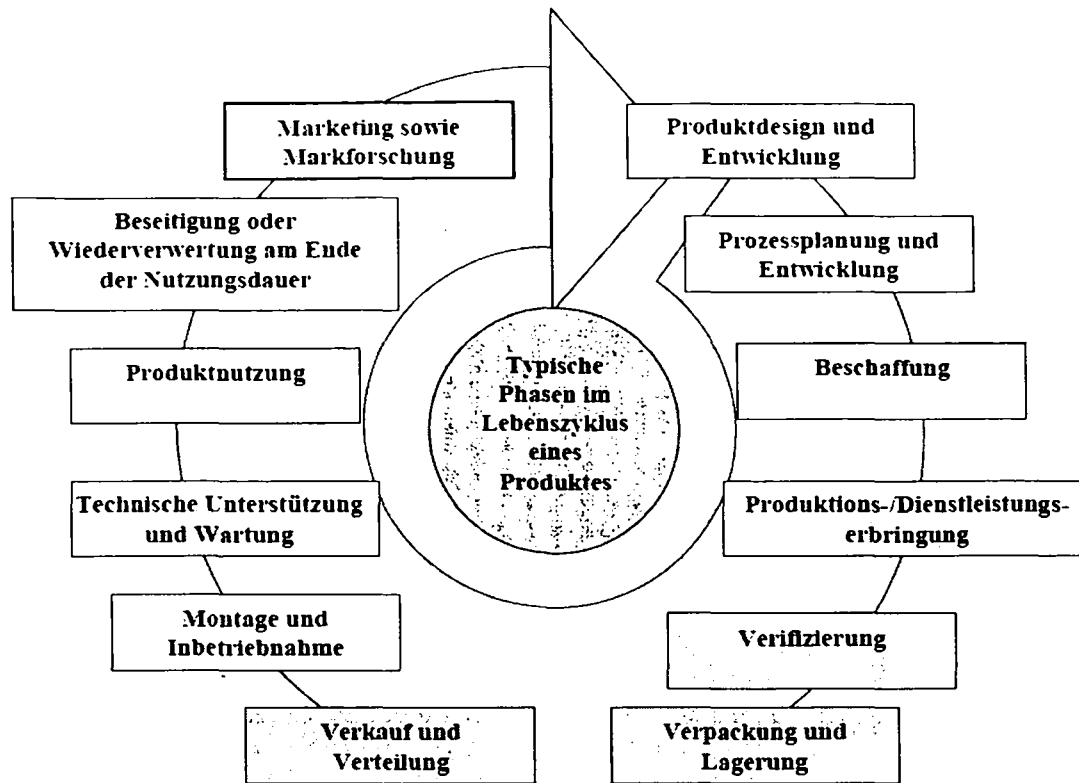


Abb. 1.5: Managementaspekte im Unternehmen

Diese Erweiterung des Qualitätsbegriffs gilt nicht nur für das Total Quality Management (TQM) sondern auch für Qualitätsmanagementsysteme nach ISO 9000:2000.

Das Konzept TQM beschränkt sich nicht nur auf die Unternehmung, sondern zieht seine gesamte Umwelt in die Betrachtung mit ein [11].

1.2 Entwicklung des Total Quality Managements

Unternehmen befinden sich in einem Zeitalter permanenter Veränderung. Die Globalisierung verschärft den internationalen Wettbewerb, die Gesellschaft ändert immer schneller ihre Präferenzen und die Märkte sind schwieriger vorhersehbar. Hauptkonkurrenten der Unternehmen sind nicht mehr externe Mitbewerber sondern interne Selbstzufriedenheit. Unternehmen suchen folglich nach Konzepten, die es ihnen erlauben, sich kontinuierlich zu verbessern und anzupassen. Total Quality Management (TQM) wird als Ansatz vorgeschlagen, sich mit der permanenten Veränderung der Geschäftsumstände auseinanderzusetzen. TQM ist ein visionäres Konzept, das sich aus folgenden Komponenten entwickelt hat:

- Philosophien von "Qualitätspionieren"
- Entwicklung des Qualitätsmanagements in Japan

1.2.1 Überlegungen und Entwicklungen bedeutender Qualitätsexperten

Die Entwicklung umfassender Qualitätskonzepte wurde von einigen Qualitätsexperten vorangetrieben, welche die Entwicklung des modernen Qualitätsmanagements besonders geprägt haben.

Einige Vordenker einzelner Entwicklungsstufen, welche diese maßgeblich prägten, wirkten dabei weit vor der Umsetzung ihrer Ideen und Konzepte [12].

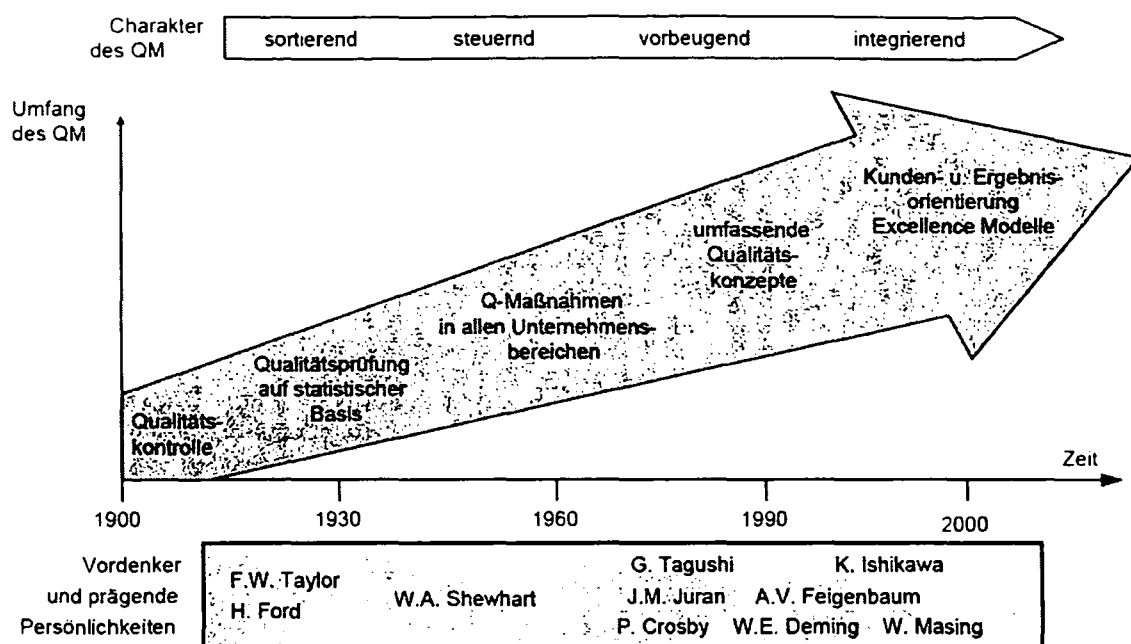


Abb. 1.6: Entwicklungsstufen des Qualitätsmanagements

1.2.2 Methoden der statistischen Qualitätskontrolle

Walter A. Shewhart, damals Ingenieur bei den Bell Telephone Laboratories, steht für die Idee der Steuerung und Regelung produktionstechnischer Prozesse mit Hilfe wissenschaftlich fundierter Methoden der statistischen Qualitätskontrolle. 1924 entwickelte der Amerikaner eine erste Kontrollkarte zur Überwachung des Ausschussanteils in der Fertigung. Durch die Weiterentwicklung und den Einsatz der Kontrollkartentechnik und Stichprobenprüfverfahren wurde eine drastische Verringerung des vor allem in der Endkontrolle tätigen Prüfpersonals möglich. Dies war der Beginn des heute verstandenen Qualitätsmanagements. Das 1934 von Shewhart herausgegebene Buch "*Economic Control of Quality of Manufactured Product*" gilt als Standardwerk auf dem Gebiet der statistischen Qualitätssicherung. Einen Höhepunkt fanden die statistischen Prüfungen während des 2. Weltkriegs.

In Anerkennung der Verdienste von Walter A. Shewhart um die Entwicklung und Verbreitung der statistischen Grundlagen der industriellen Qualitätsprüfung verleiht die American Society for Quality Control (ASQC) jährlich eine Shewhart - Medaille an einen verdienten Fachmann aus dem Bereich der Qualitätssicherung.

1.2.3 Dynamische Verbesserung

W. Edwards Deming sorgte mit seinen Philosophien für eine Revolution in der japanischen Industrie in den Bereichen Qualität und Produktivität. Der Amerikaner ging 1950 auf Einladung der Japanese Union of Scientists and Engineers nach Japan, um dort den Wiederaufbau der Industrie zu fördern. Er entwickelte eine unternehmensweite Qualitätsphilosophie, deren Kernstück 14 *Management-Prinzipien* sind, die auf alle Unternehmensbereiche anzuwenden sind. Die Philosophie fordert die Einbeziehung aller Mitarbeiter, besonders wichtig ist hier das klare Bekenntnis der Unternehmensleitung zur Qualität, da nach Auffassung Demings wirkliche Änderungen nur von der Unternehmensleitung ausgelöst werden können.

Demings 14 Punkte:

1. Schaffe einen feststehenden Unternehmenszweck in Richtung auf eine ständige Verbesserung von Produkt und Dienstleistung.
2. Wende die neue Philosophie an, um wirtschaftliche Stabilität sicherzustellen.
3. Beende die Notwendigkeit und Abhängigkeit von Vollkontrollen, um Qualität zu erreichen.
4. Beende die Praxis, Geschäfte auf Basis des niedrigsten Preises zu machen.
5. Suche ständig nach Ursachen von Problemen, um alle Systeme in Produktion und Dienstleistung sowie alle anderen Aktivitäten im Unternehmen beständig und immer wieder zu verbessern (Ständige Verbesserung).
6. Schaffe moderne Methoden des Trainings und des Wiederholtrainings direkt am Arbeitsplatz und für die Arbeitsaufgabe.
7. Setze moderne Führungsmethoden ein, die sich darauf konzentrieren, den Menschen (und Maschinen) zu helfen, ihre Arbeit besser auszuführen.
8. Fördere effektive, gegenseitige Kommunikation sowie andere Mittel, um die Atmosphäre der Furcht innerhalb des gesamten Unternehmens zu beseitigen.
9. Begrenze die Abgrenzung der einzelnen Bereiche voneinander.
10. Beseitige den Gebrauch von Aufrufen, Plakaten und Ermahnungen.
11. Beseitige Leistungsvorgaben, die zahlenmäßige Quoten (Standards) und Ziele für die Werker festlegen.
12. Beseitige alle Hindernisse, die den Werkern und den Vorgesetzten das Recht nehmen, auf ihre Arbeit stolz zu sein.
13. Schaffe ein durchgreifendes Ausbildungsprogramm und ermuntere zur Selbstverbesserung für jeden einzelnen.
14. Definiere deutlich die dauerhafte Verpflichtung des Top-Managements zur ständigen Verbesserung von Qualität und Produktivität.

Man kann darüber diskutieren, welcher der 14 Punkte der wichtigste ist - alle haben ihre Bedeutung. Nur die Unternehmensleitung kann Unternehmensziele festlegen, die sich daraus ergebenden Langzeitstrategien definieren und eine entsprechend koordinierte Politik verfolgen, wobei alle diese Vorgänge allen Mitarbeiter vermittelt werden müssen.

W. Edwards Deming entwickelte bereits 1950 in der japanischen Industrie in den Bereichen Qualität und Produktivität eine unternehmensweite Q- Philosophie die als Deming-Kette bekannt ist, die letztlich die Sicherheit der Arbeitsplätze und den Gewinn eines Unternehmens auf das Vorhandensein von Qualität zurückführt (Abb. 1.7).

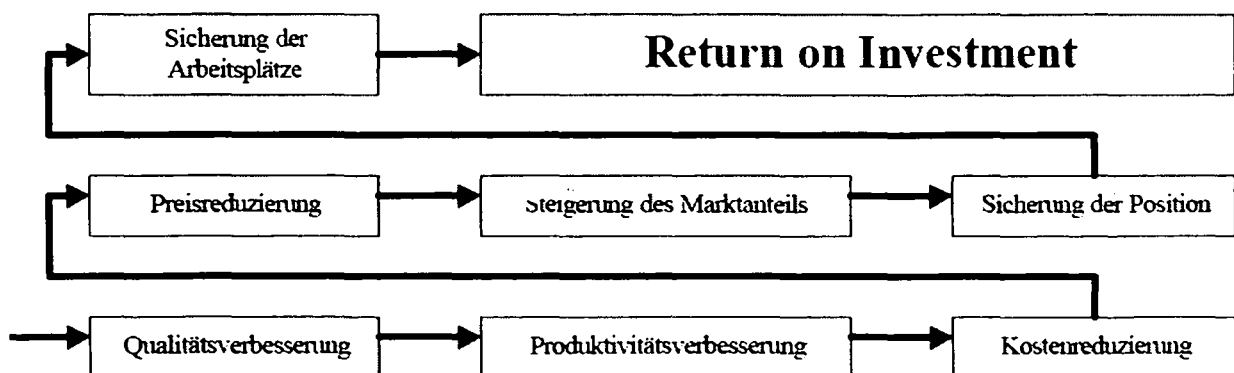


Abb. 1.7: Deming's "Chain Reaction"

Das Deming Cycle oder der PDSA Zyklus, ist ein Model für ununterbrochene Verbesserung der Qualität. Sie besteht aus einer logischen Reihenfolge von vier sich wiederholenden Schritten für ununterbrochene Verbesserung und das Lernen heraus: Plan, Do, Study, Act. (Abb.1.8) [13]. Im Kern wird mit diesem Kreislauf die Aufgabe beschrieben, im Rahmen eines systematischen Qualitätsmanagements durch aktives und vorausschauendes Handeln permanent für eine dauerhafte Verbesserung der Leistung, der Abläufe und der Potenziale eines Unternehmens zu sorgen. Die damit verbundenen Einzelaufgaben sind:

- Plane das Vorgehen, das erforderlich ist, um das (zuvor gesetzte) Ziel zu erreichen (Plan)
- Setze das Vorgehen konsequent um (Do)
- Erkenne der Ergebnisse / Auswirkungen des Handelns (der Umsetzung des Planes) und lerne daraus (Study)
- Erkenne die erforderlichen Konsequenzen und setze neue Ziele (Act)
- und beginne wieder bei Plan.

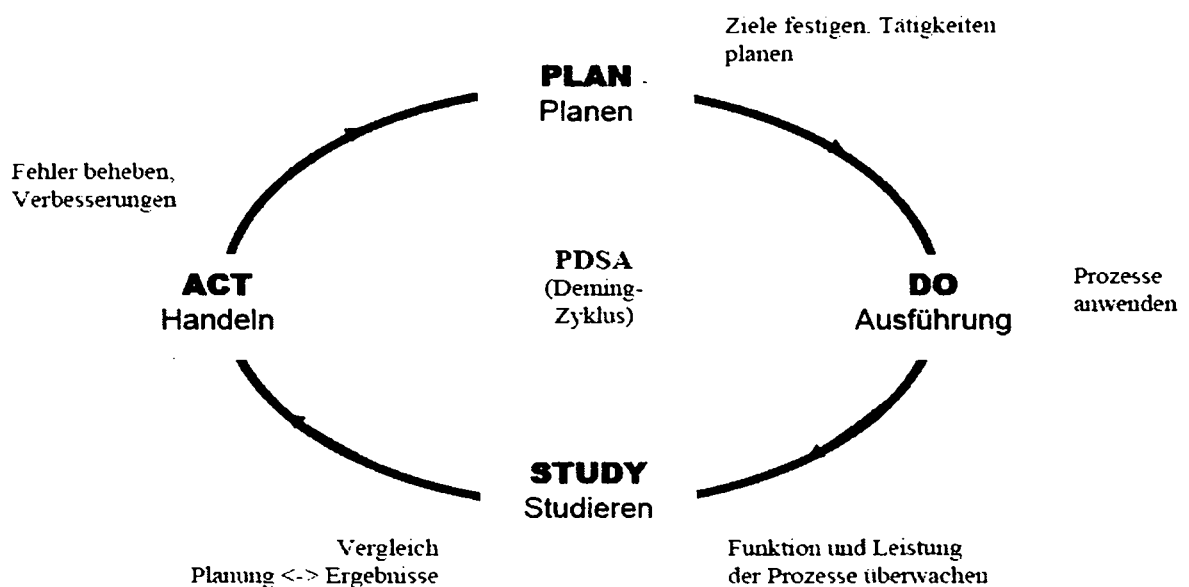


Abb. 1.8: PDSA - Zyklus

Als sieben tödliche Krankheiten (Todsünden) bezeichnete Deming die Verstöße gegen die 14 Punkte, die besonders negative Konsequenzen haben und damit zum Scheitern des gesamten Managementprogramms führen können:

1. Fehlen eines feststehenden Unternehmenszwecks
2. Betonung von kurzfristigen Gewinnen
3. Jährliche Bewertung, Leistungsbeurteilung, persönliches Beurteilungssystem
4. Hohe Fluktuation in der Unternehmensleitung
5. Verwendung von Kenngrößen durch das Management ohne Berücksichtigung unbekannter und nicht quantifizierter Größen
6. Überhöhte soziale Kosten
7. Überhöhte Kosten infolge Produkthaftung

Als Hindernisse bezeichnete er die Unterschätzung des notwendigen Aufwands und die Erwartung kurzfristiger Ergebnisse. W. Edwards Deming ist der wohl bekannteste Berater,

Lehrer und Autor (über 200 Veröffentlichungen) zum Thema Qualität. In Anerkennung seiner Verdienste um die japanische Wirtschaft verleiht die Japanese Union of Scientists and Engineers jährlich einen Deming-Preis für erfolgreiche unternehmensweite Qualitätskonzepte [14].

1.2.4 Total Quality Control

Der Amerikaner **Armand V. Feigenbaum** formulierte 1961 das Konzept *Total Quality Control* (TQC). TQC ist eine das gesamte Unternehmen umfassende Qualitätsstrategie, die sich an den *Kundenbedürfnissen* ausrichtet. Sämtliche Unternehmensvorgänge tragen zur Erfüllung von Kundenbedürfnissen bei. Daraus folgt, dass jeder Mitarbeiter für Qualität verantwortlich ist. Charakteristische Elemente von Total Quality Control sind:

- Definition und klarer Aufbau von Qualitätspolitik und -zielen
- Ausrichtung an den Kundenbedürfnissen
- Gezielte Aktivitäten zur Umsetzung der Qualitätspolitik und zur Erreichung der Qualitätsziele
- Unternehmensweite Integration der qualitätsbezogenen Aktivitäten
- Eindeutige Übertragung von Aufgaben und Verantwortung
- Festlegung der erforderlichen Ausstattung
- Spezielle Qualitätsmanagement-Maßnahmen der Lieferanten
- Festlegung von wirkungsvollen Qualitätsinformationen, Prozessen und Überwachungsmethoden
- Hohes Qualitätsbewusstsein, unternehmensweite Motivation und Qualifikation der Mitarbeiter
- Einführung von Messgrößen als Qualitätsstandards
- Einführung positiv wirkender Korrekturmaßnahmen
- Kontinuierliche Selbstüberprüfung, Regelkreise, Ergebnisanalysen und Soll-Ist-Vergleiche
- Durchführung periodischer Systemaudits

Für Feigenbaum beinhaltet jede Aufgabe im Unternehmen qualitätsrelevante Elemente, dabei nennt er folgende Hauptaufgaben innerhalb des TQC-Konzeptes:

- Konstruktion neuer Produkte analog den Kundenanforderungen mit Analyse möglicher Fehler
- Überwachung der Qualität angelieferter Produkte
- Steuerung der Produktion und Überwachung der Produkte entsprechend den Qualitätsanforderungen einschließlich Kundendienst und Wartung
- Prozessstudien zur Erforschung von Fehlerursachen und zur Verbesserung von Produkten und Prozessen [15].

1.2.5 Totale Kundenorientierung

Joseph M. Juran steht für eine managementorientierte Unternehmensphilosophie, bei der ein systematischer, kontinuierlicher Verbesserungsprozess in drei Stufen erfolgt, der als *Qualitäts-Trilogie* bzw. als *Juran-Trilogie* bezeichnet wird. Die Trilogie besteht aus den Schritten *Qualitätsplanung*, *Qualitätsregelung* und *Qualitätsverbesserung* [16].

Durch unzureichende *Qualitätsplanung* von Produkten und Prozessen entstehen in der Fertigung hohe Qualitätsschwankungen und Fehlerquoten, die als unvermeidbar hingenommen werden. Es entstehen chronische Verluste. Durch *Qualitätsregelung* müssen Toleranzüberschreitungen und erhöhte Fehlerquoten verhindert werden ("Löschen der schlimmsten Brände") und anschließend durch *Qualitätsverbesserungen* die Qualitätsschwankungen und Fehlerquoten unterhalb des ursprünglich geplanten Niveaus gedrückt werden. Die dabei gesammelten Erfahrungen müssen

wieder in die Qualitätsplanung mit einfließen. In seiner Philosophie wandte der Amerikaner Joseph M. Juran auch das *Pareto-Prinzip* auf das Qualitätsmanagement an, indem er 20 % möglicher Ursachen für Probleme als "vital few" (entscheidende Wenige), den Rest möglicher Ursachen als "useful many" (nützliche Viele) bezeichnete.

Die Pareto-Analyse dient im Rahmen des Qualitätsmanagements zur Identifizierung von Ursachen, die am stärksten zu einem Problem beitragen, und zu deren Trennung von den "vielen kleinen Ursachen". Sie verdeutlicht, welche Problemursachen als erstes beseitigt werden müssen, um ein Problem rasch zu mindern.

Zur Sensibilisierung von Führungskräften sollen Qualitätsmängel in Form von Qualitätskosten erfasst werden. Für die systematische Problemlösung schlägt er zwei Phasen vor:

1. die diagnostische Phase (Problemanalyse), die vom Symptom zur Ursache führt, und
2. die therapeutische Phase (Ursachenbeseitigung), die von der Ursache zur Therapie und Lösung des Problems führt.

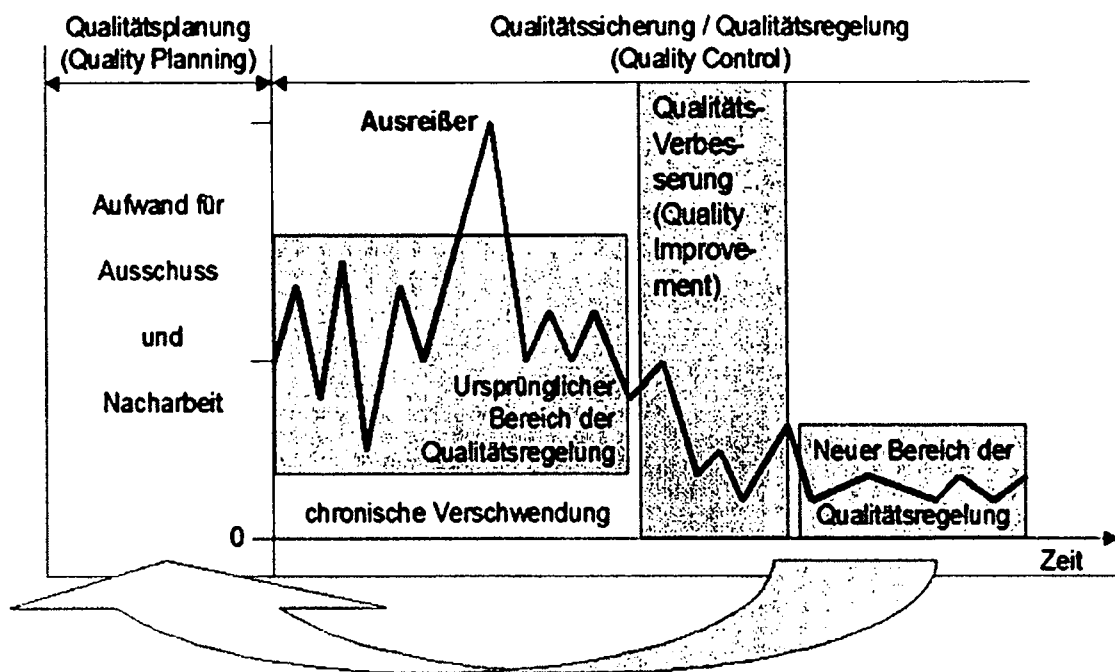


Abb. 1.9: Drei Schritte zur Qualitätsverbesserung

1.2.6 "Null - Fehler"

Philip B. Crosby wurde vor allem durch sein Konzept "Do It Right the First Time" (mache es beim ersten Mal richtig) bekannt. Er kündigte die Qualitätsrevolution an, führte auch den Begriff "Null-Fehler" (Zero Defects) in den alltäglichen Sprachgebrauch ein und löste eine Qualitätsbewegung aus die auch heute noch an Macht gewinnt. Mit der "Null-Fehler-Philosophie" versucht Crosby sich vom Toleranzgrenzenmodell abzugrenzen. Es geht ihm hier mehr um ein Umdenken bei der Entwicklung von Systemen und nicht um die Veränderung von Menschen. Nach Crosby müssen die einzelnen Prozess-Schritte bewertet und verbessert werden. Kontrollen am Ende eines Produktionsprozesses sind "zu spät." Als Maßstab eines aussagefähigen und überprüfaren Qualitätsniveaus in allen Unternehmens-Bereichen verwendet Crosby die Qualitätskosten, in denen er ein geeignetes Instrumentarium zur Sensibilisierung von Führungskräften sieht. Nun, nachdem sich sein Konzept fast zwei Jahrzehnte lang entfalten konnte, beschäftigt sich Crosby erneut mit seinen ursprünglichen Prinzipien des

Qualitätsmanagements, um festzustellen, welche Fortschritte gemacht wurden - und um den Weg zu neuen Herausforderungen (und Erfolgen) für Anhänger der Qualität zu weisen.

Der erforderliche kulturelle Umschwung wird in seinen vier Geboten zusammengefasst:

1. Qualität als Erfüllung der Forderungen (Konformität)
2. Qualität bedeutet Fehlervermeidung, nicht deren Aufdeckung
3. Erreichung des höchsten Qualitätsstandards
4. Maßstab für die Qualität sind die Kosten für die Nichterfüllung von Anforderungen.

Die Umsetzung dieser vier Gebote wird in einem 14 - Punkte - Programm zusammengefasst:

1. Verpflichtung des Managements
2. Lenkungsgruppe für Qualitätsverbesserung
3. Qualitätsmessung in allen betrieblichen Bereichen
4. Evaluierung der Qualitätskosten
5. Vermittlung eines Qualitätsbewusstseins
6. Durchführung von Korrekturmaßnahmen
7. Etablierung eines Komitees für eine Null - Fehler - Planung
8. Trainingsprogramme und Schulungen der Vorgesetzten
9. Einführung eines Null - Fehler - Tages (Tag der Qualität)
10. Mitarbeiter sollen sich eigenständig Ziele setzen
11. Beseitigung der Fehlerursachen
12. Anerkennung von Leistungsansporn
13. Expertengruppen zur Qualitätsverbesserung
14. Ständige Wiederholung des Programms (wieder von vorne beginnen) [17].

1.2.7 Qualitätszirkel

Kaoru Ishikawa, der zu den Pionieren japanischer Qualitätsbestrebungen zählt, wandte bereits in den frühen 50er Jahren ein Gruppenarbeitskonzept zum Qualitätsmanagement an, welches auf den Faktoren Freiwilligkeit, Mitarbeiterorientierung und Respekt vor dem Menschen beruht. Dieses Konzept wurde später unter dem Begriff *Qualitätszirkel* bekannt und fand vor allem in Japan eine breite Anwendung. Zur Unterstützung der Arbeit von Qualitätszirkeln stellte er *elementare Werkzeuge* zusammen, von denen eines das von ihm entwickelte *Ursache-Wirkungs-Diagramm* (Ishikawa-Diagramm) ist.

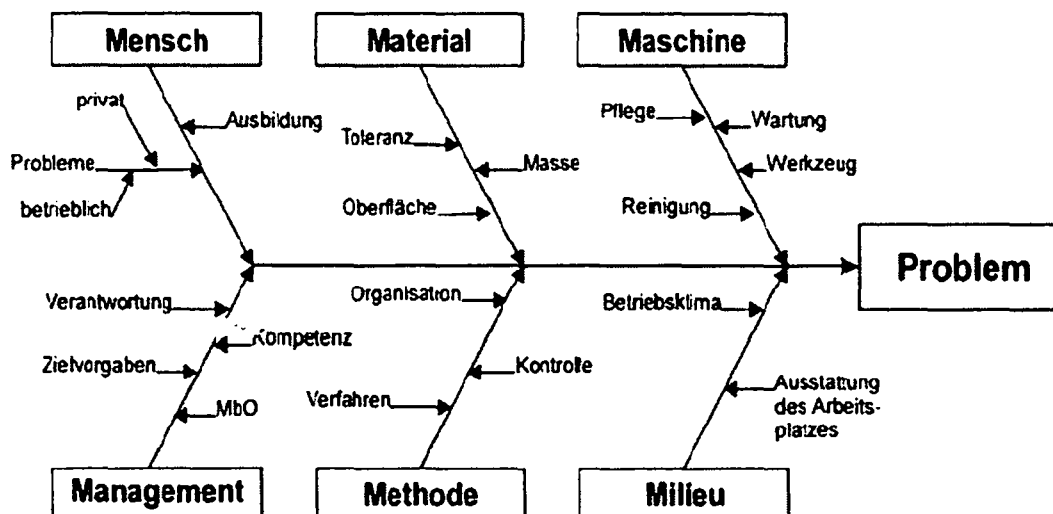


Abb. 1.10: Strukturierte Darstellung von Problemursachen

Aufbauend auf den Arbeiten von Deming, Juran und Feigenbaum sowie eigenen Erfahrungen stellte Kaoru Ishikawa das Konzept des *Company-Wide Quality Control* (CWQC) vor. CWQC umfasst alle qualitätsrelevanten Aktivitäten innerhalb eines Unternehmens und bezieht die Mitarbeiter aller Hierarchiestufen mit ein. Auf allen Ebenen werden Qualitätszirkel eingesetzt. Im Gegensatz zu anderen Konzepten, bei denen sich Kundenorientierung nur auf externe Kunden bezieht, erweitert Ishikawa Kundenorientierung auch auf interne Kunden. Für jeden Mitarbeiter ist der nachfolgende im Prozess der Kunde. Neben dieser internen Kundenorientierung stehen umfangreiche Schulungskonzepte im Mittelpunkt. Dadurch entsteht eine durchgängige Kunden-Lieferanten-Beziehung, in der die interne Kundenorientierung zur Erfüllung der Anforderungen externer Kunden beiträgt. Die Philosophie von CWQC lässt sich zu den folgenden Kernaussagen verdichten:

1. Quality first - Qualität ist wichtiger als ein kurzfristiges Gewinnstreben.
2. Qualität ist Erfüllung der Anforderungen der Kunden.
3. Abbau von Abteilungsdenken und Aufbau einer durchgängigen Kunden- Lieferanten-Beziehung.
4. Einführung des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses mit regelmäßigen interdisziplinären Teams auf der Grundlage von statistischen Methoden.
5. Einbeziehung und Mitwirkung sämtlicher Mitarbeiter, vom Management bis zur ausführenden Ebene
6. Fokussierung auf das soziale System, wie Teamarbeit, Gruppendynamik, Motivation [18].

1.2.8 Produktions- und Qualitätssystem von Taguchi

Der japanische Statistiker und Qualitätsexperte Genichi Taguchi hat maßgeblich zu einer umfassenderen Sicht der Qualitätssicherung beigetragen.

Taguchi definiert Qualität durch eine „*Qualitätsverlustfunktion*“. Die Qualitätsverlustfunktion (Quality Loss Function) ist auch bekannt als "Betrug am Kunden" oder "Verlust der Gesellschaft". Dazu stellt Taguchi eine Parabel mit ihrem Minimum auf den Zielwert. Die Fläche zwischen der Parabel, der Abszisse und der oberen und unteren Eingriffsgrenze stellt den Verlust dar. Denn die geringere Qualität durch die Arbeit an den Toleranzgrenzen führt zu mehr Fehlern und Ausfällen und erhöht somit die Kosten [19].

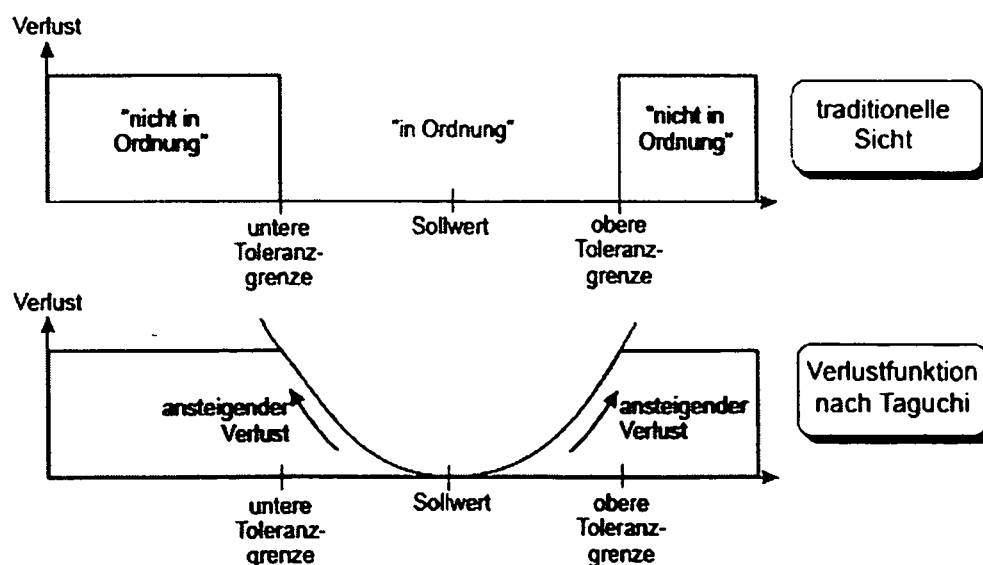


Abb. 1.11: Qualitätsverlustfunktion

Das Neuartige am Ansatz von Taguchi ist, dass er außer den allgemein anerkannten Aktivitäten zur Online-Qualitätskontrolle eine weitere Gruppe von Aktivitäten - die Offline-Qualitätskontrolle - identifiziert, die ebenfalls Einfluss auf die Verbesserung der Qualität hat. Unter Online-Qualitätskontrolle fasst der japanische Wissenschaftler jene Aktivitäten zusammen, die während der Erzeugung des Produktes oder nach dessen Produktion durchgeführt werden. Statistische Prozesskontrolle und Qualitätsprüfungen gehören zu dieser Gruppe.

Diese Betrachtungsweise des Japaners bedeutet eine völlige Abkehr von dem traditionellen Verständnis, wonach alle Ergebnisse, die innerhalb einer vorgegebenen Toleranz liegen, als qualitativ gleichwertig und ohne Unterschied anzusehen sind.

Um die verlustbringenden Abweichungen in der Fertigung zu verhindern, müssen Fertigungsprozesse unempfindlich gegen Störeinflüsse gemacht werden. Derartig robuste Prozesse (Robust Design) werden über die Schritte System Design, Parameter Design und Tolerance Design erreicht. Dazu wendet Genichi Taguchi die Methode der statistischen Versuchsplanung (Design of Experiments) an.

Für seine Untersuchungen zur Anwendung der Methodik der Versuchsplanung für das Qualitätsmanagement wurde Genichi Taguchi unter anderem mit dem Deming - Preis ausgezeichnet.

1.2.9 Qualitätskreis von Walter Masing

Walter Masing gilt insbesondere in Deutschland als Wegbereiter der modernen, industriellen Qualitätswissenschaft. Er erkannte frühzeitig die Bedeutung des Qualitätsmanagements für den Wirtschaftsstandort Europa und hat die breitenwirksame Umsetzung des Qualitätsgedankens vorangetrieben.

In seiner Philosophie steht die betriebswirtschaftliche Bedeutung der Qualität im Vordergrund. Qualität ist nie Selbstzweck, sondern entscheidet über den wirtschaftlichen Erfolg eines Produktes.

Im Qualitätskreis von Walter Masing ist ein Kreislauf beschrieben, der sich von der Planungsphase über die Realisierungsphase bis zur Nutzungsphase erstreckt:

Planungsphase:

Marktforschung, Konzept, Entwurf, Erprobung, Fertigungsplanung

Realisierungsphase:

Beschaffung, Fertigung, Endprüfung, Lagerung, Versand

Nutzungsphase:

Instandhaltung, Entsorgung

Bei Qualität handelt es sich also nicht um eine Einbahnstraße und sie endet für das Unternehmen auch nicht mit der Auslieferung des Produktes an den Kunden. Vielmehr erstreckt sie sich von der Marktforschung (was will der Kunde eigentlich haben und welche Erwartungen stellt er an das Produkt) bis hin zur Entsorgungsfrage (wohin mit dem gebrauchten Produkt - Umweltverträglichkeit).

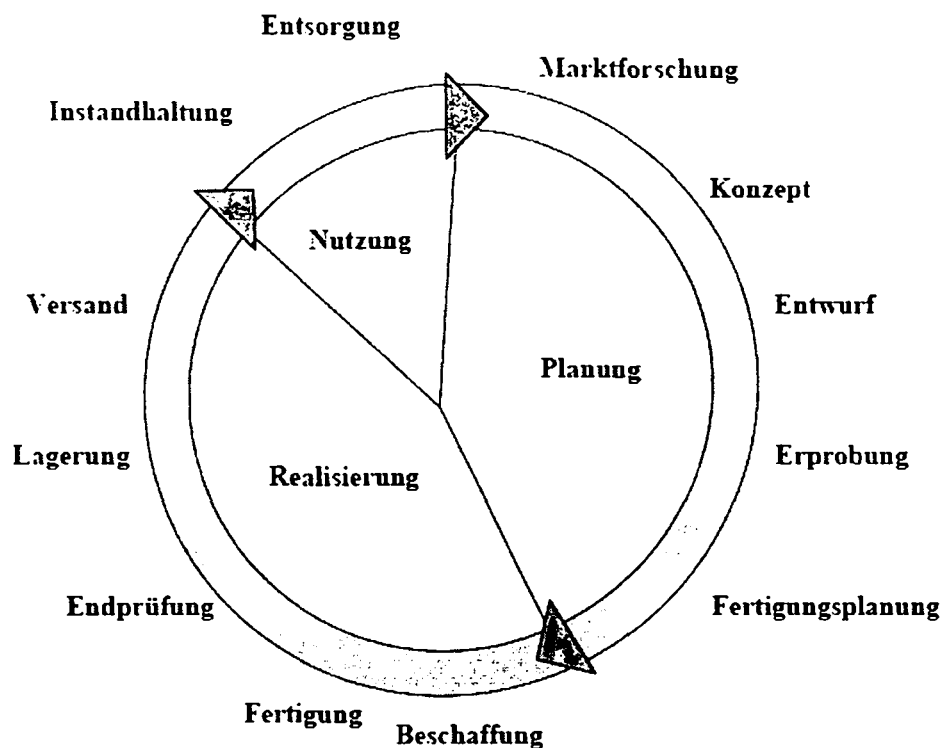


Abb. 1.12: Qualitätskreis von Walter Masing

Walter Masing war der erste Vorsitzende der *Deutschen Gesellschaft für Qualität e. V.* (DGQ) und ist Herausgeber der Zeitschrift *Qualität und Zuverlässigkeit* sowie des *Handbuches Qualitätsmanagement*, welches im deutschsprachigen Raum als Standardwerk der Qualitätslehre gilt [20].

In Anerkennung seiner Verdienste verleiht die DGQ jährlich den Walter-Masing-Förderpreis. Qualitätsphilosophien sind eine Art geistiger Überbau. Ihr Zweck ist denk- und verhaltensnormativ, ohne eine eindeutig definierte Vorgehensweise. Sie zielen auf die Arbeitsmentalität bzw. Geisteshaltung, die als organisationsgenetischer Code das Mitarbeiterverhalten und die Unternehmenskultur qualitätsaktivierend prägen soll.

1.2.10 Definition des TQM, Ziele und Aufgaben

Aus den Theorien der Qualitätspioniere und dem Einfluss Japans hat sich das Managementkonzept des Total Quality Management (TQM) entwickelt. TQM ist „ein strategisches, integriertes Managementsystem zur Erreichung zufriedener Kunden. Das Managementsystem bezieht alle Vorgesetzten und Mitarbeiter/-innen mit ein. Man benützt qualitative Methoden, um die Prozesse im Unternehmen dauernd zu verbessern“. Dies ist eine von Dutzenden von Definitionen. Sie stammt vom "Federal Quality Institute" der USA.

Total Quality Management, zu Deutsch Umfassendes Qualitätsmanagement, ist eine auf der Mitwirkung aller ihrer Mitglieder basierende Führungsmethode einer Organisation, die die Qualität in den Mittelpunkt stellt und durch Zufriedenstellung der Kunden auf langfristigen Geschäftserfolg, sowie auf Nutzen für die Mitglieder der Organisation und für die Gesellschaft zielt [21].

Der Begriff des Total Quality Managements kann anhand seiner Begriffsbestandteile in drei Komponenten zerlegt werden.

T für Total, das heißt Einbeziehen aller Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen, aber auch ganz besonders der Kunden und Lieferanten, weg vom isolierten Funktionsbereich, hin zum ganzheitlichen Denken.

Q steht für Quality, Qualität der Arbeit, der Prozesse und des Unternehmens, aus denen heraus die Qualität der Produkte wie selbstverständlich erwächst.

M steht für Management und hebt schließlich die Führungsaufgabe "Qualität" und die Führungsqualität hervor.

Insofern kann TQM aus dem Blickwinkel der Wissenschaft als Führungslehre, aus Sicht der Unternehmen als Führungsmodell gelten [22]. Ein umfassendes TQM-System ist vielschichtig und bezieht sich sowohl auf das technische als auch auf das soziale System der Organisation. Dabei spielt die Komponente der Unternehmenskultur eine wichtige Rolle, da es immer auch um die Vermittlung neuer bzw. um die Korrektur vorherrschender Werte geht. TQM beinhaltet also eine komplette Qualitätsphilosophie. Als Grundsätze dieser Qualitätsphilosophie lassen sich folgende Elemente anführen:

- Kundenorientierung,
- qualitätsorientiertes Managementverhalten,
- Einbezug aller Mitarbeiter,
- interne Kunden-Lieferanten-Beziehungen,
- Teamarbeit,
- Prozessorientierung,
- Integration der gesamten Prozesskette,
- Präventive Fehlervermeidung sowie
- kontinuierliche Verbesserung aller Prozesse, Produkte und Dienstleistungen

Total Quality Management ist eine Ablauf orientierte Führungspraxis, zwischen Unternehmensleitung und Mitarbeitern. Das primäre Ziel einer solchen Ausrichtung ist die Verbesserung der Qualitätsfähigkeit eines Unternehmen, welche als „...Fähigkeit, ein Leistungsangebot (Produkt und Dienstleistung) in gleichmäßiger Qualität, auf festgelegtem Qualitätsniveau, in kurzer Zeit, unter Einhaltung vereinbarter Liefertermine, in vereinbarter oder ausreichender Menge, am richtigen Ort, in der richtigen Art und Weise, zu niedrigen Kosten zu erbringen, welches die Bedürfnisse der relevanten Anspruchsgruppen erfüllt" beschrieben wird. Diese Befähigung wird durch eine prozessorientierte Sichtweise sämtlicher betrieblicher Abläufe erreicht. Diese trägt dazu bei, die komplexen Zusammenhänge innerhalb des Unternehmens so zu veranschaulichen, dass es jedem Mitarbeiter ermöglicht wird, eine selbständige Verantwortung für die Qualität innerhalb seines Tätigkeitsgebiets (und darüber hinaus) zu tragen. Somit können alle Betriebsangehörigen aus sämtlichen Bereichen in die Qualitätsverbesserung einbezogen werden [23].

Im Rahmen eines TQM-Konzepts soll präventiv sichergestellt werden, dass Qualität bereits beim Entwurf und der Entwicklung eines Produkts gewährleistet wird und Fehler bzw. Abweichungen gar nicht erst entstehen können [24]. Qualität wird zum obersten Unternehmensziel, TQM zur übergeordneten Unternehmensstrategie.

Abbildung 1.13 zeigt wesentliche Elemente eines umfassenden Qualitätsmanagements (TQM) und deren Zusammenhang.

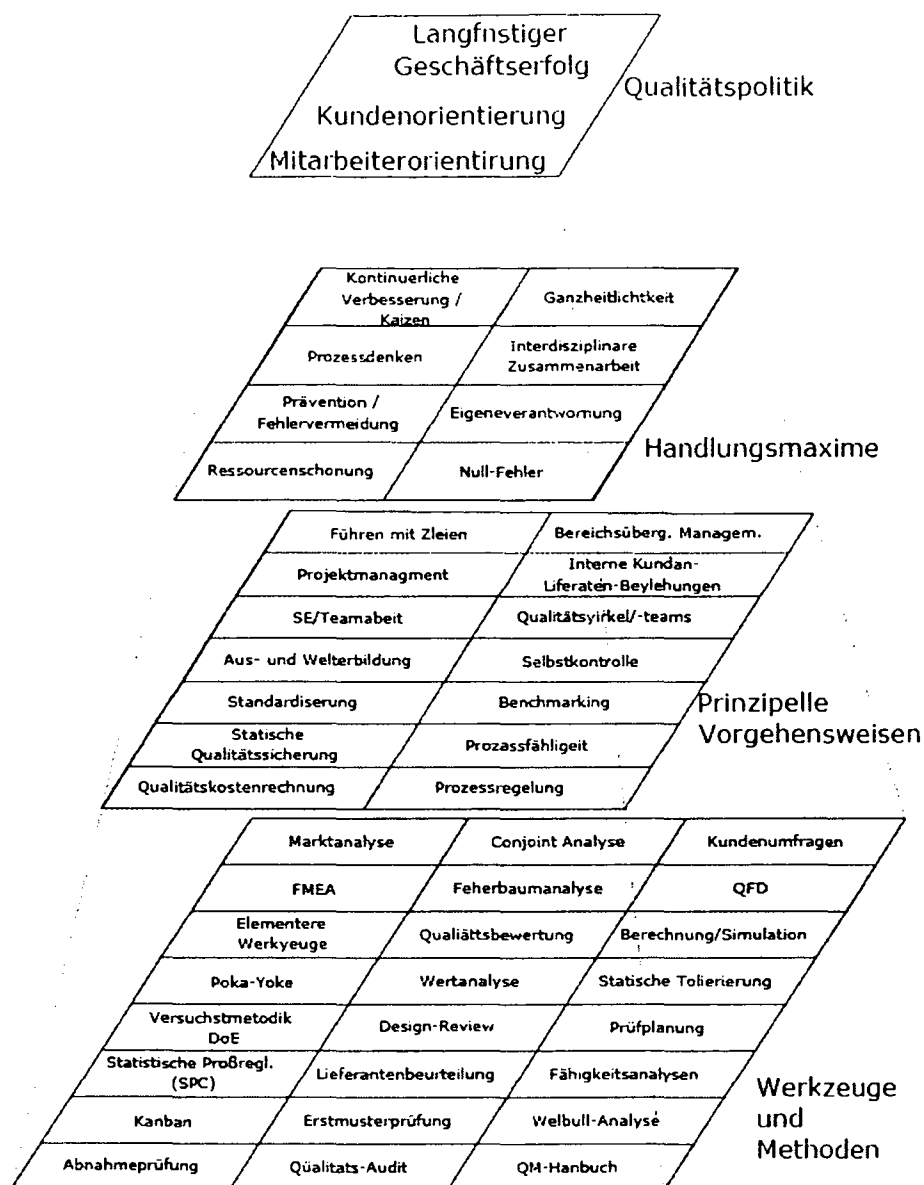


Abb. 1.13: Elemente eines umfassenden Qualitätsmanagements (TQM)

1.3 Ein TQM Ansatz – Der Europäischen Modell für Excellence

TQM ist an sich eine Managementvision, ohne feste Prinzipien der Implementierung. Es haben sich jedoch internationale TQM Modelle entwickelt, die heute als Grundlage zur Bewertung von TQM geführten Unternehmen gelten. Dazu gehören der Deming Application Preis aus Japan und der Malcom Baldrige National Quality Award (MBNQA), der in den USA verliehen wird. Als Reaktion auf die Erfolge der Anwendung des MBNQA gründeten am 15. September 1988 vierzehn führende europäische Unternehmen die European Foundation for Quality Management (EFQM). Das EFQM - Konzept (Modell für Excellence der European Foundation for Quality Management) hat sich in Europa als Richtlinie für die Einführung von TQM durchgesetzt. [25]

Das EFQM - Modell für Excellence dient der ganzheitlichen Betrachtung von Organisationen und hat zum Ziel, Kundenzufriedenheit, Mitarbeiterzufriedenheit und positive gesellschaftliche Verantwortung zu steigern und mittels einer spezifischen Strategie einer geeigneten Mitarbeiterorientierung sowie das Management der Ressourcen und Prozesse zu erfolgreichen Ergebnisse zu führen.

Die grundlegenden Managementprinzipien des EFQM - Modells lauten wie folgt:

- Kundenorientierung
- Partnerschaft mit Lieferanten
- Mitarbeiterentwicklung und -beteiligung
- Management mit Prozessen und Fakten
- Ständige Verbesserung und Innovation
- Führung und Zielkonsequenz
- Gesellschaftliche Verantwortung
- Ergebnisorientierung

Das EFQM - Modell beruht auf dem Zusammenwirken von Kriterien, welche sich in Befähiger und Ergebnisse unterteilen lassen [26].

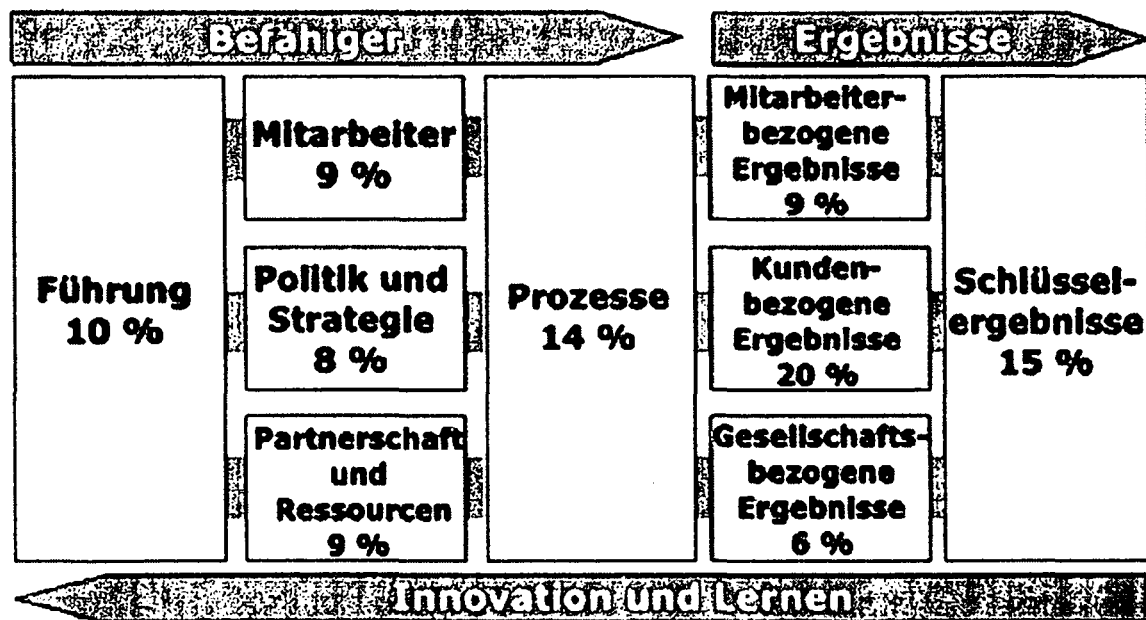


Abb. 1.14: Das EFQM Modell

Die "Befähiger" - Kriterien behandeln das Vorgehen einer Organisation. Mit den Befähigern wird definiert, wie sie dabei vorgehen will und mit welchen Mitteln und Wegen sie die Ergebnisse erarbeiten will.

Ausgangspunkt ist eine nachhaltige vorbildhafte Führung vom Management. Unter Einbeziehung aller Mitarbeiter und mit Hilfe einer TQM orientierten Politik und Strategie wirkt die Führung auf Ressourcen, Prozesse und die Ergebnisse ein.

Befähiger - Kriterien (Enablers)		
Kriterium Nummer-Name	Gewichtung	Beschreibung
1 - Führung	10 %	Wie die Führungskräfte beim Erarbeiten und beim Erreichen von Vision und Mission mitarbeiten und als Vorbilder bei der Umsetzung im Unternehmen wirken. Zudem wird bewertet, wie Führungskräfte ihre Mitarbeiter motivieren und sich um Kunden und Partner kümmern.
2 - Mitarbeiterorientierung	8 %	Wie die Organisation das gesamte Potential ihrer Mitarbeiter freisetzt. Des Weiteren wird ermittelt, wie die Mitarbeiter zum selbstständigen Handeln ermächtigt werden, ob und wie der Dialog mit der Organisation stattfindet und wie deren Leistung anerkannt bzw. belohnt wird.
3 - Politik und Strategie	9 %	Wie die Organisation die Bedürfnisse und Erwartungen der Interessensgruppen aufnimmt, auf diese Anforderungen intern reagiert und die daraus abgeleitete Politik und Strategie im Unternehmen verbreitet, überprüft und aktualisiert.
4 - Partnerschaften und Ressourcen	9 %	Wie die Organisation ihre externen Partnerschaften pflegt und wie sie die internen Ressourcen plant und managt.
5 - Prozesse	14 %	Wie die Organisation ihre Prozesse identifiziert, führt, überprüft und verbessert.
Summe Befähigerkriterien	50 %	

Tab. 1.1: Aufstellung der Befähigerkriterien des EFQM-Modells.

Die "Ergebnis"- Kriterien behandeln die Ergebnisse der Organisation. Mit den Ergebnissen wird definiert, was die Organisation erreicht hat und erreichen will [27, 28].

EFQM ist keine Methodik und kein System, um Qualität und Leistung zu verbessern. Mit EFQM kann man den Qualitätsstand feststellen. Die Verbesserung verlangt gesonderte Strategien und Maßnahmen.

Ergebnis - Kriterien (Results)		
<i>Kriterium Nummer-Name</i>	<i>Gewichtung</i>	<i>Beschreibung</i>
6 - Mitarbeiterbezogene Ergebnisse	9 %	Wie die Organisation auf die Zufriedenheit ihrer Mitarbeiter leistet sowie wie die Mitarbeiter erreichte Leistung, Motivation und Beteiligung aus Organisationssicht wahrnehmen (z.B. Fluktuation, Krankheitsquote).
7 - Kundenbezogene Ergebnisse	20 %	Was die Organisation im Hinblick auf die Zufriedenheit ihrer externen Kunden leistet sowie wie externe Kunden die Organisationsleistung hinsichtlich Image, Produkten und Dienstleistungen, Verkaufs- und Kundendienstleistungen auch Loyalität wahrnehmen (z.B. Lieferpünktlichkeit, Servicegrad, Lieferqualität).
8 - Gesellschaftsbezogene Ergebnisse	6 %	Was die Organisation bei der Erfüllung der Wünsche und Erwartungen der lokalen, nationalen und internationalen Gesellschaft insgesamt leistet.
9 - Schlüsselergebnisse	15 %	Was die Organisation im Hinblick auf die geplanten Geschäftsziele und die Erfüllung der Bedürfnisse und Erwartungen aller finanziell oder anderweitig an der Organisation Interessierten erreicht.
Summe Ergebniskriterien	50 %	

Tab. 1.2: Aufstellung der Ergebniskriterien des EFQM - Modells.

Nach Angaben der EFQM soll das Modell in etwa alle zwei Jahre bewertet und überprüft und alle vier Jahre einer grundsätzlichen Überarbeitung unterzogen werden. Als Ergebnis dieser Überprüfung im Rahmen des "Model Refreshment Projects 2003" wurden keine grundlegenden Veränderungen getroffen, sondern vielmehr die Sprache des Modells vereinfacht [29]. EFQM deckt den gesamten Qualitätsbereich recht umfassend ab. Es ist nicht so bekannt wie ISO 9000. Bisher wurde es vor allem von Unternehmen eingesetzt, die eine lange Tradition in Qualitätsentwicklung haben. Dazu gehören auch zahlreiche Firmen, die vor Jahren ISO 9000 eingeführt haben und nun weiter gehen.

Bei der Vorbereitung und Verbesserung eines Qualitätsmanagementsystems gilt es zu beachten, dass die Norm immer als Anleitung und Hilfsmittel zu betrachten ist, welches das Unternehmen bei der Umsetzung seiner Ideen und Visionen unterstützen will. Die Norm ist eine Messlatte, die bestätigt, dass das Unternehmen nach modernen Führungsgrundsätzen aufgebaut ist. Will ein Unternehmen ergründen, wie «gut» es im Vergleich mit andern ist, kann es sich begutachten oder bewerten lassen (zum Beispiel nachdem EFQM - Modell). Die Bewertung erfolgt auf Basis von ISO - Standards.

1.4 Internationale Qualitätsmanagement-Normen ISO 9000

Die International Organization for Standardization (ISO) wurde 1947 mit Sitz in Genf gegründet. Sie hat heute über 120 nationale Mitgliedsorganisationen. Besonders die nach dem 2. Weltkrieg bestehende Dringlichkeit, die Infrastruktur und die Produktion wieder aufzubauen und die Industrie mit Material und Werkzeugen zu versorgen, machte die internationale Normung notwendig.

Vorgänger der ISO 9000-Normenreihe war das 1959 eingeführte "Quality Assurance Program" des amerikanischen Verteidigungsministeriums. Die ersten Normen über Qualitätssicherungssysteme für zivile Anwendungen in Handel und Industrie waren 1975 die Kanadischen Normen der CSA Z 299-Serie und 1979 die Britische Norm BS 5750. Die Entwicklung der Europäischen Union war ebenfalls ein wichtiger Katalysator für die 1980 international begonnene Normungsarbeit. Mitte der 80er Jahre einigte sich das Technische Komitee 176 der ISO auf einen Satz allgemeiner Normen über Qualitätsmanagementsysteme.

Die EN ISO 9000ff. war ein neues Kapitel der Qualitätsbewegung und ist bis heute der Transmissionsmechanismus, der die Qualitätsdiskussion in ein Unternehmen bringt [30].

ISO 9000ff hat heute eine hohe Bedeutung im weltweiten Geschäftsleben. Sie ist ein universelles Verständigungsmittel und Vertragswerkzeug, das weithin in allen Sprachen und Kulturen verstanden wird. Sie ist das Tor zu neuen Märkten und Kunden. Ihre Anwendung wird immer weiter wachsen, im Bedürfnis nach lebendigem weltweitem Handel. Wirksame Qualitätsmanagementsysteme sind gekennzeichnet durch klare Unternehmensstrategien und -ziele, effiziente und transparente Prozesse, messbare Ergebnisse und kontinuierliche Verbesserungen. Sie

- steigern die Kundenzufriedenheit
- schaffen klare Verantwortlichkeiten
- motivieren Mitarbeiter
- reduzieren die Kosten durch Fehlervermeidung
- verbessern die Wettbewerbsfähigkeit
- reduzieren die Risiken
- verbessern das Image

Die neue EN ISO 9000 in der Ausgabe von Dezember 2000 besteht aus vier Hauptnormen:

ISO 9000:2000 Grundlagen und Begriffe. In dieser Norm werden Grundlagen für Qualitätsmanagementsysteme beschrieben und wird auch die Terminologie für Qualitätsmanagementsysteme festgelegt.

ISO 9001:2000 Qualitätsmanagementsysteme: Anforderungen. Damit wird deutlich, dass in dieser einen Norm alle Anforderungen an ein Qualitätsmanagementsystem einer Organisation an einer Stelle in gebündelter Form vorliegen.

ISO 9004:2000 Qualitätsmanagementsysteme: Leitfaden zur Leistungsverbesserung, ergänzt ISO 9001. Man kann ISO 9004 als einen Kommentar zu ISO 9001 verstehen.

ISO 19011:2000 Leitfaden zum Auditieren von Qualitäts- und Umweltmanagementsystemen (bisher: EN ISO 10011)

Um den Erfolg eines Qualitätsmanagements zu garantieren, wurden acht Qualitätsmanagementprinzipien aufgestellt, welche die Basis für die große Revision im Jahre 2000 bildeten und eine geeignete Grundlage für eine ständige Weiterentwicklung, Verbesserung, Einbeziehung der Kunden und Erhöhung der Führungsqualität liefern. Ein sehr strukturiertes Vorgehen ist die Umsetzung - bzw. Auditierung und Zertifizierung - eines (Qualitäts-) Managementsystems nach EN ISO 9001:2000. Dieses hat die Grundsätze:

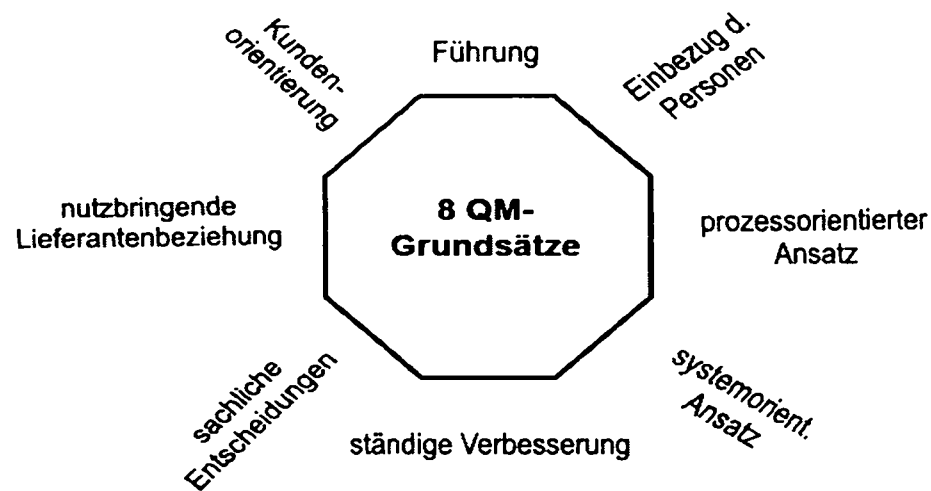


Abb. 1.15: Grundsätze des Qualitätsmanagements

Die folgende Tabelle beschreibt den Grundprinzipien der EN ISO 9000:2000 und deren genaue Inhalte [31].

QM – Prinzipien	Inhalt
<i>Kundenorientierung</i>	Organisationen hängen von ihren Kunden ab, sollten daher die jetzigen und zukünftigen Erfordernisse und Anforderungen der Kunden erfassen und erfüllen und danach streben, die Erwartung der Kunden zu übertreffen.
<i>Führung</i>	Führungskräfte schaffen die Übereinstimmung von Zweck und Ausrichtung der Organisation. Sie entscheiden über die Zielsetzungen, die Richtung und das interne Umfeld der Organisation. Sie schaffen das Umfeld, in dem Mitarbeiter sich völlig für die Erreichung der Ziele der Organisation einsetzen.
<i>Einbeziehung der Personen (Mitarbeiter)</i>	Mitarbeiter aller hierarchischen Ebenen sind das Rückgrat und die wichtigste Ressource einer Organisation. Die Mitarbeiter sind vollständig einzubinden, um ihre Fähigkeiten zum Vorteil der Organisation einzusetzen.
<i>Prozessorientierter Ansatz</i>	Ergebnisse werden effizienter erreicht, wenn die beteiligten Ressourcen und Aktivitäten als Prozess aufgesetzt und geleitet werden.
<i>Systemorientierter Ansatz</i>	Die Wirksamkeit und die Effizienz einer Organisation bei der Zielerreichung können verbessert werden, indem das Unternehmen als System zusammenwirkender und zusammenhängender Prozesse gesehen wird. Identifizieren, Verständnis und Management dieser Zusammenhänge sind deshalb wichtiger Teilaspekt jeder Unternehmensbetrachtung.
<i>Ständige Verbesserung</i>	Das permanente Ziel einer Organisation stellt die ständige Verbesserung der Gesamtleistung dar.
<i>Sachbezogener Ansatz zur Entscheidungsfindung</i>	Wirksame Entscheidungen werden auf der Basis von sachlicher Analyse von Daten und Informationen getroffen.
<i>Lieferantenbeziehungen zum gegenseitigen Nutzen</i>	Die Organisation und ihre Lieferanten stehen in ständigen Wechselbeziehungen und sind voreinander abhängig. Beziehungen zum gegenseitigen Nutzen fördern die Wertschöpfungsfähigkeit beider Teilnehmer.

Tab. 1.3: Die acht Qualitätsmanagement - Prinzipien

Die Norm gibt Anleitungen für einen im Vergleich zur EN ISO 9001 erweiterte Bereiche von Zielen eines Qualitätsmanagementsystems, um insbesondere die Gesamtleistung, Effizienz und Wirksamkeit einer Organisation ständig zu verbessern. Sie wird als Leitfaden für Organisationen empfohlen, deren oberste Leitung beim Streben nach ständiger Leistungsverbesserung über die Anforderungen von EN ISO 9001 hinausgehen will.

Die EN ISO 9000- Normenserie geht jetzt vom Modell eines prozessorientierten Qualitätsmanagementsystems aus.

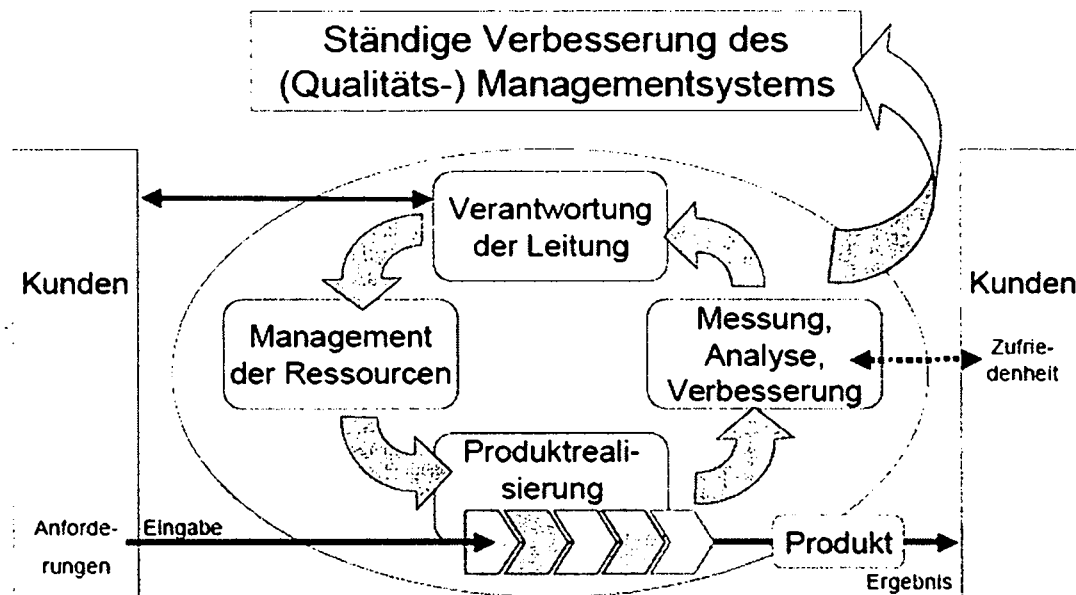


Abb. 1.16: Prozessmodell nach ISO 9000:2000

Das Prozessmodell ISO 9001 stellt die Integration der vier Hauptkategorien dar. Es zeigt das Zusammenspiel von

- Verantwortung der Leitung (Management)
- Management von Ressourcen
- Produktrealisierung
- Messung, Analyse und Verbesserung [32].

Diese Hauptkategorien präsentieren den Inhalt eines Qualitätsmanagementsystems. Die Inhalte der einzelnen Kategorien sind nicht isoliert und in sich abgeschlossen, sondern stehen in gegenseitiger Verbindung zur Erreichung eines umfassenden Qualitätsmanagementsystems [33].

1.4.1 Die wichtigsten Neuerungen der Norm im Vergleich zur alten EN ISO 9000:1994 ff.

Die bei der Anwendung der EN ISO 9000 ff gesammelten praktischen Erfahrungen und Kritiken haben zu konkreten Hinweisen für erforderliche Weiterentwicklungen geführt [34]:

• Prozessorientierung

Die Unterteilung in 20 klassische Elemente fällt weg. Die Norm berücksichtigt jetzt unterschiedliche Prozesskategorien im tatsächlichen Betriebsablauf.

- **Verantwortung der Leitung**

Das Unternehmensmanagement wird stärker bei der Umsetzung des Qualitätsmanagementsystems einbezogen. Die Firmenleitung ist verantwortlich für dessen Einhaltung und Weiterentwicklung.

- **Ausschlussmöglichkeiten**

Im Abschnitt 7 (Produktrealisierung) ermöglichen Ausschlüsse die Anpassung an Besonderheiten des Anwenders, wenn sich die Anforderungen der Norm nicht auf die Produkte anwenden lassen. Die Fähigkeit und Verantwortung der Organisation, Produkte bereitzustellen, die den Kunden- und zutreffenden behördlichen Anforderungen entsprechen, darf dabei aber nicht beeinträchtigt werden. Dies erleichtert unter anderem die Umsetzung der Norm für mittelständische Unternehmen.

- **Kundenzufriedenheit**

Die Messung der Kundenzufriedenheit ist ein fester Bestandteil der Qualitätsschleife. Kundenwünsche oder -forderungen müssen erkannt und umgesetzt werden.

- **erleichterte Anwendung**

Die Norm ist für alle Branchen und alle Arten von Produkten einschließlich Dienstleistungen umsetzbar.

ISO 9001:2000 und ISO 9004:2000 sind in der gleichen Struktur aufgebaut.

Dies erleichtert das Arbeiten mit beiden Normen.

- **ständige Verbesserung**

Die Wirksamkeit des Qualitätsmanagementsystems muss ständig überprüft und verbessert werden. Damit ist das gesamte Unternehmen befasst. Zum ersten Mal wird auch das Risikomanagement berücksichtigt. Risiken sollen schnell erkannt und beherrscht werden.

- **andere Managementsysteme**

EN ISO 9001 wurde abgeglichen mit EN ISO 14001:1996. Die neue Norm lässt sich daher mit anderen Managementsystemen in Einklang bringen. So kann eine Organisation ihr vorhandenes Managementsystem anpassen und ein Qualitätsmanagementsystem aufbauen, das die Anforderungen der neuen Norm erfüllt.

Struktur der ISO 9000 – Normenfamilie	
<i>Alt</i>	<i>Neu</i>
ISO 8402 ISO 9000	ISO 9000
ISO 9001 ISO 9002 ISO 9003	ISO 9001
ISO 9004	ISO 9004
ISO 10011	ISO 19011

Tab. 1.4: Alte und neue Struktur der ISO 9000-Normenfamilie

ISO 9000 ist ein System-Zertifikat, das dem Unternehmen "Qualitätsfähigkeit" attestiert [35].

Für die Unternehmen, die jetzt nach der alten Norm zertifiziert sind, ergibt sich kein unmittelbarer Handlungsbedarf; eine Überführung in die neue Norm unter Beibehaltung bisheriger Qualitätsmanagementhandbücher soll fließend erfolgen.

ISO 9000 alt vs. neu	
1987-2000	2000-heute
ISO 9000ff alt	ISO 9000ff neu
Industrieorientiert	Anwendbar auf alle Organisationsformen
Dominante Ausrichtungen auf Produktqualität	Dominante Ausrichtungen auf Kundenzufriedenheit
Qualitätssicherung (Sicherstellen der Produkt- und Prozessqualität)	Qualitätsmanagement (managen von Geschäftsprozessen)
Tätigkeitsorientiert	prozessorientiert

Tab. 1.5: ISO 9000-Normfamilie Vergleich

EN ISO 9000 ff hat heute eine hohe Bedeutung im weltweiten Geschäftsleben. Sie ist ein universelles Verständigungsmittel und Vertragswerkzeug, das weithin in allen Sprachen und Kulturen verstanden wird. Sie ist das Tor zu neuen Märkten und Kunden. Ihre Anwendung wird immer weiter wachsen, im Bedürfnis nach lebendigem weltweitem Handel.

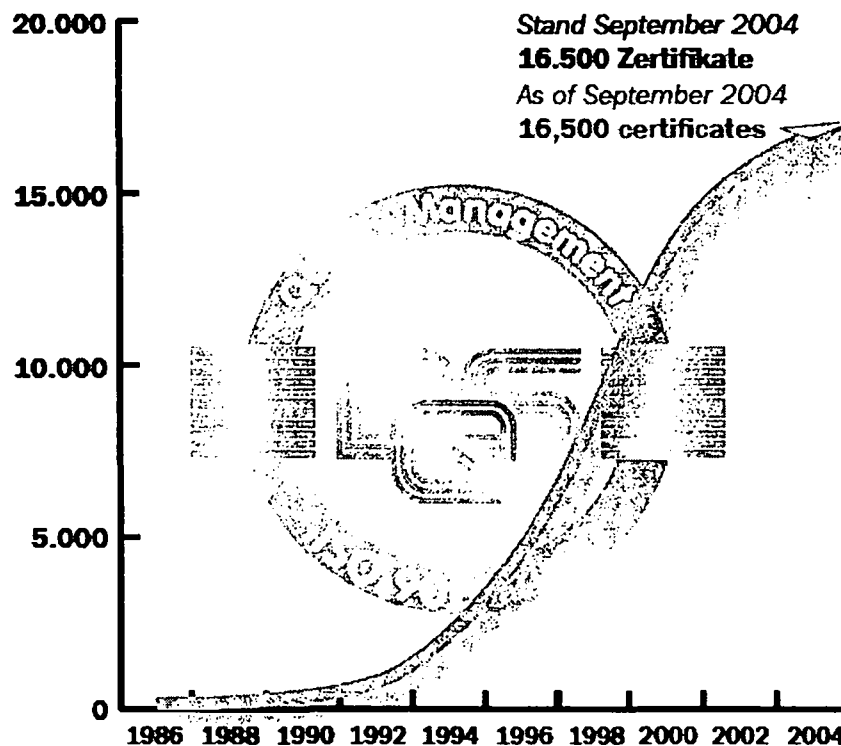


Abb. 1.17: ISO 9000:2000 Zertifikate weltweit

EN ISO 9000 ff hat heute eine hohe Bedeutung im weltweiten Geschäftsleben. Sie ist ein universelles Verständigungsmittel und Vertragswerkzeug, das weithin in allen Sprachen und Kulturen verstanden wird. Sie ist das Tor zu neuen Märkten und Kunden. Ihre Anwendung wird immer weiter wachsen, im Bedürfnis nach lebendigem weltweitem Handel.

Fast 4000 österreichische Unternehmen und Organisationen haben ein nach der internationalen Norm ISO 9001:2000 zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem. Diese Norm liegt nun in einer überarbeiteten Fassung vor. Ab 1. Dezember 2005 ist die ÖNORM EN ISO 9000 als

dreisprachige Version (Deutsch, Englisch, Französisch) erhältlich. Der primäre Grund für diese neue Fassung war es, eine einfache, eindeutige Bedeutung jener Schlüsselwörter zu Verfügung zu stellen, die in verschiedenen Managementsystem-Normen verwendet werden, insbesondere in ÖNORM EN ISO 9000 zu Anforderungen an Qualitätsmanagementsysteme [36].

1.5 Vorteile und Nachteile des ISO - und des EFQM - Modells

Das ISO - Modell und die TQM - Modelle, wie EFQM, müssen nicht als Gegensätze oder sich ausschließende Alternativen betrachtet werden, denn die Anforderungen für eine ISO-Zertifizierung sind im Wesentlichen deckungsgleich mit den Befähigerkriterien des EFQM - Modells [37]. Deshalb kann das EFQM - Modell auch als eine Weiterführung des ISO - Modells verstanden werden. Beide Modelle setzen lediglich unterschiedliche Schwerpunkte, sind aber ineinander überführbar.

Beide Modelle stellen relativ geschlossene Qualitätsmanagementsysteme dar, wobei das ISO-Konzept vor allem die Erfüllung von Normen, das EFQM - Konzept hingegen den Kunden in den Mittelpunkt stellt. Während EFQM vor allem auf Selbststeuerung ausgelegt ist, handelt es sich bei ISO um ein traditionelles, expertenorientiertes System, das aufgrund der vorgegebenen Normen weitgehend als fremdgesteuert zu betrachten ist.

Deshalb besteht bei ISO die Gefahr, dass eine Fixierung auf die Vorschriften zwar zu einer Verbesserung des Qualitätsmanagementsystems führt, aber dafür Bürokratisierungsprozesse in Kauf genommen werden müssen, die Kreativität und Innovationen eher behindern. Zudem wird kritisiert, dass die Normenfamilie ISO 9000 zu statisch auf die Ist- Situation bezogen ist, betriebliche Erfolgskriterien nicht ausreichend einbezogen werden, so dass sich ihre Anwendung auf Dienstleistungsbetriebe sehr schwierig gestaltet. Auch bei EFQM wird darauf verwiesen, dass es Probleme bei der Erfassung und Dokumentation von Dienstleistungsprozessen gibt und EFQM bei Nonprofit - Organisationen bisher kaum angewendet wurde, so dass über die Einführungsmöglichkeiten von EFQM "wenige Vorbilder und noch wenig einschlägige Erfahrung" vorliegen [38].

Das vorgegebene Korsett der ISO - Standards wirkt zudem wenig Mitarbeiter motivierend und kann deshalb auch zu erheblichen Akzeptanzproblemen führen. EFQM ist hingegen weitaus flexibler ausgelegt und lässt vielfältige Entwicklungsprozesse mit nicht immer voraussehbarem Ausgang zu. Auch wenn die Einführung von EFQM in der Regel durch das Management gesteuert wird, werden die Mitarbeiter zwar nicht in die Entscheidungen, so doch zumindest in den Implementationsprozess aktiv eingebunden. Hier liegt ein Vorteil des EFQM - Modells.

Denn Normen wie im ISO-Modell oder Kriterien wie im EFQM - Modell können nur dann ihre Wirkung entfalten, wenn alle Führungskräfte und Mitarbeiter bereit sind, diese nicht nur passiv mitzutragen, sondern deren Umsetzung und Einhaltung auch aktiv zu fördern.

Während ISO vor allem die internen Strukturen und Abläufe eines Unternehmens in den Blick nimmt, um technische, zeitliche und personelle Prozesse und Ablaufstrukturen zu optimieren, bezieht EFQM verstärkt auch das ökonomische und gesellschaftliche Umfeld eines Unternehmens mit ein. Mit einer hohen Bewertung der Kundenzufriedenheit rückt EFQM zudem die "Zielgruppe" (die Kunden) in den Mittelpunkt der Qualitätsbestrebungen. Die Kriterien des EFQM - Modells dringen bis in die letzte Ecke der Organisation vor und konzentrieren sich auf die Dimensionen der Wertschöpfungskette, die durch die Organisation direkt beeinflusst werden können [39].

Positiv zu werten ist darüber hinaus, dass allein die Beschäftigung mit ISO oder EFQM und seinen Normen bzw. Parametern zur Bewusstmachung von Unternehmensprozessen führt und schon deshalb positive Effekte auf die Qualitätsverbesserung auslösen kann. Allerdings wird bei EFQM der zeitaufwändige Implementierungsprozess der Selbstbewertung beanstandet.

An EFQM wird weiterhin kritisiert, dass es sich mit den vorgegebenen neun Komponenten und Unterkriterien um ein recht komplexes Modell handelt, das an die Beteiligten hohe Anforderungen bei der Anwendung stellt. Da es sich zudem um abstrakte Prinzipien handelt, muss jedes Unternehmen diesen Rahmen individuell ausfüllen. Branchen oder sektorspezifische Kriterien gibt es nicht. Umgekehrt wird dies von einigen jedoch auch als Vorteil begriffen, da es den Anwendern eine hohe Flexibilität ermöglicht.

Besonders kritisch bewertet wird außerdem, dass die von EFQM vorgegebenen Parameter in keiner Weise theoretisch hergeleitet oder auch nur begründet sind. Sie können sich deshalb kaum dem Vorwurf einer gewissen Beliebigkeit entziehen. Das trifft erst recht für die Gewichtungsfaktoren (Punkte) zu, die willkürlich erscheinen.

Während im ISO-Modell durch die regelmäßige Fremdbewertung von erfahrenen Auditoren objektive Ergebnisse sichergestellt werden sollen, baut das EFQM - Modell vor allem auf den Vorgang der Selbstbewertung. Verbleibt die Einschätzung jedoch beim ausgebildeten, betriebsinternen EFQM - Assessor bzw. Kriterienverantwortlichen, dann besteht die Gefahr einseitiger (betriebsblinder) Beurteilungen. Werden externe Berater herbeigezogen, steigen jedoch schnell die Kosten, was nicht den Grundsätzen des EFQM entspricht. Positiv bei EFQM wird hervorgehoben, dass durch die Möglichkeit zur Beteiligung an einem europäischen oder nationalen Wettbewerb um einen Qualitätspreis der Benchmarking-Gedanke berücksichtigt wird.

1.6 Qualitätsmanagement und Umweltschutz

Da in den letzten Jahren die Anforderungen des Umweltschutzes an die Unternehmen immer schärfer wurden, haben die Unternehmen zur Erfüllung der vielen Anforderungen aus dem europäischen Regelwerk sowie Verordnungen nach einer Lösung gesucht. Es bot sich hier ein Weg an, der bei den Qualitätsmanagementsystemen bereits erfolgreich beschritten wurde. Durch analoges Übertragen der Prinzipien des Qualitätsmanagements auf den Umweltschutz kam man dabei schnell zu guten Ergebnissen. Umweltschutz und Qualitätsmanagement, beide Aufgaben haben ihre spezifischen Organisationsformen und Fachleute hervorgebracht. Es ist daher sinnvoll, diese Organisation auf operationaler Ebene unabhängig voneinander bestehen zu lassen und weiterzuentwickeln. Für den Umweltschutz heißt das in erster Linie, das Managementsystem zu verbessern. Für das Qualitätsmanagement ist eine Erweiterung des Managementsystems auf den gesamten Lebenszyklus des Produktes vorzunehmen. Darüber hinaus ist es sinnvoll, bei speziellen Aufgaben wie folgt zusammenzuarbeiten:

- bei der Reststoffentsorgung,
- den Input/Output-Analysen,
- der Öffentlichkeitsarbeit und
- der strategischen Planung.

Zusammenfassend kann festgelegt werden, dass der Gedanke des Qualitätsmanagements auch im Bereich des Umweltschutzes anwendbar ist. Das TQM wird ergänzt durch ein "Total Environmental Management" (TEM).

Im Gegensatz zum Qualitätsmanagement handelt es sich beim Umweltmanagement um eine Aufgabe, die ein hohes Fachwissen zur Entwicklung, Bewertung und zur Ausführung von Verbesserungsmaßnahmen erfordert [40].

2 Umweltprobleme und Umweltschutz

Die einzige Gewissheit, die wir haben, besteht darin, dass wir Menschen als einzige Spezies die Macht haben, die Erde, so wie wir sie kennen, zu zerstören. Weder die Vögel haben diese Macht noch die Insekten, genauso wenig irgendwelche andere Tiere.

Seine Heiligkeit der XIV. Dalai Lama

2.1 Dimensionen der Umweltproblematik

Die Menschheit ist auch in anderen Zeiten mit Umweltproblemen konfrontiert gewesen, aber heute haben sie aufgrund ihres Ausmaßes und des Ernstes der Lage eine neue Qualität erhalten. Die Schädigung der Umwelt hat oft nicht wiedergutzumachende Auswirkungen auf den Menschen und die Natur. Havarien von Öltankern und Chemiebetrieb, wie das in Seveso, Tschernobyl, Bhopal, Exxon Valdez und viele andere, der fortschreitende Klimawandel und das Waldsterben, der tägliche Artenverlust, die Verschmutzung von Flüssen und der Luft sind Indizien dafür, dass ein umfassender Wandel im Umgang mit der Natur seit geschehen muss [41]. Die lokalen Naturkatastrophen, besonders in Süd Asien und der USA haben auch uns unmittelbar vor Augen geführt, wie fahrlässig wir mit unserer natürlichen Umwelt umgehen.

Spätestens gegen Ende des 20. Jahrhunderts, als sich die Menschheit auf dem "Erdgipfel", der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro zusammenfand, wurde überdeutlich, dass ein Teil der Erdbevölkerung über ihrer Verhältnisse gelebt und ungeahnte Hypotheken aufgebaut hatte: in einem Jahrhundert hat sie mehr Siedlungsfläche verbraucht, hat sie mehr Arten hinweggefegt, als in der ganzen Artgeschichte zuvor und hat sich selbst seit 1960(!) verdoppelt [42]. Aber seit dieser Umweltkonferenz und der daraus entstanden Agenda 21 wurde der umweltpolitische Schlagwortkatalog, sozusagen als Hoffnungsträger für das kommende Jahrhundert, mit dem Begriff der Nachhaltigkeit (sustainable development) ergänzt. Nachhaltigkeit bedeutet nichts anderes, als der Natur nur so viele Rohstoffe zu entnehmen, wie gleichzeitig nachwachsen können. Entsprechende Richtlinien zur Umsetzung der Reduktionsziele für die globale CO₂ - Belastung wurden dabei verabschiedet. Fünf Jahre später, 1997 wurde das Kyoto - Protokoll über Klimaveränderungen unterzeichnet.

Die Vertreter von 80 % der Weltbevölkerung (140 Länder + EU) haben dieses Protokoll ratifiziert. Die Vertragsparteien verpflichteten sich, ihre Treibhausgasemissionen im Zeitraum von 2008 bis 2012 um mindestens 5 % unter das Niveau von 1990 zu senken. Demnach müssen die Vereinigten Staaten ihrer gesamten Treibhausgasemission um 7 %, Japan um 6 % und die Mitgliedstaaten der Europäischen Union um 8% verringern. Hierzu soll das Europäische Programm zur Klimaänderung (ECCP), welches im Jahr 2000 anlief sicherstellen, dass die EU den sich aus dem Kyoto- Protokoll ergebenden Verpflichtungen auch gerecht wird. Es umfasst Initiativen in mehreren Bereichen, darunter die Förderung von erneuerbaren Energien und Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden und Fahrzeugen. Das Protokoll ist nicht so ehrgeizig wie die Verhandlungsziele der EU, die vorgeschlagen hatte, die Emissionen von Kohlendioxid, Methan und Stickoxiden bis zum Jahr 2010 um 15 % zu senken. Dadurch, dass es Ziele für die Begrenzung der Treibhausgasemissionen enthält, ist es dennoch ein bedeutender Punkt im Kampf gegen die globale Erwärmung [43].

2.2 Entwicklung des Umweltschutzes

Der Umweltschutz ist für Europa eine der wichtigsten Herausforderungen. Die ersten Gemeinschaftsinitiativen wurden 1972 in Paris ins Leben gerufen. Die Maßnahmen, die in Rahmen von vier konsekutiven Aktionsprogrammen eingeleitet wurden, bestanden in wesentlichen in der Eindämmung der Verschmutzung durch die Einführung von Mindestnormen (Abfallentsorgung, Luft und Wasserverschmutzung). In diesem Zeitraum wurden fast 200 Rechtsakte verabschiedet; dieser rechtliche Rahmen reichte jedoch nicht aus, um die Verschlechterung des Umweltzustandes aufzuhalten [44].

Das Fünfte Umwelt-Aktionsprogramm wurde parallel zur Konferenz von Rio 1992 und der Agenda 21 ausgearbeitet. Es war die erste Initiative der Kommission im Bereich der nachhaltigen Entwicklung. Mit dem Programm werden fünf Ziele verfolgt:

1. Strategien für sieben umweltbezogene Prioritäten (Klimaveränderung, Übersäuerung, Artenschutz, Wasserwirtschaft, städtische Umwelt, Küstengebiete und Abfallwirtschaft) und für die Eindämmung von industriellen Gefahren und Unfällen;
2. Schwerpunktbereiche, in die Umweltaspekte einbezogen werden sollten (Industrie, Energie, Verkehr, Landwirtschaft und Tourismus);
3. Erweiterung des Spektrums verfügbarer Instrumente;
4. Information, konzeptionelle Transparenz und Entwicklung des Begriffs der gemeinsamen Verantwortung;
5. Entwicklung einer internationalen Dimension, die globalen Fragen und der Konferenz von Rio Rechnung trägt.

Bei Ende dieses Programms zeigte sich deutlich, dass der Umweltschutz trotz des umfassenden Regelwerks noch weiter verbessert werden muss.

Gleich zu Beginn des 21. Jahrhunderts hat die Europäische Kommission ihren Vorschlag für ein neues Umweltaktionsprogramm (*6. Umweltaktionsprogramm "Unsere Zukunft liegt in unserer Hand"*) für die nächsten 5-10 Jahre verabschiedet [45]. Das Programm wurde am 16/17. Januar 2002 im Parlament diskutiert und angenommen. Das EP hat dazu beschlossen, dass weitere Präzisierungen, ausdrückliche Ziele und strengere Zeitpläne erforderlich sind. Zwar wurden viele Änderungsanträge des EPs vom Rat bereits übernommen, aber es bleiben noch wesentliche Forderungen des EPs bestehen:

- Das 6. Umweltaktionsprogramm soll Teil der EU-Strategie für nachhaltige Entwicklung werden, genauere Definitionen der Maßnahmen zu erstellen, um Umweltprobleme anzugehen
- Mitbeteiligung im Verfahren der Mitentscheidung des EP bei der Annahme der thematischen Strategien für die vier Prioritäten des Programms (Klimawechsel, Natur und Biodiversität, Umwelt und Gesundheit, Naturressourcen und Abfall)
- Fertigstellung dieser Strategien bereits drei Jahre nach Annahme des Programms, nicht erst nach fünf Jahren
- Auflistung von Beihilfen und Subventionen für Maßnahmen, die sich für die Umwelt schädlich auswirken, sowie Erarbeitung von Vorschlägen zur Streichung von derartigen Beihilfen, (der Zeitrahmen bis 2005 konnte nicht durchgesetzt werden)
- Einführung und Erweiterung von Umweltsteuern soll auf EU-Ebene gefördert werden
- Reduzierung von Treibhausgasen um 1 % pro Jahr bis 2020, ausgehend von 1990, auch als Ziel für die Verhandlungen zur Umsetzung des Kyoto- Protokolls
- Maßnahmen zum Kampf gegen Umweltverbrechen

- Entwicklung einer thematischen Strategie zur Sicherung der Umweltqualitäten in den Städten

Der Ausschuss für Umweltfragen, Volksgesundheit und Verbraucherpolitik hatte u.a. folgende weitere Änderungen beantragt:

- Bis 2020 sollen Menschen, Natur und insbesondere Gewässer nicht mehr Risikochemikalien ausgesetzt werden;
- für alle Entscheidungen und Legislativvorschläge der Europäischen Kommission soll eine Umweltverträglichkeitsprüfung Pflicht werden;
- die Zahl der von Dauerlärm betroffenen Menschen soll bis 2010 um 10% und bis 2020 um 20 % gesenkt werden;
- die Müllmenge soll in den nächsten 10 Jahren um mindestens 20% gesenkt werden [46].

Umsetzung des 6.UAP: Erarbeitung von sieben thematischen Strategien zu den Themenbereichen:

- Schutz der Böden
- Schutz und Erhaltung der Meeresumwelt
- Pestizideinsatz unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit
- Luftverschmutzung (CAFE - Clean Air For Europe)
- Städtische Umwelt
- Abfallvermeidung und Recycling
- Nachhaltige Nutzung und Management von Ressourcen [47].

Im Programm geht es nicht nur um den Umweltschutz heute und morgen, es geht auch um die Verbesserung der Lebensqualität eines jeden einzelnen.

Der Schutz der Umwelt und eine langfristig tragfähige Entwicklung liegen im gemeinsamen Verantwortungsbereich aller Menschen und gehört somit auch zu den dringlichsten Aufgaben der Wirtschaft. Eine langfristig tragfähige Entwicklung ist eine wesentliche Komponente erfolgreicher Unternehmensführung. Geschäftspolitik und unternehmerisches Handeln sind auf ein derartiges Wachstum auszurichten, welches die Bedürfnisse der Gegenwart erfüllt ohne die der Zukunft zu beeinträchtigen.

2.3 Umweltprobleme

Seit Mitte der siebziger Jahre werden in der Öffentlichkeit immer mehr vom Menschen verursachte Umweltprobleme diskutiert. Diese reichen vom Treibhauseffekt, dem Ozonloch und der Überfischung der Weltmeere bis hin zur Abholzung des Regenwaldes und der Abnahme der Artenvielfalt. Derartige Probleme können die ökonomische Aktivität langfristig stark beeinflussen, da diese stets von der Natur abhängt. Sämtliche grundlegenden Produktionsinputs (z.B. Rohstoffe, Wälder, Fischbestände) sowie die Energie, die für die Verarbeitung benötigt wird, stammen aus der Natur. Außerdem gelangen sämtliche Neben- und Abfallprodukte der Produktionsprozesse wieder zurück in die Umwelt.

Aus naturwissenschaftlicher Sicht sind Umweltprobleme meist die Folge übermäßiger Verschmutzung durch Schad- und Giftstoffe, die z.B. bei industriellen Produktionsprozessen freigesetzt werden. Wenn die Intensität der Verschmutzung so stark ist, dass die industriellen Abfallstoffe von der Natur nicht mehr ausreichend absorbiert werden können, entstehen Umweltprobleme. Dies ist z.B. bei bestimmten Giftstoffen im Grundwasser oder in der Luft

der Fall. Des Weiteren können Umweltprobleme entstehen, wenn natürliche Ressourcen intensiver genutzt werden als sie sich von selbst regenerieren bzw. vermehren können.

2.4 Bestandteile der Umwelt

Umwelt bezeichnet die Gesamtheit aller Räume und Prozesse, in denen sich die Wechselwirkungen zwischen Natur und Zivilisation abspielen, und umfasst damit alle natürlichen Faktoren, welche von Menschen beeinflusst werden oder diese beeinflussen [48].

Die (ökologische) Umwelt (Biosphäre) besteht aus den abiotischen Faktoren: Luft, Wasser, Boden und Relief sowie den biotischen Faktoren: Pflanze, Tier und Mensch.

2.4.1 Luftverschmutzung

Luftverschmutzung ist eines der gravierendsten globalen Umweltprobleme. Atmosphärische Strömungen können verschmutzte Luft in jedes Gebiet der Erde transportieren. Die wichtigsten Emissionsquellen sind Kraftfahrzeuge, Erdölraffinerien sowie Kohlekraftwerke, die Energie für Industrie und Haushalte bereitstellen. Schadstoffe werden in die Luft geblasen und wirken sich negativ auf das Klima sowie auf die Gesundheit von Lebewesen aus: Sie sind für die Entstehung von saurem Regen und die globale Erwärmung verantwortlich und bauen in der Atmosphäre die Ozonschicht ab, die die Erde vor aggressiver UV-Strahlung schützt. Hauptverursacher der Luftverschmutzung sind die Industriebetriebe Nordamerikas, Europas und Asiens. Beispielsweise erzeugt die USA, bei einem Anteil an der Weltbevölkerung von nur 5 % Prozent, 22 % der industriell bedingten Kohlendioxidemissionen und 19 % aller Treibhausgase.

Ein wichtiges, mit der Luftverschmutzung einhergehendes Problem ist das Ausdünnen der Ozonschicht, die das Eindringen gefährlicher ultravioletter Strahlung in die Atmosphäre verhindert.

Ozonloch

Seit den 70er Jahren sind Schäden an der Ozonschicht bekannt, vor allem über der Antarktis. Als Ursache des Ozonabbaus haben Forscher den von Menschen verursachten Ausstoß von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) ausfindig gemacht.

In der Wissenschaft ist heute unumstritten, dass in erster Linie FCKW bzw. das darin enthaltene Chlor den Ozonabbau verursacht. Die FCKW ist ein künstliches Gas, eine organische Verbindung, die Fluor-, Chlor-, Wasserstoff- und Bromatome enthält und das natürlicherweise in der Atmosphäre nicht vorkommt. Dieses Gas steigt in die Stratosphäre auf, wird dort unter bestimmten Bedingungen vom Sonnenlicht gespalten und setzt Chlor frei [49].

Der Kern des Ozonabbau-Prozesses lässt sich wie folgt beschreiben: Aus den FCKW-Spurengasen bilden sich nach Durchlaufen zahlreicher chemischer Reaktionen unter extremer Kälte (mindestens - 70°C), unter anderem Chlor-Moleküle (Cl_2). Wenn der antarktische Frühling anbricht, vermag die einsetzende kurzweilige Strahlung (s) die Chlormoleküle in Chlorradikale (2Cl) umzuwandeln.

1. Reaktion: $\text{Cl}_2 + s \rightarrow 2\text{Cl}$

Die Chlorradikale, die sehr reaktiv sind, bauen nun Ozon ab. Dabei reagieren ein Ozon-Molekül (O_3) und Chlorid (ClO .)

2. Reaktion: $O_3 + 2ClO \rightarrow 2ClO + O_2$

Wenn nur zwei Chlorid - Moleküle zusammentreffen, werden zwei Chlornradikale und Sauerstoff gebildet.

3. Reaktion: $2ClO \rightarrow 2Cl + O_2$

Nun ist wieder die Ausgangsanlage der 1. Reaktion - nämlich zwei Chlornradikale -- gegeben. Die Zerstörung eines weiteren Ozon-Moleküls kann beginnen. Im Endergebnis kann ein einziges Chloratom bis zu 10.000 Ozonmoleküle spalten. Der Zerstörungsprozess kann z.B. dadurch beendet werden, dass Chlor Salzsäure bildet, die langsam immer tiefer sinkt und schließlich vom Regen ausgewaschen wird.

Von einem Ozonloch spricht man, wenn sich die Ozonschicht um mehr als 50% verringert hat. Noch 1985 überschritt das Ozonloch über der Antarktis an 25 Tagen eine Fläche von 10 Millionen Quadratkilometern und erreichte seine größte Ausdehnung mit 12 Millionen Quadratkilometern. 10 Jahre später war es bereits an 77 Tagen über 10 Millionen Quadratkilometer groß, davon 39 Tage sogar 20 Millionen Quadratkilometer. In den letzten zwanzig Jahren hat die Ozonkonzentration über der Antarktis um 60 Prozent abgenommen, in einer Höhe von 12 bis 20 Kilometern war die Ozonschicht dort nahezu gänzlich zerstört. 1994 erreichte das Ozonloch bereits eine Ausdehnung von 23 Millionen Quadratkilometern, eine Fläche 2,5mal so groß wie Europa.

Das Wiener Abkommen vom 22.3.1985 und das Montrealer Protokoll vom 16.9.1987 über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht, führen, sind wichtige internationale Vereinbarungen und ein erster Schritt in die richtige Richtung [50].

Im Montrealer Protokoll von 1987 vereinbarten 22 Staaten, aus der Produktion von FCKW auszusteigen. Inzwischen haben 175 Staaten Abkommen verabschiedet. Seit 1996 ist FCKW in Industrieländern verboten, in Entwicklungsländern ab 2006. Auch der Ausstieg aus der Produktion des weniger schädlichen teilhalogenierten FCKW (H-FCKW) läuft bereits. Die internationalen Anstrengungen zeigen Wirkung: Der weltweite FCKW-Einsatz ging bis 1997 um 87 Prozent zurück. Bis 2030 soll der Verbrauch beendet werden. Aber völlig unerwartete, gravierende Umweltprobleme könnten genauso überraschend wie das Ozonloch auftreten, da Frühsignale und Umweltkatastrophen häufig nicht wahrgenommen werden [51].

Treibhauseffekt

Die Sonne sendet Licht und Wärmestrahlung zur Erde. Hierdurch wird die Erde auf eine Durchschnittstemperatur von 15°C aufgewärmt. Sie strahlt nun ihrerseits Wärme in Richtung All ab. Die Wärmestrahlung können jedoch nicht ungehindert entweichen, da Treibhausgas eines gewissen Wellenlängenbereiches wie H₂O (Wasserdampf), CO₂ (Kohlendioxid), CH₄ (Methan), N₂O (Lachgas) und FCKW zu einer Rückstreuung der terrestrischen Strahlung führen. Hierdurch wird die bodennahe Luft erwärmt. Die bereits genannten Treibhausgas (auch Spurengas genannt) sind, abgesehen von FCKW, natürlicherweise in der Atmosphäre vorhanden. Daraus folgt der natürliche Treibhauseffekt.

Der natürliche Treibhauseffekt ist die Grundlage für das Leben, ohne ihn wäre die Durchschnittstemperatur auf der Erde statt angenehme +15°C kalte -18°C, ein Leben unter diesen Umständen wäre unmöglich.

Seit Beginn des Industriezeitalters beeinflusst der Mensch die klimatische Wirksamkeit der Atmosphäre durch einen zusätzlichen Treibhauseffekt. Durch unterschiedliche menschliche Aktivitäten wird einerseits die Konzentration der natürlichen Treibhausgase wie Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid (Lachgas) usw. erhöht [52].

Die Hauptursachen liegen im Wesentlichen beim Handeln der Bevölkerung. Jede Sekunde werden etwa 870 000 kg CO₂ in die Atmosphäre ausgestoßen, denn schon durch unsere Verbrennung von fossilen Brennstoffen erzeugen wir jährlich 18,3 Milliarden Tonnen CO₂. Hinzu kommt die im hohen Maße betriebene Abholzung der Regenwälder, welche dem Treibhauseffekt mit jährlich ca.9 Milliarden Tonnen CO₂ verstärkt. Statistisch gesehen erzeugt ein Erdenbürger jährlich 4,5 Tonnen CO₂. Als wäre dies nicht schon ausreichend hat sich durch den steigenden Lebensstandard in den westlichen Industrieländern, diese Summe auf 25 Tonnen/Jahr erhöht. Im Vergleich zu den Bewohnern der Entwicklungsländer mit ca. 0,8 Tonnen ist das extrem hoch. Treibmittel in Sprühdosen, Kühlflüssigkeit in Kühlschränken und Klimaanlage sowie Verbrennungsvorgänge bewirken, dass verstärkt Stickoxide und FCKW freigesetzt werden. Diese zerstören unsere Ozonschicht, welche die für den Menschen schädlichen UV-Anteile in der Sonnenstrahlung absorbiert. Zudem leidet unsere Umwelt durch Industrie- und Autoabgase, den Einsatz von Pestiziden und Kunstdünger in der Landwirtschaft, sowie durch Abfallbeseitigung sogar im Meer. Durch die Rodung der Tropenwälder steigen die Erosionsschäden und es wird bald zu zahlreichen Desertifikationen kommen. Die übertriebene Viehzucht, welche vermehrt CH₄ freisetzt, trägt ebenfalls zur Erhöhung des Treibhauseffektes bei. Folgen des anthropogenen Treibhauseffektes sind zum einen die fortschreitende globale Erwärmung der Erde, zum anderen eine Destabilisierung des Klimas [53]. Eine globale Temperaturerhöhung könnte zu einem vermehrten Auftreten von Stürmen und Flutkatastrophen führen. Forscher nehmen an, dass in den nächsten 100 Jahren die Durchschnittstemperatur um 0.3°C - 0.6°C steigen wird.

Andere Schätzungen gehen sogar von einem Temperaturanstieg um 2°C -3°C aus [54].

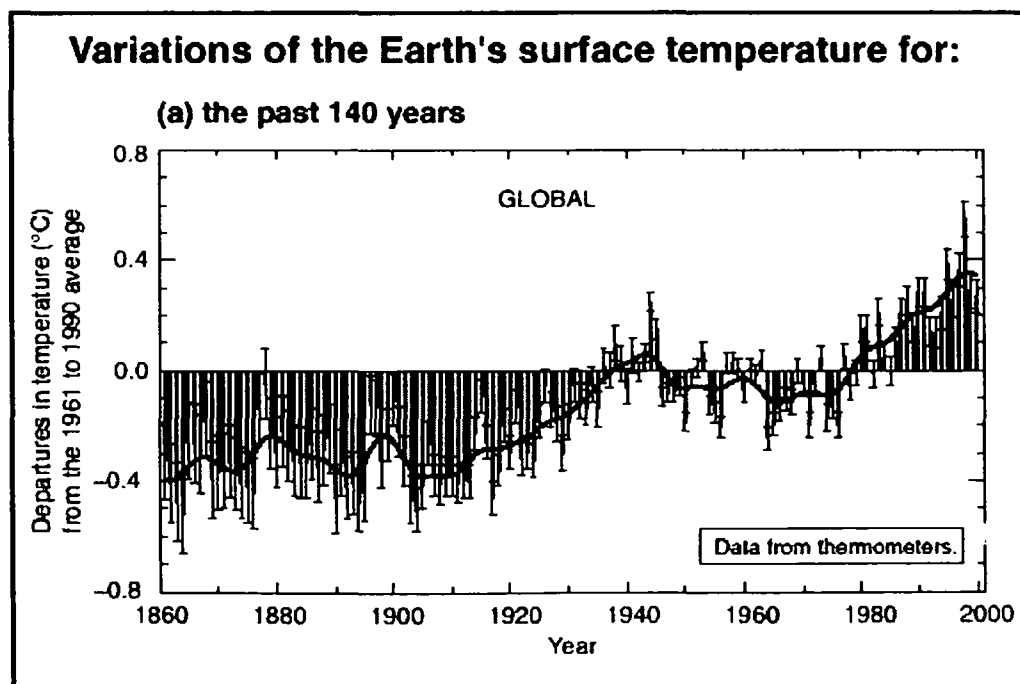


Abb. 2.1: Veränderung der Oberflächentemperatur der Erde in den vergangenen 140 Jahren

Diese Temperaturerhöhungen bedeuten, dass sich die Wüsten ausweiten, dass dort wo heute große Getreidefelder stehen nur noch Wüste sein wird. In Sibirien könnte man Getreide anbauen, in der Schweiz hätten wir Mittelmeerklima. Es gäbe keine richtigen Winter mehr. Auch die Pole würden schmelzen, was einen Anstieg des Meeresspiegels bewirken würde. Forscher nehmen an, dass der Meeresspiegel um 40 cm steigt. Sollte dieses wirklich der Fall sein, würden einige Teile der Erdoberfläche überflutet werden (z.B. Kalifornien, Holland, Florida, usw.). Durch die Destabilisierung unseres Klimas könnte es zu einer Wanderung der Klimazonen kommen und einstige fruchtbare Regionen sich in unfruchtbare Dürreregionen verwandeln. Durch eine Erwärmung des Klimas würde mehr Wasser verdunsten, was zu stärkeren Niederschlägen führen würde. Ein Klimawandel würde unsere Nahrungsmittelproduktion somit stark verschlechtern. Das bedeutet, dass man der Umweltverschmutzung entgegen wirken und entsprechende Maßnahmen treffen sollte. Gegenmaßnahmen zur Reduzierung des Treibhauseffektes sind:

- Die Nutzung fossiler Brennstoffe muss enorm eingeschränkt werden.
- Förderung des allgemeinen Umweltbewusstseins
- Förderung des biologischen, ökologischen Landbaus
- Recycling von wertvollem Material unter der Beachtung von Öko- und Energiebilanzen
- verstärkter Einsatz regenerierbarer Energien und verstärkte Forschung in dieser Richtung
- Ein sofortiger Stopp der Rodung der Tropenwälder

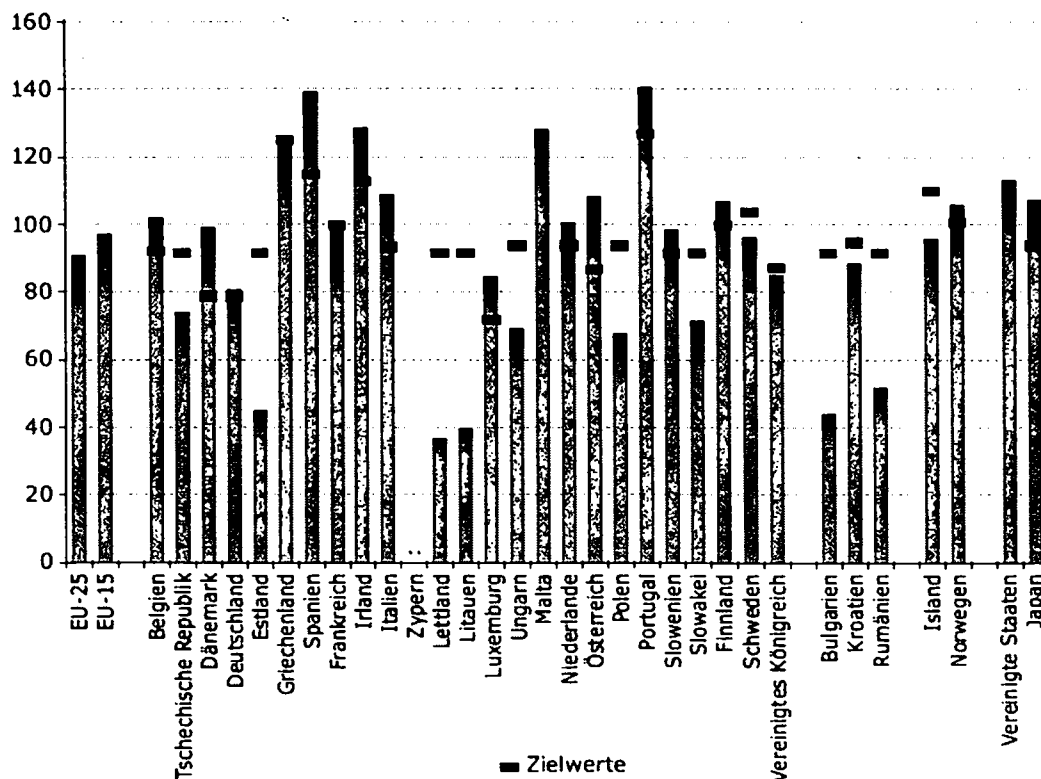


Abb. 2.2: Gesamtemissionen von Treibhausgasen im Jahr 2007

Der Treibhauseffekt wird die Wasserkreisläufe auf unserem Globus verändern und kann auch einen Wassermotstand in Europa auslösen [55]. In dem 6. Umweltaktionsprogramm steht im Mittelpunkt das Ziel einer 8-prozentigen Verringerung der Emissionen, welches die Gemeinschaft sich im Rahmen des Kyoto-Protokolls gesetzt hat, und das bis 2008 oder spätestens 2012 erreicht werden soll. Die Kommission forderte hierzu eine weitergehende Reduzierung der weltweiten Emissionen in einer Größenordnung von 20-40 %, die bis 2020

erreicht werden soll, und weist ferner darauf hin, dass es nach Schätzungen der Wissenschaftler langfristig nötig sein wird, die weltweiten Emissionen von Treibhausgasen gegenüber dem Stand von 1990 um 70 % zu verringern[56].

2.4.2 Wasserverschmutzung

Die globale Wasserkrise wird in den kommenden Jahren bislang ungeahnte Ausmaße annehmen. Durch Bevölkerungswachstum, Verschmutzung und Klimaveränderungen wird sich die Wasserknappheit in vielen Ländern weiter verschärfen. Zu diesem Ergebnis kommt der erste Weltwasser-Entwicklungsbericht der Vereinten Nationen, der 02.06.2003 anlässlich des Weltwasserforums in Kyoto vorgelegt wurde.

Weltweit hat sich der Wasserverbrauch in den letzten 50 Jahren fast verdoppelt. Mit dem Bevölkerungswachstum und der wirtschaftlichen Entwicklung steigt der Druck auf die Binnengewässer. Im Verlauf der nächsten 20 Jahre wird sich weltweit die durchschnittlich verfügbare Wassermenge pro Person um ein Drittel verringern. Ungefähr zwei Millionen Tonnen Abfall werden täglich in Flüsse, Seen und Ströme entsorgt. Ein Liter Abwasser verunreinigt ungefähr acht Liter Trinkwasser. Wenn die Wasserverschmutzung mit dem zu erwartenden Bevölkerungswachstum zunimmt, könnten bis zur Mitte dieses Jahrhunderts 18.000 km³ Trinkwasser verloren gehen. Das ist fast neunmal soviel Wasser wie heute weltweit für Bewässerung in der Landwirtschaft verbraucht wird. Derzeit macht die Bewässerung 70 % der gesamten Wasserentnahme aus.

Auf dem Millenniumsgipfel in New York im Jahre 2000 hat sich die internationale Gemeinschaft zum Ziel gesetzt, bis 2015 den Anteil der Menschen ohne Zugang zu sauberem Trinkwasser und ohne Abwasserentsorgung zu halbieren. Um dies zu erreichen sind in den nächsten Jahren immense Investitionen erforderlich.

Auch der Zustand der Ozeane verschlimmert sich rapide. Die Zunahme des Schiffsverkehrs muss in Frage gestellt werden, und zwar schon allein deswegen, weil viele Schiffe in einem so schlechten Zustand sind, dass sie große Mengen an Schadstoffen, vor allem Öl, an die Meere abgeben. Das systematische Bestreben der Ölmultis, ihre Kosten zu senken, ist ganz ursächlich für solche Katastrophen wie die der Exxon Valdez oder der Erika verantwortlich. Neben der sichtbaren Verschmutzung durch die Ölteppiche - allein im Jahr 1996 sind 70 Öltanker verunglückt - kommt noch die astronomische Menge von Erdöl hinzu, die bei den Bohrseln unter Wasser austritt, sowie die bei der Reinigung der Schiffe ins Meer abgegeben wird. Schließlich werden zudem noch giftige Abfälle sowie sonstige chemische oder radioaktive Stoffe ins Meer gekippt.

Die Wasserverschmutzung ist eng mit der Bodenvergiftung verknüpft, die beide Ursache und Folge bestimmter Formen von Wasser- und Luftverschmutzung darstellen. Die enge Verbindung zwischen dem Boden und den beiden anderen großen Bereichen Wasser und Luft spiegelt sich in den spezifischen Umweltrechtsvorschriften wieder, die diese beiden Bereiche betreffen und die zum Schutz des Bodens beitragen sollen. Auch die Rechtsvorschriften über Abfälle und Flächennutzung stehen in offenkundigem Zusammenhang mit dem Bodenschutz.

2.4.3 Bodenverschmutzung

Der Boden, eine nur begrenzt verfügbare Ressource und von lebenswichtiger Bedeutung für die Landwirtschaft, ist ebenfalls Belastungen ausgesetzt.

Der Erdboden ist der lockere, oberste Bereich der Erdkruste, der durch verwittertes Gestein, Wasser, Luft und organische Bestandteile gebildet wird. In der Bodenschicht (der Pedosphäre) überschneiden sich vier Bereiche der Natur: die Lithosphäre (Georelief), die Hydrosphäre (Wasser), die Atmosphäre (Luft) und die Biosphäre (lebende Pflanzen und Tiere sowie abgestorbenes organisches Material). Durch die Einwirkung und Tätigkeit dieser Bereiche entstehen - gesteuert durch den Faktor Zeit - Böden. Jeder Boden befindet sich, so wie wir ihn heute vorfinden, in einem vorübergehenden Stadium und wird sich weiterentwickeln.

Bodenerosion und -verschmutzung, die Degradierung und der Verlust von Boden haben sich zu einem Problem entwickelt, welches die weltweite Nahrungsmittelproduktion schwer beeinträchtigt. Seit 1945 sind fast 11 % (circa zwölf Millionen Quadratkilometer) der landwirtschaftlich nutzbaren Bodenfläche der Erde von einer Abnahme der Fruchtbarkeit betroffen: Jedes Jahr geben Bauern etwa 70 000 Quadratkilometer Ackerland auf, weil der Boden keine Frucht mehr trägt. Bodendegradierung hat verschiedene Ursachen, darunter Entwaldung, übermäßigen Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln (Pestiziden), Überweidung und Überbeanspruchung der Felder.

Große Gebiete Europas - etwa 17 % der gesamten Bodenfläche - sind in unterschiedlichem Umfang von Bodenerosion betroffen. Aufgrund der klimatischen Bedingungen ist die Mittelmeerregion eines der am stärksten betroffenen Gebiete. Veränderungen bei der Landnutzung, wie das Brachliegenlassen von Grenzertragsböden mit sehr geringer Pflanzendecke und die Zunahme der Häufigkeit und des Ausmaßes von Waldbränden haben seit jeher starke Auswirkungen auf die Bodenressourcen. In den extremsten Fällen hat Bodenerosion zusammen mit weiteren Formen der Landdegradierung in einigen Gebieten des Mittelmeerraums und Osteuropas zu Wüstenbildung geführt. Bodenerosion stellt auch in Nordeuropa ein zunehmendes Problem dar, wenn auch in geringerem Ausmaß.

Bodenerosion hat erhebliche Auswirkungen auf die Wirtschaft. Die jährlichen wirtschaftlichen Verluste in den betroffenen Landwirtschaftsgebieten Europas werden auf etwa 53 EUR pro Hektar geschätzt. Die Kosten, die durch Schaden außerhalb der Landwirtschaft an umliegenden öffentlichen Infrastruktureinrichtungen auftreten, wie z.B. die Zerstörung von Straßen und Verschlammung von Stauseen, wird auf 32 EUR pro Hektar geschätzt.

Mäßige bis hohe Versalzung belasten die landwirtschaftlichen Böden. Die Ursache sind hauptsächlich ungeeignete Bewässerungssysteme. Zum Beispiel weisen 16 Mio. ha bzw. 25 % der bewässerten Kulturläche im Mittelmeerraum Anzeichen von Versalzung auf.

Da die Belastungen des Bodens sehr komplexer Natur sind und eine auf einer soliden Grundlage von Daten und Bewertungen basierende Bodenpolitik entwickelt werden muss, wird eine spezifische Strategie für den Bodenschutz vorgeschlagen .

In den Gemeinschaftsvorschriften für Wasser (Nitratrichtlinie und Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 91/676 des Rates vom 12. Dezember 1991 und Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates)) werden Normen aufgestellt, um der Kontamination der Oberflächengewässer und des Grundwassers infolge des Auslaufens gefährlicher Stoffe oder eines übermäßigen Nährstoffeintrags in die Böden vorzubeugen.

Ziel der Wasserrahmenrichtlinie ist ein guter ökologischer, quantitativer und qualitativer Zustand der Gewässer. Deshalb sind alle Auswirkungen auf Gewässer zu untersuchen und werden Bewirtschaftungspläne für die Einzugsgebiete gefordert.

Die Schadstoffe in verunreinigter Luft, bei denen die Wahrscheinlichkeit am größten ist, dass sie unmittelbar oder über Niederschläge den Boden erreichen, sind Schwermetalle und Stoffe, die zu Versauerung und Eutrophierung beitragen. Die Rechtsvorschriften zur Verringerung und Überwachung der Luftverschmutzung (Rahmenrichtlinie über die Luftqualität und einschlägige Einzelrichtlinien sowie die Richtlinie über die einzelstaatlichen Emissionshöchstwerte (Richtlinien 96/92/EG, 1999/30/EG und 2000/69/EG des Rates und Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates)) haben daher auch Auswirkungen auf den Bodenschutz. Zu weiteren Entwicklungen wird es hier mit der angekündigten spezifischen Strategie für Luftqualität (CAFE-Clean Air for Europe) kommen.

Die Abfallbewirtschaftung ist ein Schlüsselfaktor für die Verhütung von Bodenkontamination. Am unmittelbarsten ist hiermit die Klärschlammrichtlinie (Richtlinie 86/278/EWG des Rates) verknüpft, mit der die Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft so geregelt wird, dass schädlichen Folgen für den Boden vorgebeugt wird. Die Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie 75/442/EWG des Rates) schreibt allgemeiner vor, dass bei der Entsorgung von Abfall der Boden nicht gefährdet werden darf. Weitere spezifische Abfallrechtsvorschriften wie die Deponierichtlinie (Richtlinie 1999/31/EG des Rates), die Richtlinie über die Verbrennung (Richtlinie 2000/76/EG des Europäischen Parlaments und des Rates) und die Richtlinie über kommunales Abwasser (Richtlinie 91/271/EWG) können ebenfalls dazu beitragen, einer Kontamination des Bodens vorzubeugen.

2.4.4 Abfall

Abfall stellt in jedem europäischen Land ein bedeutendes Problem dar und die Abfallmengen nehmen generell zu. Die Abfallerzeugung ist ein Zeichen für den Verlust von Rohmaterialien und Energie und verursacht zunehmende Umweltschäden und wirtschaftliche Kosten für die Sammlung, Behandlung und Entsorgung des Abfalls für die Allgemeinheit. Der größte Anteil des Abfalls in Europa wird deponiert, wobei die Menge an Abfall, die verbrannt wird steigt. Die Folgen der Deponierung und Verbrennung sind signifikant, da sie zur Emission von Treibhausgasen (Methan) und der grenzüberschreitenden Verbreitung von organischen Mikroschadstoffen (Dioxine und Furane) und flüchtigen Schwermetallen beitragen können.

Die Gesamtabfallmenge nimmt in den meisten europäischen Ländern immer noch zu. Das Siedlungsabfallaufkommen ist groß und steigt kontinuierlich. Die erzeugten Mengen gefährlichen Abfalls haben in vielen Ländern abgenommen, in anderen jedoch zugenommen. Die Gesamtabfallerzeugung hat sich nur in einer begrenzten Anzahl von Ländern vom Wirtschaftswachstum abgekoppelt. Darüber hinaus wurden die vereinbarten Ziele zur Stabilisierung der Erzeugung von Siedlungsabfall in den meisten westeuropäischen Ländern und Europäischen Union nicht erreicht. In den meisten mittel- und osteuropäischen Ländern sowie den EECCA (Zwölf Länder aus Osteuropa, dem Kaukasus und Zentralasien) nimmt die Menge an Abfall in geringerem Maße zu.

Initiativen zur Förderung der Abfallvermeidung, des Recyclings und zur Erhöhung der Sicherheitsstandards für die Endlagerung werden als die effektivsten Möglichkeiten für die Minimierung der Umweltrisiken und der mit der Abfallerzeugung, -behandlung und -entsorgung verbundenen Kosten betrachtet.

Große Mengen gefährlichen Abfalls werden in einer Weise entsorgt, die eine Gefahr für die Umwelt und die menschliche Gesundheit darstellt. Die Atomenergie ist für die stetige Anhäufung hoch radioaktiven Abfalls verantwortlich, der zum Teil für Hunderttausende von Jahren radioaktiv bleiben wird. Bisher konnte noch kein allgemein anerkannter Entsorgungsweg gefunden werden.

Mehr als 3 Mrd. Tonnen Abfall werden jedes Jahr in Europa erzeugt. Dies entspricht 3,8 Tonnen pro Kopf in Westeuropa, 4,4 Tonnen pro Kopf in Mittel und Osteuropa und 6,3 Tonnen pro Kopf in den EECCA.

Der Anteil am Gesamtabfallaufkommen in Europa beträgt ca. 14 %. Die Deponierung ist in den meisten Ländern weiterhin die vorherrschende Behandlungsoption. Mehrere EU-Länder melden eine Verwertungsrate für gefährlichen Abfall von über 40 %. In anderen Regionen ist die Lage weniger eindeutig, aber einige Länder berichten über eine nicht zufriedenstellende Entsorgung von gefährlichem Abfall [57].



Abb. 2.3: Sammlung von Siedlungsabfall in ausgewählten Ländern Westeuropas (WE), Mittel- und Osteuropas (MOE) sowie den EECCA

Das Programm der Europäischen Kommission über vorrangige Abfallströme orientiert sich an der niederländischen Erfahrung in der "Vereinbarungen" zu speziellen Arten von Abfällen: Übereinkommen zwischen der Regierung, Wirtschaftszweigen und möglicherweise nichtstaatlichen Organisationen zum Erreichen von Zielvorgaben für die Verminderung bzw. Rückgewinnung von Abfällen. Die Schwerpunkte dieses Programms lauten:

- Altreifen
- Altautos
- Abfälle, die bei der medizinischen Versorgung anfallen
- Abriss- und Bauschutt
- Elektro- und Elektronikschrott

Mit der neuen Gemeinschaftsstrategie zur Abfallbewirtschaftung wird die Kommission aufgefordert, entsprechende Folgemaßnahmen zu erarbeiten und zu erkunden, ob und wie mit Abfallströmen auf Gemeinschaftsebene weiter verfahren werden sollte.

Ein gutes Beispiel für das Potential des Konzepts der vorrangigen Abfallströme liefern die Altreifen, die in vielen Ländern eine bedeutende Abfallkomponente darstellen. In Deutschland fallen jedes Jahr mehr als 250 000 t Altreifen an. In UK wurden 1995 37 Mio. Reifen

(378 000 t) ausgesondert, von denen 74 % entweder wiederverwendet, runderneuert, stofflich verwertet oder zur Energierückgewinnung verbrannt wurden. In Dänemark wird die Wiederverwertung von Altreifen durch eine Abgabe gefördert, während in den Niederlanden und Finnland die Deponierung von Altreifen bereits verboten ist und für Runderneuerung, stoffliche Verwertung und Verbrennung mit Energierückgewinnung bestimmte Zielvorgaben zu erfüllen sind. Im Entwurf der EU-Deponierichtlinie wird vorgeschlagen, die Deponierung von Reifen zu untersagen.

Im Sinne der Alt-Pkw-Recyclingvereinbarung ist in Österreich bereits seit dem Jahr 1992 die Altfahrzeugverwertung mit dem Tatbestand der verpflichtenden Aufbereitung des (vorbehandelten) Altfahrzeuges im Schredder verknüpft. Damit werden in Österreich bereits seit Jahren und früher als in den meisten anderen Ländern der Europäischen Union, ökologisch hoch stehende Anforderungen der Altfahrzeugverwertung erfüllt.

Auf der Ebene der Europäischen Union wurde am 18 Sept. 2000 die Richtlinie 2000/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Altfahrzeuge erlassen. Diese zielt auf eine Harmonisierung der einzelstaatlichen Maßnahmen in Bezug auf Altfahrzeuge ab, um eine Verringerung der Umweltbelastungen durch Altfahrzeuge zu erreichen sowie durch Vermeidung von Wettbewerbsverzerrungen ein Funktionieren des Binnenmarktes zu gewährleisten. Die Richtlinie gilt für Fahrzeuge und Altfahrzeuge einschließlich ihrer Bauteile und Werkstoffe, Ersatz und Austauschteile.

Ein Problem von vornherein zu vermeiden ist stets besser, als es lösen zu müssen. So sollte es bei jeder Abfallstrategie in erster Linie darum gehen, die Entstehung von Abfall einzudämmen bzw. ganz zu verhindern. Zwar bestehen europaweit entsprechende Initiativen und haben EU-Mitgliedsländer seit 1991 die Unterstützung dieses Ansatzes gefordert, doch gibt es kaum Erkenntnisse über deren Wirksamkeit auf einzelstaatlicher Ebene. Die Vermeidung bzw. Verminderung der Abfallentstehung lässt sich erreichen durch:

- die Entwicklung umweltfreundlicherer Technologien;
- eine verbesserte Produktgestaltung;
- Materialsubstitution;
- die Entwicklung geeigneter Techniken für das Entfernen gefährlicher Substanzen aus Abfällen vor deren Wiederverwendung oder endgültigen Beseitigung;
- Umstellung der Konsum- bzw. Lebensgewohnheiten.

In der EU-Abfallstrategie steht die Abfallvermeidung an erster Stelle gefolgt von Recycling, Wiederverwertung und Verbrennung und zuletzt- lediglich als Notlösung- die Deponierung von Abfall. Ziel ist die Verringerung der Menge an zur endgültigen Entsorgung bestimmten Abfällen um 20 % bis zum Jahr 2010 und um 50 % bis zum Jahr 2050 gegenüber dem Stand von 2000.

2.4.5 Natur und biologische Vielfalt - Schutz von einzigartigen Ressourcen

Gesunde natürliche Systeme, die sich im Gleichgewicht befinden, sind von grundlegender Bedeutung für die Erhaltung des Lebens auf unserem Planeten. Als Spezies Mensch kommt uns die Verantwortung zu, den Wert der Natur für uns und für künftige Generationen zu erhalten.

Das bedeutet, dass wir auf die von den menschlichen Aktivitäten ausgehenden Belastungen der Natur und biologischen Vielfalt reagieren müssen. Diese Belastungen lassen sich wie folgt kategorisieren:

- Die Verschmutzung durch Verkehr, Industrie und Landwirtschaft bedroht weiterhin Naturgebiete und wildlebende Pflanzen und Tiere. Ursachen der Verschmutzung können unmittelbare und dramatische Ereignisse wie die Baia-Mare-Katastrophe in Rumänien sein, bei der aus einer Goldmine in einen Fluss ausgetretenes Zyanid und Schwermetalle zu einer Massenvernichtung von wildlebenden Pflanzen und Tieren führten. Die Auswirkungen können auch allmählich entstehen, Beispiele sind etwa der saure Regen, der Böden, Wälder und Seen belastet, oder Chemikalien, die die Fortpflanzungsfähigkeit von Vögeln und anderen Tieren bedrohen. Die "Eutrophierung", d.h. ein Nährstoffüberschuss in Gewässern, bewirkt das verstärkte Wachstum von Algen oder anderen Pflanzen und könnte damit zu einer Bedrohung für das Leben in Salz- und Süßwasser werden. Ionisierende Strahlung ist eine potenzielle Bedrohung für Flora und Fauna, die überwacht werden muss.
- Eine weitere Umweltbelastung stellt die veränderte Bodennutzung dar. Außerdem belasten wir die Umwelt, wenn wir die natürlichen Ressourcen, beispielsweise die Fischbestände, schneller ausbeuten, als sie wiederaufgefüllt werden können. Durch den Bau neuer Straßen und Häuser und durch andere Entwicklungen wird die Landschaft zunehmend zersplittert und das Überleben der Arten erschwert. Alles deutet darauf hin, dass die Inanspruchnahme ländlicher Gebiete durch Entwicklungsvorhaben in Zukunft zunehmen wird.
- Es gibt Bedenken hinsichtlich der potenziellen Gefahren für die biologische Vielfalt, die von unvorgesehenen Auswirkungen der Ansiedlung bestimmter nicht heimischer Arten, die nicht gut an die örtlichen Bedingungen angepasst sind, oder vom Einsatz genetisch veränderter Organismen ausgehen können.

Die Ausbeutung der Meere und die zahlreichen Belastungen für die Meeresumwelt stellen ähnliche, von menschlichen Aktivitäten ausgehende Bedrohungen dar.

Je mehr Lebensräume beeinträchtigt werden oder ganz verloren gehen, desto mehr sind Wildtiere starken Umweltbelastungen ausgesetzt oder sogar vom Aussterben bedroht. In Europa sind 38 % der Vogel- und 45 % aller Schmetterlingsarten bedroht. In Nord- und Westeuropa sind rund 60 % aller Feuchtgebiete verloren gegangen. Rund zwei Drittel der Bäume in der Europäischen Union sind gefährdet und im Süden stellen Waldbrände ein Problem dar. Einigen Fischbeständen droht der Zusammenbruch, während andere Meerestiere durch Überfischung dezimiert wurden. Weltweit haben die Abholzung und illegale Ausbeutung der Wälder zum Verlust von 90% der tropischen Küstenwälder Südamerikas, einem Gebiet mit besonders großer biologischer Vielfalt, geführt. Der internationale Handel mit Wildtieren gilt als Bedrohung für 30 000 Arten [58].

Der Erhalt von Natur und biologischer Vielfalt bedeutet nicht notwendigerweise das Unterbinden menschlicher Aktivitäten. Ein großer Teil der heutigen wertvollen Landschaft und naturnaher Lebensräume ist geprägt durch unsere traditionelle Landwirtschaft. Das ökologische Gleichgewicht dieser modernen Landschaften mit verschiedenen Arten von Flora und Fauna ist auch durch die Aufgabe von Grenzertragsflächen bedroht. Die Erhaltung solcher wertvoller Landschaften erfordert geeignete Landbewirtschaftungsmaßnahmen.

Ohne einen verantwortungsvollen Umgang mit Natur, biologischer Vielfalt und auch dem kulturellen Erbe ist durch eine unkontrollierte Entwicklung des Fremdenverkehrs mit starken Belastungen zu rechnen. Empfindliche Gebiete, wie Inseln, Küstengebiete und Gebirge besitzen eine große biologische Vielfalt, der besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte; spezifische integrierte Bewirtschaftungsmaßnahmen sind im Hinblick auf die Entwicklung des Fremdenverkehrs erforderlich. Die Vielfalt, Verbreitung, Zusammensetzung

in Bezug auf Größe und Alter sowie der Reichtum der verschiedenen Arten sind Indikatoren für das Funktionieren der natürlichen Systeme, auf das die Gesellschaft angewiesen ist. Wir müssen daher Maßnahmen ergreifen, bevor es für die Erhaltung der unersetzlichen Ressourcen der Natur und der biologischen Vielfalt zu spät ist.

2.4.6 Lärm

Der Lärm von Autos, Eisenbahnen und Flugzeugen schränkt die Lebensqualität vieler Menschen erheblich ein. Hohe Lärmbelastungen können aber auch ein Risiko für die Gesundheit darstellen. Der Verkehrslärm gehört mittlerweile zu den größten Umweltproblemen in unserer dicht besiedelten und verkehrsreichen Welt. Die Umweltpolitik orientiert sich bei dem wichtigen Anliegen, den Schutz vor Lärm spürbar zu verbessern, maßgeblich am Leitbild der Nachhaltigkeit. Etwa 65 % der Bevölkerung in Europa sind in ihrer Umwelt einem hohen Geräuschpegel ausgesetzt. Ungefähr 9,7 Mio. Menschen sind unzumutbare Lärmbelastungen ausgesetzt [59].

Um den vom Verkehr ausgehenden Lärm zu verringern, wurden die Lärmgrenzwerte für Kraftfahrzeuge und für Verkehrsflugzeuge in den letzten Jahrzehnten spürbar verschärft. Heutige Pkw und Lkw sind deutlich leiser als Fahrzeuge der früheren Generation. Dennoch nimmt der Straßenverkehrslärm durch den kontinuierlichen Anstieg des Verkehrsaufkommens in vielen Bereichen zu. In den nächsten Jahren müssen ganz erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um beim Lärmschutz im Verkehrssektor deutliche Fortschritte zu erreichen. Wichtige neue Impulse für den Lärmschutz als Ganzes verspricht die neue Umgebungslärmrichtlinie der Europäischen Union. In den kommenden Jahren müssen für Hauptverkehrsstraßen, Haupteisenbahnstrecken und Flughäfen sowie darüber hinaus in allen Ballungsräumen strategische Lärmkarten und Aktionspläne zur Lärminderung erstellt werden. In die Lärminderungsplanung soll die Öffentlichkeit eingebunden werden. Im Sinne eines umfassenden Lärminderungskonzepts sieht die Umgebungslärmrichtlinie außerdem bereits vor, dass weitere Maßnahmen der Europäischen Union zur Lärminderung ergriffen werden. Beim Fluglärm geht es derzeit vor allem um die grundlegende Novellierung des Fluglärmsgesetzes, das aus dem Jahr 1971 stammt. Im Vordergrund stehen dabei die Modernisierung des Ermittlungs- und Bewertungsverfahrens für Fluglärm, eine deutliche Verschärfung der Grenzwerte für Lärmschutzzonen um Flughäfen und spezifische Verbesserungen beim Schutz der Nachtruhe.

Aktiver und passiver Schallschutz kann für sich allein jedoch auf Dauer kein angemessenes hohes Lärmschutzniveau sichern. Nicht zuletzt unter dem Aspekt der Lärminderung werden Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung und zur Verkehrsverlagerung auf weniger umweltbelastende Verkehrsträger weiter an Bedeutung gewinnen [60].

Im Rahmen der Lärmbekämpfung hat die Europäische Union ein gemeinsames Konzept festgelegt, um vorrangig schädliche Auswirkungen durch Umgebungslärm zu verhindern, ihnen vorzubeugen oder sie zu mindern. Dieses Konzept basiert auf der Ermittlung der Lärmbelastung durch Lärmkarten nach gemeinsamen Methoden, der Information der Bevölkerung und der Anwendung von Aktionsplänen auf lokaler Ebene. Diese Richtlinie soll auch die Grundlage für die Einführung von Gemeinschaftsmaßnahmen in Bezug auf Lärmquellen darstellen.

Spätestens bis zum 18. Juli 2008 müssen Aktionspläne für die Hauptverkehrsstraßen mit einem Verkehrsaufkommen von über 6 Mio. Kraftfahrzeugen pro Jahr, für die Haupteisenbahnstrecken mit einem Verkehrsaufkommen von über 60 000 Zügen pro Jahr, die Großflughäfen und die Ballungsräume mit mehr als 250 000 Einwohnern ausgearbeitet

werden. Bis spätestens 18. Juli 2013 müssen Aktionspläne für die Gesamtheit der großen Ballungsräume, Großflughäfen, Hauptverkehrsstraßen und Haupteisenbahnstrecken ausgearbeitet werden.

2.4.7 Technologische und natürliche Gefahren

Die Grubenunglücksfälle in der Ukraine im Jahr 2002, das jüngste Tankerunglück der "Prestige" vor der Westküste Spaniens und die Jahrhundertflut in Mitteleuropa und am Schwarzen Meer im Sommer 2002, das verheerende Erdbeben 1999 in der Türkei: derartige Unglücksfälle wird es in Europa weiterhin geben - sei es durch technologisch bedingte Unfälle, durch Naturgewalten oder eine Kombination dieser beiden Faktoren. Ein ganzheitlicher Ansatz beim Gefahrenmanagement, beruhend auf den Lektionen aus früheren Unfällen und Naturkatastrophen sowie der anerkannten Notwendigkeit einer besseren Notfallplanung, dürfte dazu beitragen, die Zahl und die Folgen von Technologieunfällen sowie die Auswirkungen bestimmter Naturkatastrophen zu verringern.

Es passieren weiterhin Technologieunfälle in Europa, obwohl bereits Fortschritte im Sicherheitsmanagement von Gefahren erzielt wurden. Die Anzahl von Unfällen mit vielen Todesopfern ist jedoch in den vergangenen zehn Jahren zurückgegangen.

Eine Ausnahme stellen die Grubenunglücksfälle in der Ukraine dar. Obwohl die Zahl der Todesopfer von Technologieunfällen nur einen Bruchteil der Todesopfer von Naturkatastrophen ausmacht (etwa 5 % der Gesamtzahl der Todesopfer in Europa zwischen 1985 und 1996), werden die Gefahren der beiden Unfallarten oftmals als ähnlich empfunden, da Kenntnisse zur Gesamtsituation fehlen und technologische Gefahren zwar einerseits gefürchtet, aber andererseits auch akzeptiert werden. Die Unberechenbarkeit und Unkontrollierbarkeit von kriegerischen und terroristischen Aktivitäten sowie deren potenziell weit reichenden Auswirkungen auf die Umwelt weisen ebenfalls Ähnlichkeiten mit technologischen und natürlichen Gefahren auf, was die Schäden und die Zahl der Todesopfer anbelangt.

Die bei weitem häufigste unmittelbare Ursache großer Technologieunfälle ist mechanisches Versagen. Auch Bedienungsfehler tragen oftmals entscheidend zu Unfällen bei. In beiden Fällen ist wahrscheinlich eine Art Managementfehler die Ursache.

Die Zahl der Atomanlagen in Europa ist seit 1970 gestiegen und viele europäische Länder verfügen derzeit über Kernreaktoren, die kurz vor dem Ende ihrer Nutzungsdauer stehen. Der zunehmend schlechte Zustand älterer Anlagen in Osteuropa stellt einen weiteren erschwerenden Faktor dar. In den letzten Jahren wurde die Sicherheit sowjetischer Reaktoren jedoch verbessert. Dies ist im Wesentlichen auf die durch die engere Zusammenarbeit zwischen Ost und West geförderte Entwicklung einer Sicherheitskultur und die umfangreichen Investitionen zur Verbesserung dieser Reaktoren zurückzuführen. Naturkatastrophen haben immer noch weitaus größere Auswirkungen als Technologieunfälle. Die durch Naturkatastrophen entstehenden Kosten können sich auf mehrere Milliarden Euro belaufen, während bei ernsthafteren Technologieunfällen eher Kosten in Millionenhöhe entstehen. Sowohl die Wahrscheinlichkeit des Eintretens als auch die Folgen von Naturkatastrophen können durch technologische Fortschritte und menschliche Tätigkeiten, wie Land- und Forstwirtschaft, sowie den Klimawandel zunehmen. Konstruktionsverbesserungen und praktische Erfahrungen haben das Gefahrenniveau technologischer Risiken und der Tätigkeiten, die die Auswirkungen natürlicher Risiken verschlimmern können, über die Jahre hinweg verringert. Ganzheitliche Ansätze stehen immer mehr im Vordergrund und es wird verstärkt Wert gelegt auf die Verringerung der Gefahr langfristiger Umweltauswirkungen

3. Umweltmanagement

Wir konstruieren ein neues Bild, das wir sehen, sofort mit Hilfe aller alten Erfahrungen, die wir gemacht haben, je nach dem Grade unserer Redlichkeit und Gerechtigkeit. Es gibt gar keine andern als moralische Erlebnisse, selbst nicht im Bereiche der Sinneswahrnehmung.

Umfang des Moralischen, aus: Die fröhliche Wissenschaft
Friedrich Nietzsche

3.1 Umweltmanagementsystem und ökologische Ziele

Technische und organisatorische Maßnahmen, um Umweltbelastungen zu vermeiden und zu vermindern, sind heute in vielen Unternehmen selbstverständlich. Zum Schutz der Umwelt und der Nachbarschaft müssen die Unternehmen eine kaum überschaubare Vielzahl von Umweltgesetzen sowie technischen und behördlichen Vorschriften umsetzen. Die gesetzliche Regelungsdichte, vor allem aber die behördliche Überwachung zum Schutz der Umwelt und der Nachbarschaft ist von Staat zu Staat sehr unterschiedlich. Nicht nur die geografische Lage des Unternehmens, sondern auch die betrieblichen Aktivitäten sowie die Größe der Unternehmen sind maßgebend für den Anwendungsbereich von Umweltschutzvorschriften.

Erfreulicherweise gibt es auch Unternehmen, die nicht nur die gesetzlichen Vorgaben erfüllen wollen, sondern darüber hinaus freiwillig Ziele anstreben, um die Umweltsituation an einem Standort zu verbessern.

Ein Umweltmanagementsystem, kurz UMS, bietet Unternehmen einen strukturierten Prozess und ein systematisches Vorgehen für die Verwirklichung von selbst gesetzten Umweltzielen. Sie können damit sicherstellen, dass gesetzliche und behördliche Vorschriften umgesetzt und beachtet werden. Umweltbetriebsprüfungen durch interne oder externe Fachleute dienen dazu, die Wirksamkeit eines UMS zu überwachen.

Mit Hilfe von Umweltmanagementsystemen können folgende Ziele verfolgt werden [66]:

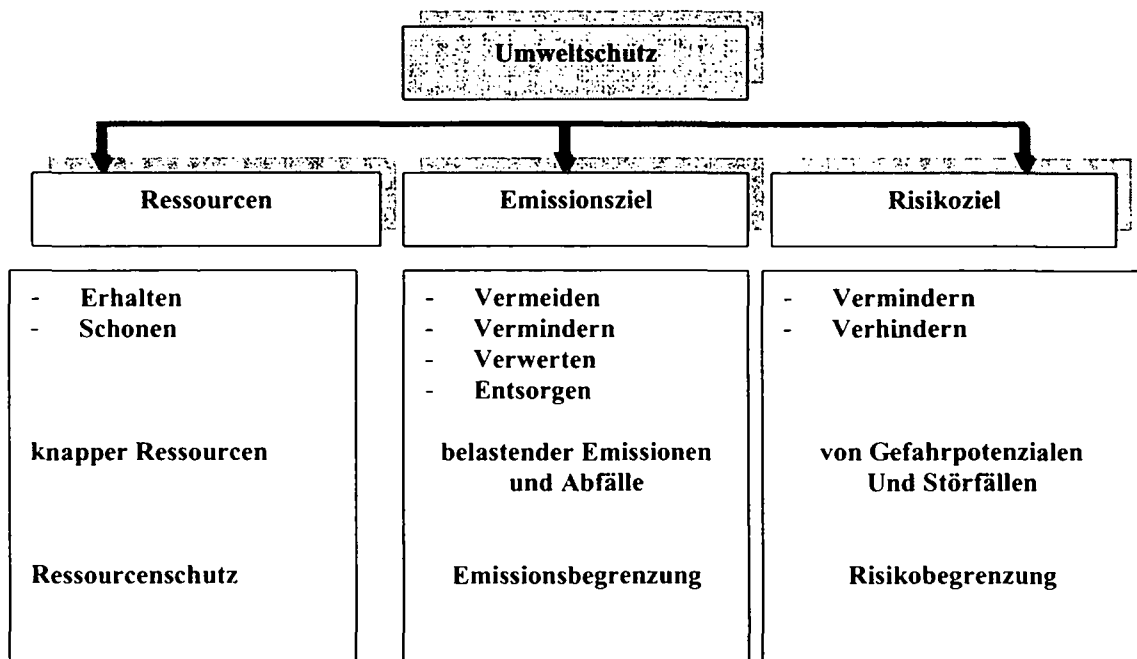


Abb. 3.1: Die Elemente des Umweltschutzes als Unternehmensziel

Neben der konfliktären Beziehung der Umweltschutzziele zueinander, stellen das unvollständige Wissen über Belastbarkeitsgrenzen der Ökosystems, Regenerationsraten natürlicher Ressourcen und Wirkmechanismen unterschiedlicher Stoffe Probleme bei der Spezifizierung von Umweltschutzziele dar. Wissensmangel ist jedoch keine Entschuldigung für falsche Handlungen, daher erscheint im Umweltschutzangelegenheiten Handeln nach dem Vorsichtsprinzip sinnvoll: ebenso wie niemand in stockfinsterner Nacht, in der er seinen Weg und mögliche Hindernisse die sich ihm in den Weg stellen nicht sehen kann, loslaufen wird, sondern sich behutsam vorwärts tasten wird, sollte der Umgang mit der Natur bedächtig und vorsichtig erfolgen.

3.2 Umweltbezogene Unternehmensstrategien

Es gibt verschiedene Möglichkeiten umweltbezogene Unternehmensstrategien. Jede Strategie hat Vor und Nachteile sowie mögliche Auswirkungen auseinander. Eine Reduzierung aller möglichen Umweltstrategien kann auf drei Basisstrategien erfolgen, obwohl diese unterschiedliche Ausprägungen in den verschiedenen Industrien bzw. Branchen aufweisen können:

Reaktiv

Umweltschutz kommt auf die Tagesordnung, wenn es sich nicht umgehen lässt:

- Erfüllen der Minimalanforderungen
- Soweit möglich: Umgehung von Umweltschutzanforderungen

Kurzfristig gewinnorientiert

Umweltschutzaktivitäten, soweit sich dieser Umweltschutz unmittelbar positiv auf die Gewinnsituation auswirkt:

- Kosten senken z.B. Recycling oder Stoffstrom-Management
- Umsatz steigern z.B. durch positives Image
- Nutzen neuer Märkte z.B. Umwelttechnik [67]

Strategisch / offensiv

Frühzeitiges Einbeziehen abschbarer Anforderungen und Marktentwicklungen, auch wenn sich dies kurzfristig nicht "rechnet":

- Ziel: langfristige Unternehmenssicherung
- Einbinden des Umweltschutzes in Organisationsstruktur
- Vorreiter bei der Erfüllung von Gesetzen, Standards und Normen
- Erreichen nachhaltiger Wettbewerbsvorteile
- Erschließen neuer Märkte [68].

Von besonderer Bedeutung für den Erfolg von umweltorientierten Unternehmensstrategien sind innerbetriebliche Flexibilität sowie die Möglichkeiten auf Änderungen des unternehmenspolitischen Umfeldes reagieren zu können. Bei Berücksichtigung dieser grundsätzlichen Forderungen lässt sich eine bestimmte, den Charakter einer gewissen Allgemeinverbindlichkeit tragenden Schrittfolge zur Gestaltung umweltorientierten Unternehmensstrategien benennen.

Eine Gestaltung einer solchen Strategie im Wesentlichen in drei Schritten erfolgt:

Identifikation der strategischen Ausgangslage im Umweltbereich

- Ökologische Früherkennung (externe Faktoren)
- Umweltisiko - Analyse (interne Faktoren)
- Umweltorientierte Portfolioanalyse (Bestimmung der ökologischen Strategieposition)

Strategische Zielformulierung

- Umweltorientierte Unternehmensgrundsätze als Basis
- Konkretisierung der ökologischen Aspekte in den Strategiezielen
- Gewichtung der strategischen Ziele

Festlegung umweltorientierter Unternehmensstrategien

- Abstimmung mit den betrieblichen Basisstrategien
- Festlegung der umweltorientierten Normstrategien

Der erste Schritt ist die Identifikation der strategischen Ausgangslage. Das bedeutet, dass sich unternehmenspolitischen Entscheidungsträger, noch bevor mit der Konkretisierung der zukünftigen Strategien der Unternehmung im Umweltschutz begonnen wird, einen Überblick über die "ökologische Betroffenheit" ihres Unternehmens verschaffen müssen. Hauptaufgabe dieses ersten Schrittes ist folglich, aus der Vielzahl der zu Verfügung stehenden Informationen, die für die Formulierung von umweltorientierten Unternehmensstrategien erforderlichen herauszufiltern, zu strukturieren und bereitzustellen.

Der zweite Schritt ist nun die strategische Zielformulierung. Dafür können mit den internen und externen strategische Ausgangssituationen, die im ersten Schritt bestimmt wurden, zwei wichtige konzeptionelle Bausteine verwendet werden. Zunächst sind die strategischen Umweltziele festzulegen. Diese müssen im Einklang mit den normativ vorgegebenen umweltpolitischen Unternehmensgrundsätzen stehen, was durch die Unternehmensleitung zu prüfen und zu gewährleisten ist. Danach können dann die operativen Umweltziele definiert werden. Aufgabe der Unternehmensleitung ist es, mit Hilfe der formulierten strategischen Ziele, nachgeordnete Führungsebenen über Sinn, Zweck und Inhalt der Umweltpolitik zu informieren.

Der dritte Schritt ist die Festlegung der umweltorientierten Unternehmensstrategien. In der Regel kann davon ausgegangen werden, dass der Umweltschutz nicht das dominierende Unternehmensziel ist. Deshalb ist vor der Bestimmung der Umweltstrategien im engeren Sinne zu klären, inwieweit die bisher festgelegten strategischen Umweltziele im Gegensatz zu den übrigen Unternehmenszielen bzw. anderen Basisstrategien stehen. Nach dieser Zielabstimmung sind die strategischen Optionen der Unternehmung im Umweltschutz zu bestimmen. Mit den im ersten Schritt gewonnenen Informationen können die Stärken und Schwächen des Unternehmens im internen und externen Bereich bewertet werden. Somit ist es möglich, eine umweltorientierte Unternehmensstrategie unter Vorgabe des bereits ausformulierten Bündels von Zielen und unter Berücksichtigung der problemadäquaten Ausgangssituation festzulegen.

Begleitend zu diesen Schnitten gilt es, die Effektivität des UMS nachzuweisen sowie sicherzustellen, dass die gesetzlichen Umweltvorschriften eingehalten werden [69].

3.3 Historische Entwicklung von Umweltmanagementsystemen und Umwelt-Audits

Entgegen der weit verbreiteten Annahme, dass die Europäische Gemeinschaft mit der im Juni 1993 verabschiedeten EG-Öko-Audit Verordnung (EMAS) Umweltmanagementsysteme erst erfunden hat, liegen die Ursprünge von Umwelt-Audits weiter zurück. Schon Mitte der siebziger Jahre wurden in den USA die ersten Umwelt-Audits (z.B. General Motors 1972, Allied-Signals 1976 und Olin Corporation 1978) durchgeführt [70].

Ein weiterer Ausdruck des größer gewordenen Umweltbewusstseins in den USA war die schnelle Zunahme von Gesetzesbeschlüssen auf dem Umweltsektor. Sie beziehen sich im Wesentlichen auf die Umweltverträglichkeit (National Environmental Policy Act NEPA), auf die Haftung für Umweltverschmutzung (Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability

Act CERLA) und auf die Luftverschmutzung und Schadstoffvermeidung. Folgende Gründe führten gegen Ende der 70er Jahre in den USA zur Einführung des ersten Umweltmanagement-Instruments, dem Umwelt-Audit. Diese Umweltaudits erfolgten zumeist auf der Grundlage von Verhaltenscodices bestimmter Branchen. Ein Beispiel für einen solchen Kodex ist die 1984 in Kanada erarbeitete, weltweite "Responsible Care" - Initiative der chemischen Industrie, welche eine regionale Festlegung und Umsetzung von Umweltschutzprinzipien vorsieht [71].

Im europäischen Raum hat diese Entwicklung, bis auf wenige Ausnahmen, erst gegen Ende der achtziger Jahre eingesetzt. Das Engagement der Unternehmen für den betrieblichen Umweltschutz beruhte (zunächst) nicht auf Freiwilligkeit. In Folge einer Ende der sechziger, Anfang der siebziger Jahre einsetzenden Sensibilisierung der europäischen Bevölkerung für anthropogen verursachte Umweltveränderungen bzw. für den Konflikt zwischen wirtschaftlichem Wachstum und natürlicher Umwelt, öffentlich gewordener Umweltkatastrophen. So sind in den letzten zwei Jahrzehnten auf Europaebene etwa 200 Gesetze erlassen worden. Solcher schärfer werdenden Umweltgesetzgebung in Europa, hatte sich der Druck auf die Unternehmen der Industrie stetig erhöht.

Diese begannen, sich mit Umweltschutz auf betrieblicher Ebene zu beschäftigen. Dementsprechend verfolgten die Umweltschutzbestrebungen der Unternehmen neben einer Verbesserung des Firmenimages vor allem das Ziel, die bestehenden Umweltgesetze bzw. Umweltvorschriften einzuhalten und Haftungsansprüche Dritter zu vermeiden. In der amerikanischen Industrie hat sich mit dem "compliance audit" eine spezifische Variante des Umwelt-Audits durchgesetzt, in dessen Rahmen überprüft wird, ob die umweltrelevanten gesetzlichen Vorschriften eingehalten werden. In Europa hatten die Umwelt-Audits - der Gesetzgebung entsprechend - zunächst nur den Charakter eines compliance - audits. Erst mit der von der British Standards Institution (BSI), einer dem Deutschen Institut für Normung vergleichbaren Einrichtung, im Jahre 1990 für die britische Wirtschaft entwickelten und im März 1992 eingeführten BS 7750 - Norm, ist in Großbritannien ein weltweit erster Standard für ein Umweltmanagementsystem geschaffen worden. Neu an der BS 7750 - Norm war ein verändertes Grundverständnis von Öko-Audits. In der angelsächsischen Welt werden diese seit der Entwicklung der BS 7750 - Norm in erster Linie als ein freiwilliges Managementsystem zur Selbstüberwachung beziehungsweise als Kommunikationsinstrument innerhalb der Industrie und des Finanzsektors gesehen. Den zuständigen staatlichen Behörden soll im Rahmen der BS 7750 - Norm das Recht abgesprochen werden, in die betrieblichen Verfahren einzugreifen.

Nach dieser Auffassung dienen Öko-Audits zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit des Umweltmanagements und gegebenenfalls zur Bestätigung dieses Systems durch einen unabhängigen Experten, nicht jedoch dazu, die Einhaltung von Umweltvorschriften sicherzustellen. Die Teilnahme an der BS 7750 - Norm, die 1997 durch die ISO 14001 - Norm ersetzt wurde, erfolgte auf freiwilliger Basis und stand nicht nur Industriebetrieben, sondern auch anderen Organisationen wie Dienstleistungsunternehmen oder öffentlichen Körperschaften offen. Es kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass sich die historische Entwicklung des betrieblichen Umweltschutzes in Amerika und Europa für den Zeitraum der 70er bis zu Beginn der 90er Jahre in zwei Phasen unterteilen lässt. In der ersten Phase, Mitte der 70er Jahre bis gegen Ende der 80er Jahre, haben die Unternehmen vor dem Hintergrund einer sich verschärfenden staatlichen Umweltgesetzgebung und zunehmendem öffentlichen Druck überwiegend reaktiv versucht, die vorgegebenen Gebote und Verbote einzuhalten. In der 2ten Phase ist eine zunehmende Anzahl an Unternehmen dazu übergegangen, betrieblichen Umweltschutz durch die freiwillige Einführung von Umweltmanagementsystemen fernab staatlicher Vorgaben und Gesetze aktiv zu gestalten [72].

3.4 Britischer Umweltmanagement-Standard: BS 7750

Der Britischer Standard 7750 - Specification for Environmental Management Systems war der weltweit erste Umweltstandard, der unter anderem in weiten Bereichen für die Entwicklung und Durchführung der EG-Öko-Audit-Verordnung herangezogen wurde.

Bereit in den achtziger Jahren hatten britische Unternehmen damit begonnen, Umweltmanagementsysteme aufzubauen. Anfänglich vollzog sich dies vor allem, um eine Verbesserung des Umweltimages ihrer Unternehmen zu erreichen. Dazu werden zunächst noch ohne normative Grundlage, die Strukturen von Umweltmanagementsystemen entwickelt und wertvolle Erfahrungen gesammelt. Aufgrund einer Initiative des British Standard Institute (BSI) erfolgte, aufbauend auf den vorliegenden Erfahrungen und dem BS 5750 über Qualitätssicherungssysteme, die Entwicklung des BS 7750 für Umweltmanagementsysteme. Da das BSI aufgrund der Kooperationsbereitschaft auf diesem Gebiet frühzeitig Kenntnis von den Plänen der Kommission des Europäischen Rates zur Entwicklung einer Verordnung über Umweltmanagementsysteme hatte, konnte BS 7750 von Anfang an auf die Anforderungen der zukünftigen Verordnung (EWG) Nr. 1836/93 ausgerichtet werden [73].

BS 7750 wurde als Ergänzung des Entwurfs der EG-Öko-Anordnung erstellt und dient insbesondere dazu, die Forderungen an ein Umweltmanagementsystem als Basis für eine Registrierung im Rahmen der endgültigen Verordnung festzulegen [74]. Abb. 3.2 zeigt die Implementierungsstufen dieses Managementsystems.

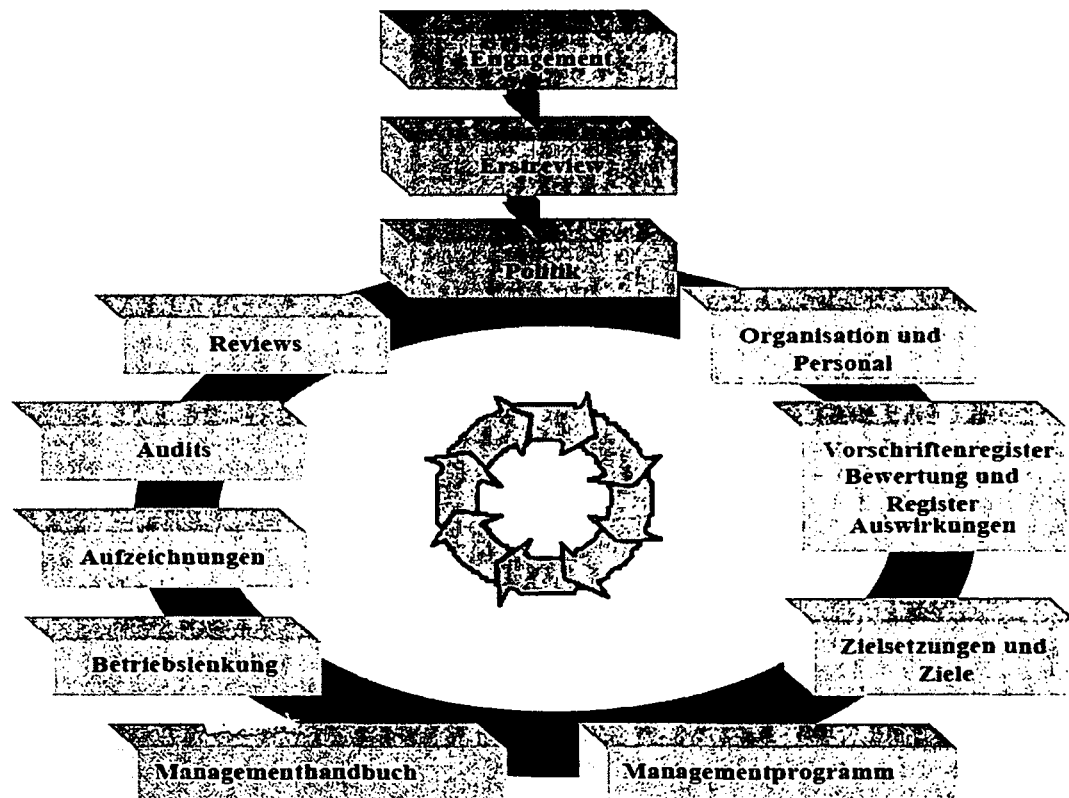


Abb. 3.2: Schematische Darstellung der Implementierungsstufen eines Umweltmanagementsystems

Von *Engagement* oder dem Impuls zum Implementierung eines Umweltmanagementsystems wird ein erstes *Review* in den Bereichen durchgeführt, die Umweltauswirkungen zur Folge

haben. Dazu gehören z.B. Daten zu umweltrelevanten Mengen wie Abfall, Emissionen, Abwasser, die Zuordnung zur Herkunft dieser Auswirkungen und die Ermittlung der rechtlichen Grundlagen. Anschließend wird die *Politik* formuliert. Danach wird die *Organisation* und die Zuständigkeit für das Umweltmanagement festgelegt und ein *Vorschriftenregister*, das die rechtlichen betriebsinternen Vorgaben enthält, zusammengestellt. Die Umweltauswirkungen werden bewertet und daraus *Zielsetzungen und Ziele* abgeleitet. Auf diese Grundlage wird ein *Managementprogramm* mit einzelnen Maßnahmen erstellt. Alle Regelungen, die die Organisation und die Abläufe betreffen, werden in einem *Managementhandbuch* zusammengefasst, das als Grundlage für die *Betriebslenkung* dient. Als Nachweise dieser Lenkung dienen *Aufzeichnungen*. Um das definierte Umweltmanagementsystem zu überprüfen, werden *Audits* durchgeführt und anschließend wird das System bewertet. Bei Erfordernis wird die Politik angepasst und der Prozess wiederholt sich [75].

Als letzter Schritt des Zyklus wird der Management Review des gesamten Systems gefordert. Zweck dieses Reviews ist der Analyse der Eignung des Systems, die Effektivität der Umsetzung und die Erreichung der Ziele. Dies ist auch ein ideales Forum um Systemänderungen mit dem Ziel der Verbesserung vornehmen zu können.

Der BS 7750 ist ein Ermessenstandard, Freies Ermessen im Sinne, dass kein spezifischer Standard zu erfüllen ist, da der Kernpunkt des Standards auf der Forderung nach einer kontinuierlichen Verbesserung basiert. Die Offenheit und die Flexibilität des Managementsystems für die Kontrolle sowohl der Prüfungen seitens der Öffentlichkeit als auch die Versorgung der schnellen Reaktion auf die Vorschläge nach der Verbesserung des Systems ist notwendig.

BS 7750 war von Finnland, Niederlande und Schweden übernommen. Frankreich, Irland und Spanien haben die eigenen Standards entwickelt. Österreich vorzog auf die Veröffentlichung der internationalen Forderungen zu den Umweltmanagementsystemen zu warten [76].

Die Teilnahme an der BS 7750-Norm, die 1997 durch die ISO-14001-Norm ersetzt wurde, erfolgte auf freiwilliger Basis und stand nicht nur Industriebetrieben, sondern auch anderen Organisationen wie Dienstleistungsunternehmen oder öffentlichen Körperschaften offen.

3.5 EG-Öko-Audit-Verordnung - EMAS

Die Name "EMAS" baut auf der ursprünglichen Version auf, die Abkürzung kommt vom ursprünglichen englischen Originaltitel der EMAS I Council Regulation Nr. 1836/93 o 29th June 1993 allowing voluntary participation by companies in the industrial sector in a Community eco-management and audit scheme: Der deutsche Titel der Verordnung lautet:

VERORDNUNG (EWG) Nr. 1836/93 des Rates vom 29 Juni 1993 über freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung.

Die erste Fassung der EMAS wurde in zwischen Zeit überarbeitet und den neuen Anorderungen angepasst.

Die geänderte EMAS II lautet:

VERORDNUNG (EWG) Nr. 761/2001 des EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 19 März 2001 über freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS) [77].

Ziel nach Art. 1 EMAS ist die kontinuierliche Verbesserung der Umweltleistung, durch

- die Schaffung und Anwendung des Umweltmanagementsystems,
- die systematische, objektive und regelmäßige Bewertung des Systems,
- die Information der Öffentlichkeit und anderer interessierter Kreise und
- die aktive Einbeziehung der Arbeitnehmer.

Wesentliche Forderungen für die Unternehmen der EMAS sind außerdem:

- die Einhaltung der Rechtsvorschriften,
- die Verbesserung der Umweltleistung,
- die externe Kommunikation,
- die Einbeziehung der Arbeitnehmer

Das Ergebnis der Beteiligung am Umweltmanagementsystem ist die Transparenz und die Glaubwürdigkeit des Unternehmens [78].

Die EMAS ist eine Verordnung der EU, die bindenden Charakter für alle Mitgliedsstaaten hat. Die Teilnahme am Öko-Audit-System ist zwar freiwillig, beinhaltet jedoch im Falle der vom Unternehmen angestrebten Registrierung die Verpflichtung, seine Produktionsstätten und –verfahren einer regelmäßigen Prüfung zu unterziehen. Die Prüfung erstreckt sich auf die richtige Erstellung des Audits und der Prüferklärung sowie auf Vollständigkeit und Korrektheit der in ihnen gemachten Angaben [79].

Das Unternehmen muss nach Art.3 EMAS [EMAS] folgende Voraussetzungen erfüllen, wenn es am Umweltmanagementsystem nach EMAS teilnehmen möchte:

- *Die Durchführung der Umweltprüfung (Analyse des Umweltverhaltens)*

Die *erste Umweltprüfung* wird als Bestandsaufnahme an jedem Standort des Unternehmens vorgenommen. Das Erfassen von Umweltauswirkungen erfolgt in Arbeitsgruppen für die einzelnen Umweltthemen: Wasser, Abfall, Emissionen, Entsorgung, usw.

- *Den Aufbau des Umweltmanagementsystems nach den Forderungen der DIN EN ISO 14001* (Abschnitt 4 der Norm ISO 14001 ist vollständig in EMAS II integriert)

Dies beinhaltet auch Festlegungen einer Umweltpolitik der Organisation und die Aufstellung eines *Umweltprogramms*. Ein Umweltprogramm beschreibt die konkreten Ziele und Tätigkeiten des Unternehmens, die an den betreffenden Standorten einen Schutz der Umwelt gewährleisten sollen. Ferner werden die getroffenen Maßnahmen oder die in Betracht gezogenen Maßnahmen festgelegt. Diese legen fest, wie die konkreten Ziele erreicht werden sollen.

- *Die Durchführung einer Umweltbetriebsprüfung.*

Die Umsetzung und die Wirksamkeit des Umweltmanagementsystems wird dann durch interne *Umweltbetriebsprüfungen als internes Audit* analysiert und beurteilt, wobei auch die Umweltleistung der Organisation bewertet wird. Die Umweltsbetriebsprüfung erfolgt durch den Betriebsprüfer (Personen, die zum Unternehmen oder zu einer externen Organisation gehören).

- *Die Durchführung einer Umwelterklärung und die Prüfung des Systems von einem Umweltgutachter. Weiterleitung der validierten Umwelterklärung an die IHK (Industrie- und Handelskammer) und regelmäßige Prüfung zur Beibehaltung.*

Nach der Umweltbetriebsprüfung erstellt das Unternehmen eine *Umwelterklärung*, die insbesondere darauf eingeht, welche Ergebnisse die Organisation im Hinblick auf ihre

Umweltzielsetzungen und - einzelziele erreicht, und die besonderen Wert auf eine kontinuierliche Verbesserung der Umweltleistung legt. Die Umwelterklärung wird von einem zugelassenen Umweltgutachter zusammen mit dem Umweltmanagementsystem, der Umweltprüfung und dem Umweltbetriebsprüfungsverfahren auf Übereinstimmung mit der EMAS- Verordnung geprüft. Die für gültig erklärte Umwelterklärung wird der zuständigen Stelle des Mitgliedstaates, in dem die Organisation niedergelassen ist, übermittelt, die die Organisation in eine Liste einträgt und ihr eine Registriernummer zuteilt. Danach muss die Umwelterklärung öffentlich zugänglich gemacht werden. Spätestens alle drei Jahre ist eine so genannte Revalidierung durch den Umweltgutachter vorgeschrieben. Außerdem ist im Regelfall eine jährliche Aktualisierung der Umwelterklärung erforderlich. Dies garantiert, dass auch tatsächlich eine kontinuierliche Verbesserung des Umweltschutzes im Unternehmen erzielt wird.

Folgende Abbildung stellt die wichtigsten Schritte zur Umsetzung von EMAS graphisch dar [80].

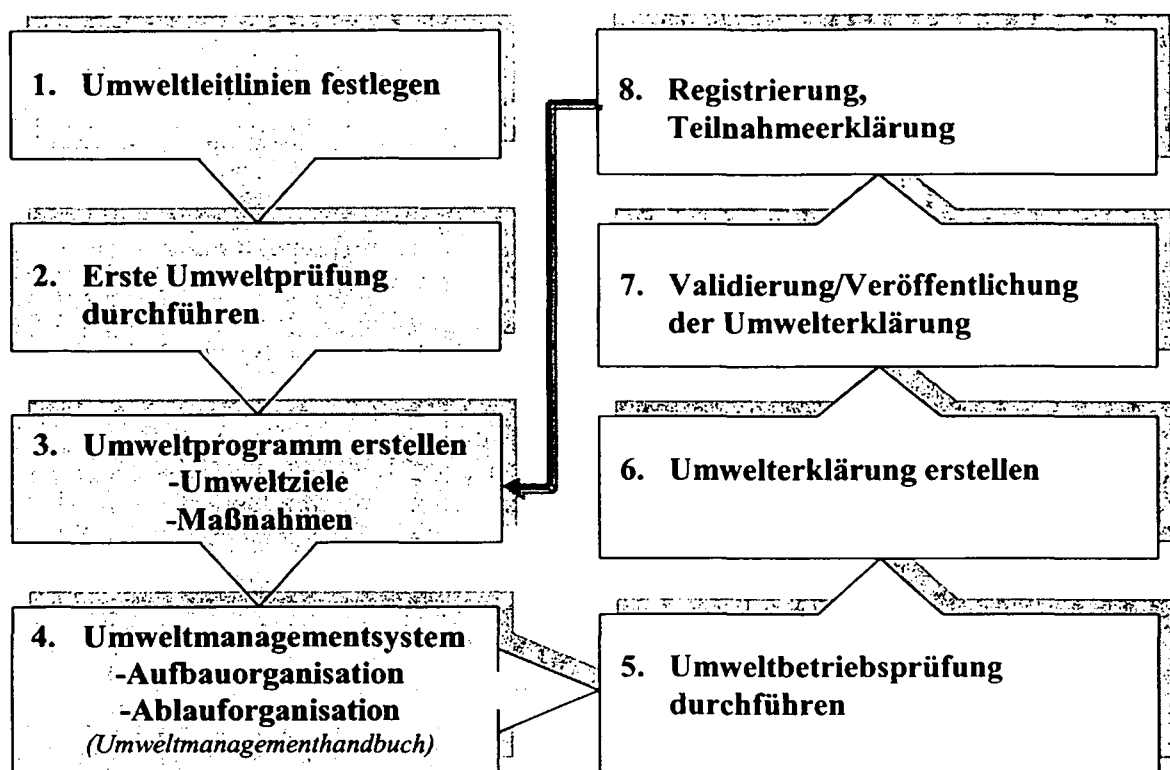


Abb. 3.3: Implementierung des Umweltmanagementsystems nach EMAS

Mit Inkrafttreten von EMAS II stehen für die EMAS -Teilnehmer zwei Versionen des neuen EMAS- Zeichens zur Verfügung. Neben den entsprechenden Passagen in EMAS (vgl. Artikel 8 und Anh. IV EMAS II) werden die Bedingungen hinsichtlich der Verwendung des EMAS - Zeichens in der entsprechenden Leitlinie geregelt. Das EMAS- Logo gibt es in zwei verschiedenen Textversionen.

Mit dem neuen Logo soll EMAS als Markenzeichen für eine umweltgerechte Produktion oder Dienstleistung in der Öffentlichkeit etabliert werden. Das EMAS - Logo soll auf die Beteiligung der Organisation an EMAS hinweisen,

- weist darauf hin, dass ein Produkt, eine Tätigkeit oder eine Dienstleistung von einem EMAS -Teilnehmer erzeugt wurde,

- soll Informationen, „die in direktem oder indirektem Zusammenhang mit Produkten, Tätigkeiten oder Dienstleistungen stehen, Glaubhaftigkeit verleihen“ (Logo-Version "geprüfte Information").

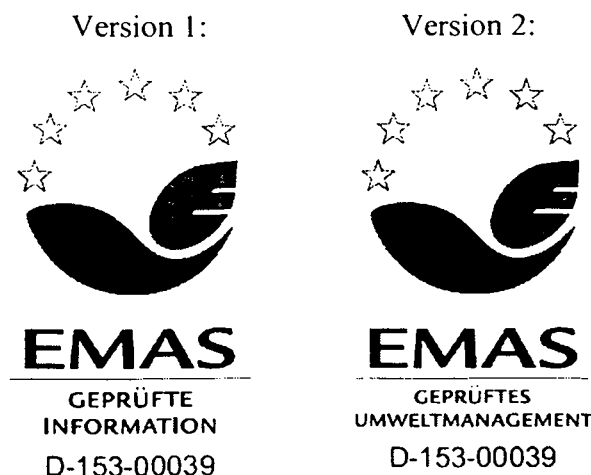


Abb. 3.4: EMAS-Logo

Das Logo "geprüfte Information" darf nur verwendet werden, wenn diese Informationen "von einem Umweltgutachter als korrekt und nicht irreführend, begründet und nachprüfbar, relevant und im richtigen Kontext verwendet, repräsentativ für die Umweltleistung der Organisation insgesamt, unmissverständlich und wesentlich in Bezug auf die gesamten Umweltauswirkungen ist [81]. "

Die Verwendung der EMAS - Zeichen auf Produkten und ihren Verpackungen ist (weiterhin) genauso untersagt, wie ihre Verwendung im Rahmen von Vergleichen mit anderen Produkten, Tätigkeiten und Dienstleistungen.

Nicht nur die Umwelt profitiert von einer umweltorientierten Unternehmensführung durch ein Öko - Audit. Auch die EMAS - Betriebe können für sich eine ganze Reihe von Vorteilen verbuchen:

- Durch geeignete Umweltschutzmaßnahmen lassen sich Kosten senken, z.B. beim Einkauf, in der Produktion, beim Energieeinsatz und der Entsorgung.
- Durch die Werbung mit dem EMAS - Logo kann das Umwelt-Image verbessert werden.
- Ein funktionierendes Umweltmanagementsystem verringert die Gefahr von Betriebsstörungen und Unfällen und die damit verbundenen rechtlichen und finanziellen Konsequenzen.
- Ein auditiertes Unternehmen informiert die Öffentlichkeit in seiner Umwelterklärung umfassend über den betrieblichen Umweltschutz. Diese Transparenz steigert die Glaubwürdigkeit bei Bürgern und Kunden.
- Unternehmen, die EMAS erfolgreich absolviert haben, erhalten Erleichterungen bei staatlichen Überwachungspflichten und Kontrollen [82].

Die EMAS-Verordnung brachte es im Dezember 2002 auf 3821 validierte Unternehmensstandorte in Europa.

Verbreitung in Österreich: 295 Registrierungen (Stand Dezember 2003) [83].

Verbreitung weltweit: 3595 Registrierungen, davon 10 außerhalb der EU (Stand Dezember 2003) [84].

3.6 ISO 14000

Im Rahmen der Internationalen Normungsorganisation entstanden auch Anfang der 90er Jahre Tendenzen in Richtung der Kreation einer Norm bzw. Normenreihe zur Regelung des Umweltmanagements.

Die Umweltmanagement – Normreihe ISO 14000 ist aus der Verpflichtung der ISO, die Ziele der "nachhaltigen Entwicklung" zu unterstützen, herausgewachsen, welche in der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung von Rio de Janeiro im Jahr 1992 abgegeben wurde. Die ISO hat 1993 das neue technische Komitee/TC 207 "Umweltmanagement" ins Leben gerufen. Dieser Entscheidung ist ein sehr intensiver Beratungsprozess vorangegangen, der im Rahmen der ISO/ IEC "Strategic Advisory Group on Environment-SAGE" (definiert 1991) unter Teilnahme von 20 Ländern, 11 internationalen Organisationen und mehr als 100 Umweltexperten erfolgte, wobei die Grundvoraussetzungen der neuen Annäherungen zu umweltbezogenen Normen festgelegt wurden [85].

Die wichtigsten Normen der Reihe ISO 14000ff wurden im Herbst 1996 verabschiedet und mittlerweile auch in die nationalen Normungssysteme eingeführt.

Sie können in folgende Kategorien eingeteilt werden:

Kategorie	Norm
<i>Organisations-Orientierte Normen</i>	
Umweltmanagementsystem	ISO 14001
	ISO 14004
	ISO/ TR 14061
<i>Umwelt - Auditing</i>	ISO 14010
	ISO 14011
	ISO 14012
	ISO 14015
<i>Produkt - Orientierte Normen</i>	
Umwelt - Kennzeichnung und Umwelt - Deklaration	ISO 14020
	ISO 14021
	ISO 14024
	ISO/TR 14025
Öko-Bilanzen	ISO 14040
	ISO 14044
	ISO/TR 14047
	ISO 14048
	ISO 14049
<i>Mischformen (Organisations- und Produktentwicklung)</i>	
Umwelt - Leistungsbewertung	ISO 14031
	ISO/TR 14032
Terminologie	ISO 14050
Umwelt-Aspekte in der Produktentwicklung	ISO 14062
Umweltmanagement- Umweltkommunikation-Leitfaden und Beispiele	ISO/WD 14063
Umweltmanagement-Messung, Berichterstattung und Verifizierung von Treibhausgasemissionen.	ISO 14064

Tab. 3.1: Die gesamte 14000 er -Normenreihe

ISO 14001 Umweltmanagementsysteme - Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung.
Dieser Standard spezifiziert die Kernelemente.

ISO 14004 Umweltmanagementsysteme - Allgemeiner Leitfaden über Grundsätze, Systeme und Hilfsinstrumente.

Diese Richtlinie bietet Unterstützung für die Entwicklung und Einführung von Umweltmanagementprinzipien und -systemen sowie ihrer Koordination mit anderen existierenden Managementsystemen. Sie bildet den Rahmen und ist die Grundlage für alle Organisationen, welche ein Umweltmanagementsystem entwickeln, einführen oder verbessern wollen, unabhängig von ihrer Größe, ihrem Typ oder ihrer Erfahrung. Sie gilt nicht als Grundlage zur Zertifizierung, sondern stellt einen Leitfaden zur Installierung eines Umweltmanagementsystems dar.

ISO 14010 (ersetzt durch ISO 19011) Leitfäden für Umweltaudits- Allgemeine Grundsätze.
Diese Richtlinie bildet den Rahmen für verschiedene Arten von Audits.

- Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen
- Übereinstimmung mit Prozess-, Produktanforderungen
- Überprüfung der Umwelterklärung
- Umweltmanagementsystemaudit

ISO 14011 (ersetzt durch ISO 19011) Leitfäden für Umweltaudits-Auditverfahren-Audit von Umweltmanagementsystemen.

Diese Richtlinie ist eine Detailfestlegung aus ISO 14010 für die Durchführung von Umweltmanagementsystem-Audits.

ISO 14012 (ersetzt durch ISO 19011)

Leitfäden für Umweltaudits-ualifikationskriterien für Umweltauditoren.

Diese Richtlinie legt die Anforderungen an Auditoren, welche eine Umweltmanagementsystem auditieren, fest.

ISO 14015 Umweltmanagement - Umweltbewertung von Standorten und Organisationen

ISO 14020 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Allgemeine Grundsätze

In den Normen ISO 14020 ff. werden weltweit einheitliche Kernanforderungen an Instrumente zur produktbezogenen Umweltinformation durch Umweltkennzeichen und produktbezogene Umweltdeklaration festgelegt. Sie tragen wesentlich zu einer transparenten und vergleichbaren Praxis der Umweltinformation bei und geben den Unternehmen zugleich praktische Hilfestellung. Ziel von Umweltkennzeichnungen und -deklarationen ist, Angebot und Nachfrage von Produkten zu unterstützen, die weniger Umweltbelastungen verursachen, wodurch das Potenzial von marktgetriebenen, kontinuierlichen Verbesserungen angeregt wird.

ISO14021 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Selbstdeklarierte Umweltaussagen (Umweltkennzeichnungen Typ II)

ISO 14024 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Umweltbezogene Kennzeichnung vom Typ I -- Grundlagen und Verfahren.

Die Richtlinien ISO 14020-ISO 14024 geben die Definitionen, Symbole und den Gebrauch von Umweltlabeln vor.

ISO/TR 14025 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Umweltdeklarationen Typ III

ISO 14031 Umweltmanagement-Umweltleistungsbewertungs-Leitlinien. Diese Richtlinie legt die Vorgangsweise der Bewertung der Umweltleistung fest.

ISO/TR 14032 Umweltmanagement – Beispiele für Umweltleistungsbewertung**ISO 14040** Umweltmanagement - Ökobilanz - Prinzipien und allgemeine Anforderungen

Neben der ISO 14001, in der überwiegend Umweltaspekte der Geschäftsprozesse betrachtet werden, werden bei ISO/TC 207 auch Instrumente erfasst, bei denen das Produkt selbst im Vordergrund steht. Hierzu gehören die Normen ISO 14040 ff., die sich mit Ökobilanzen befassen. Mit Ökobilanzen werden systematisch die für die Produkte wichtigsten Umweltaspekte medienübergreifend identifiziert und mögliche Umweltwirkungen im Verlauf des Lebensweges eines Produkts untersucht, Optionen für die Verringerung der Umweltauswirkungen aufgezeigt und die gemeinsame Sprache für die Information über Umweltauswirkungen von Produkten festgelegt.

ISO 14041 Umweltmanagement-Ökobilanz-Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz

ISO 14042 Umweltmanagement-Ökobilanz-Wirkungsabschätzung

ISO 14043 Umweltmanagement-Ökobilanz-Auswertung

Die Richtlinien ISO 14040-14043 enthalten Angaben zur Bewertung des Produktlebenszyklus.

ISO/TR 14047 Umweltmanagement-Ökobilanz-Auswertung

ISO/TS 14048 Umweltmanagement-Ökobilanz-Datendokumentationsformat für die Sachbilanz

ISO/TR 14049 Umweltmanagement-Ökobilanz-Anwendungsbeispiele zu ISO 14041 zur Festlegung des Untersuchungsrahmens sowie zur Sachbilanz

ISO 14050 Umweltmanagement –Begriffe. Diese Richtlinie enthält Begriffbestimmungen und Definitionen.

ISO/TR 14061 Informationen zur Unterstützung der Forstwirtschaft in der Anwendung der ISO 14001 und ISO 14004 Umweltmanagementsystem-Normen

ISO/TR 14062 Umweltmanagement-Leitlinien zur Integration von Umweltaspekten in die Produktentwicklung

Der ISO/TR 14062, der sich mit der Integration von Umweltaspekten in Produktdesign und -entwicklung befasst, bietet ein weiteres Instrument, Umweltaspekte bereits während der Planungs- und Entwicklungsphase des Produkts zu berücksichtigen und Entscheidungen aus dem Ingenieurbereich in die Managementebene zu transportieren und umgekehrt. Der Bericht ist heute wichtige Grundlage im Richtlinienentwurf der Europäischen Kommission zur umweltgerechten Gestaltung energiegetriebener Produkte.

ISO/WD 14063 Umweltmanagement - Umweltkommunikation -Leitfaden und Beispiele

Zur Unterstützung der Unternehmen in ihren Bemühungen, ihre Umweltleistung nach außen zu kommunizieren, wird von ISO/TC 207 derzeit eine Internationale Norm erarbeitet, die sich mit Leitlinien und Beispielen für eine gelungene Umweltkommunikation befasst (vorgesehen als ISO 14063).

ISO/WD14064

Umweltmanagement-Messung, Berichterstattung und Verifizierung von Treibhausgasemissionen. Jüngster Spross in der ISO-14000er-Familie ist ein Normungsprojekt, das sich mit Fragen zur Bestimmung und zur Bestandsaufnahme von Treibhausgasemissionen, zur Berichterstattung und zur Verifizierung befasst und als ISO 14064 veröffentlicht werden soll. Ziel ist es, Unternehmen, aber auch staatlichen Einrichtungen eine international harmonisierte Norm zur Verfügung zu stellen, um die Umsetzung nationaler Regelungen und internationaler Übereinkommen zum Klimaschutz, aber auch interne Unternehmensstrategien zu unterstützen.

Norm zur Verfügung zu stellen, um die Umsetzung nationaler Regelungen und internationaler Übereinkommen zum Klimaschutz, aber auch interne Unternehmensstrategien zu unterstützen. Zweck der ISO 14000er-Reihe ist es, die kontinuierliche Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes ohne fixierten Standortbezug zu gewährleisten, was bedeutet, dass sich die Norm auf alle Aktivitäten, Produkte und Dienstleistungen einer Organisation bezieht [86].

3.7 Das Umweltmanagementsystem der ISO 14001 ff - Begriffe und Bausteine

Der betriebliche Umweltschutz hat sich in den letzten Jahren stark gewandelt. Prospektive umweltorientierte Unternehmensführung ist innovativ, denkt in die Zukunft und stellt herkömmliche Lösungen in Frage. Aus der Erkenntnis, dass auch die Umwelt ein begrenzter Produktionsfaktor ist, der - gleichbedeutend neben den Faktoren Arbeit und Kapital - nicht frei verfügbar ist, geht ein umweltbewusst geführtes Unternehmen realistische und damit zukunftssträchtige Wege.

Die *ISO 14001* beinhaltet ein Verfahren zur kontinuierlichen Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes und damit auch des Umweltmanagementsystems. Das Verfahren ist weltweit anerkannt und standortunabhängig [87].

Ein Vorteil dieses Verfahrens besteht in der Förderung des betrieblichen Umweltschutzes, im Nachweis der Einhaltung der örtlichen, regionalen und staatlichen Gesetze und Verordnungen sowie der innerbetrieblichen Vorgaben.

Die damit verbundenen Vorteile der gezielten Kostensenkung, der Schaffung der innerbetrieblichen Transparenz, der Risikominimierung und Herstellung von Rechtssicherheit im Bereich der Umwelthaftung usw. verschaffen Wettbewerbsvorteile und demonstrieren diese als wichtiges Gütesiegel für das Unternehmen mit positiver Wirkung nach innen und nach außen.

Das Umweltmanagementsystem setzt sich aus unterschiedlichen Bausteinen zusammen.

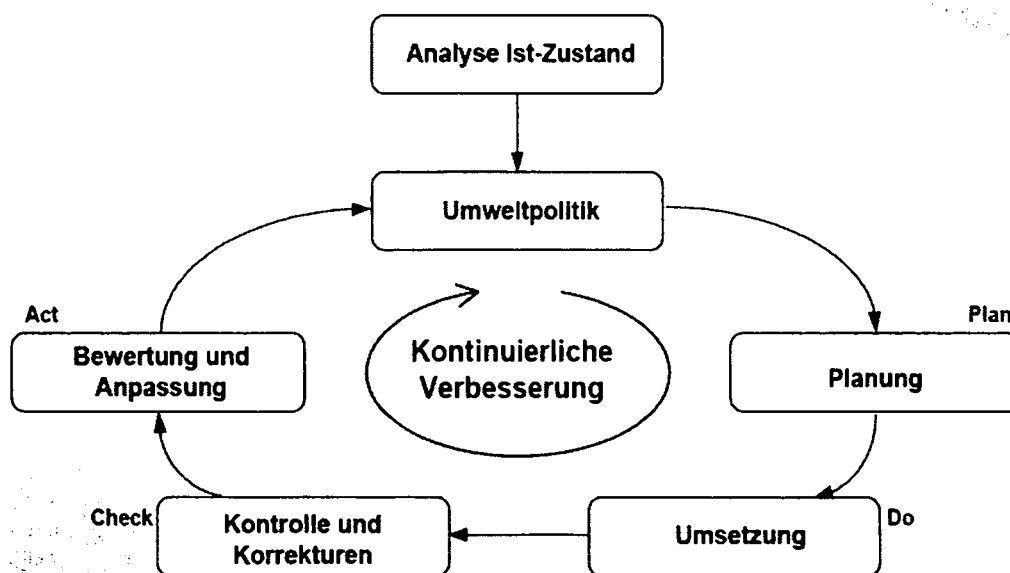


Abb. 3.5: Umweltmanagementsystem nach ISO 14001

Ein Unternehmen, das den Aufbau eines Umweltmanagements nach der Norm ISO 14001 durchführen will, muss folgende grundsätzlichen Schritte (*Systemelemente*) absolvieren:

1. **Umweltpolitik**

d.h. die oberste Leitung hat sich für eine Umweltverantwortung entschieden

- Umweltbezogene Gesamtziele und Handlungsgrundlagen werden festgelegt
- Verpflichtung zu kontinuierlichen Verbesserung, Vermeidung von Umweltbelastungen und Einhaltung der umweltrelevanten Gesetze und Vorschriften
- Festlegung eines Unternehmensleitbildes.

2. **Planung**

- Durchführung der Unternehmensanalyse (Beschreibung der Ist-Situation)
- Umweltziele und Umweltprogramm festlegen (Vorgehen und Maßnahmen)
- Kritische Unternehmensprozesse erkennen, beurteilen und Verbesserungsmaßnahmen ableiten.

3. **Implementierung (Umsetzung) und Durchführung**

- Geeignete personelle Strukturen und Abläufe festlegen
- Verantwortlichkeiten und Befugnisse für den Umweltbereich klar abgrenzen und dokumentieren
- Einen Verantwortlichen aus dem Management wählen, der Umweltmanagementsystem einführt, aufrechterhält und überwacht
- Bereitstellung finanzieller Mittel
- Aus- und Weiterbildungserfordernisse feststellen, erstellen und erfüllen
- Geeignete Dokumentation erstellen
- Maßnahmen für Notfallvorsorge entwickeln
- Interne Kommunikation bzgl. umweltrelevanter Aspekte sicherstellen

4. **Kontrolle und Korrekturmaßnahmen**

- Systematische Überwachung und Messung umweltrelevanter Tätigkeiten und Prozesse
- Abweichungen dokumentieren
- Korrektur und Vorsorgemaßnahmen festlegen
- Abweichungsursachen und Maßnahmen entwickeln und einleiten
- Umweltbezogene Aufzeichnungen erstellen
- Regelmäßige interne Umweltaudits durch unabhängige Personen

5. **Bewertung durch die oberste Leitung**

- Umweltmanagementsysteme periodisch prüfen und bewerten [88].

In der Norm wird ausdrücklich betont, dass sie keine absoluten Anforderungen für die Umweltleistung festlegt. Sie fordert aber die Einhaltung der Verpflichtungen, die sich die Organisation selbst in ihrer Umweltpolitik auferlegt hat. Allerdings, und das ist neu in der überarbeiteten ISO 14001, muss diese Umweltpolitik u.a. die Einhaltung der geltenden rechtlichen Verpflichtungen und anderer Anforderungen beinhalten [89].

3.7.1 **Die wichtigsten Neuerungen der Norm ISO 14001:2004 im Vergleich zur ISO 14001-1996**

Wie bei allen ISO-Normen wurde auch die ISO 14001:1996 innerhalb von fünf Jahren nach dem Erscheinen einem Überprüfungsprozess unterzogen. Im Juni 2000 wurde ihre Revision beschlossen, die am 15. November 2004 mit der Publikation der neuen ISO 14001 ihren Abschluss fand.

Die ISO 14001:2004 verlangt kaum Neues, im Wesentlichen präzisiert sie nur die vorhandenen Anforderungen. Daher ändert sich für die Unternehmen, die ihr Umweltmanagement bisher ernst

genommen haben, nur wenig Anwender, die es sich in der Vergangenheit zu leicht gemacht haben, haben jetzt größeren Anpassungsbedarf.

Strukturgrundlage der Norm war und bleibt der Ablauf „Planen, Ausführen, Kontrollieren, Optimieren“ (engl.: PDCA); das Inhaltverzeichnis ist nahezu unverändert.

Die Kapitel *Umweltmanagementprogramm(e) und Zielsetzungen / Einzelziele* wurden zusammengefasst; der Aspekt *"Bewertung der Einhaltung von Rechtsvorschriften"* aus dem Kapitel *"Überwachung und Messung"* in ein eigenständiges Kapitel überführt.

Als großen Fortschritt ist es, dass die ISO 14001:2004 der Qualitätsmanagement - Norm ISO 9001:2000 angepasst wurde. Sie bildet jetzt ebenfalls die Prozesse ab und ist so viel leichter in das Qualitätsmanagement des Unternehmens zu integrieren [90]. Aber eine wesentliche Neuerung ist die, dass die Geschäftsleitung stärker als es bislang der Fall war in die Pflicht genommen wird. Darüber hinaus ist die Geschäftsführung viel konkreter als bisher aufgefordert, Ziele zu formulieren, Maßnahmenpläne zu entwickeln, Verantwortlichkeiten und Termine zu nennen und die notwendigen personellen und finanziellen Mittel zur Verfügung zu stellen. Zum Beispiel wird gefordert, die Ziele durch Kennzahlen zu operationalisieren, um die Umweltleistung der Organisation nachvollziehbar messen und bewerten zu können.

So wurden die Begriffe *Umweltaspekte, Ablauflenkung, Zielsetzungen, Einzelziele und Programme sowie Bewertung* durch die oberste Leitung neu gefasst. Bei der Durchführung von internen *Audits* muss nunmehr ausdrücklich die Unabhängigkeit der Auditoren und des gesamten Auditprozesses gewährleistet und dokumentiert sein. Der Anwendungsbereich des Umweltmanagementsystems (etwa wenn nur ein bestimmter Standort oder Teil eines Standorts eines Unternehmens ein UMS einführt) muss seitens der Anwenders klar definiert werden. In diesem Bereich sind sodann sämtliche Produkte und Dienstleistungen auf ihre wesentlichen und indirekten, Umweltauswirkungen hin zu untersuchen. *Die Zertifizierung* wird wie bisher nicht von der Einhaltung umweltrechtlicher Vorschriften abhängig gemacht. Allerdings müssen jetzt Verfahren zur regelmäßigen Bewertung der Einhaltung der Rechtsvorschriften mit Bezug zu Umweltaspekten (compliance audits) geschaffen und dokumentiert werden [91].

An der Bezeichnung EN der jeweiligen Fassung der ISO 14001 erkennt man, dass die von der ISO herausgegebene Norm vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) als europäische Norm (EN) übernommen worden ist. Hiermit besteht für alle Mitglieder der CEN die Verpflichtung, diese Norm unverändert zu übernehmen. Im deutschsprachigen Raum sind diese [92]:

- das Deutsche Institut für Normung (DIN) mit der *DIN EN ISO 14001:2004-02* bzw. DIN EN ISO 14001:2004
- das Österreichische Normungsinstitut (ON) mit der *ÖNORM EN ISO 14001:2004 01* bzw. ÖNORM EN ISO 14001:2004
- die Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV) mit der *SN EN ISO 14001:2004-01* bzw. SN EN ISO 14001:2004

Struktur	Strukturgrundlage der Norm war und bleibt der Ablauf "Planen, Ausführen, Kontrollieren, Optimieren" (engl.: PDCA); das Inhaltverzeichnis ist nahezu unverändert: Die Kapitel Umweltmanagementprogramm(e) und Zielsetzungen / Einzelziele wurden zusammengefasst; der Aspekt "Bewertung der Einhaltung von Rechtsvorschriften" aus dem Kapitel "Überwachung und Messung" in ein eigenständiges Kapitel überführt.
Begriffe	<p><i>Zusätzliche</i> Begriffsdefinitionen: Auditor (s. ISO 9000:2000), Korrekturmaßnahmen, Dokument (s. ISO 9000:2000), Nichtkonformität (s. ISO 9000:2000), Vorbeugungsmaßnahme, Verfahren (s. ISO 9000:2000), Aufzeichnung (s. ISO 9000:2000);</p> <p><i>Klarer formulierte</i> Begriffsdefinitionen, im Wesentlichen: "Ständige Verbesserung", "Umweltmanagementsystem", "Umweltleistung" und "Internes Audit" (s. ISO 9001:2000 und ISO 19011) - ehemals UMS-Audit.</p>
Allgemeine Forderungen	Deutlicher in Bezug auf die Notwendigkeit, die Erfüllung der Anforderungen dieser Norm und die ständige Verbesserung des UMS nachzuweisen sowie den Anwendungsbereich des UMS eindeutig definieren.
Umweltpolitik	Deutlicherer Bezug auf "Tätigkeiten, Produkte <i>und</i> Dienstleistungen", auf alle rechtlich geltenden und sonstigen Anforderungen bzw. Verpflichtungen sowie deutlicher bezüglich der Kommunikation der Umweltpolitik gegenüber allen Personen, die für die Organisation oder in deren Auftrag arbeiten.
Planung	<p><i>Umweltaspekte</i> Deutlicher in Bezug auf die Ermittlung aller Umweltaspekte: es sind alle Umweltaspekte zu ermitteln, die die Organisation überwachen und die, auf die sie Einfluss nehmen kann unter Einbeziehung geplanter oder neuer Entwicklungen und neuer oder geänderter Tätigkeiten, Produkte und Dienstleistungen; Klarere Anforderung dahingehend, die Informationen aus der Ermittlung und Bewertung der Umweltaspekte zu dokumentieren und die bedeutenden Umweltaspekte beim Entwickeln, Verwirklichen und Aufrechterhalten des UMS zu beachten.</p> <p><i>Gesetzliche und sonstige Auflagen</i> Deutlicher in Bezug darauf, dass alle geltenden rechtlichen Verpflichtungen und andere Anforderungen, zu denen sich die Organisation verpflichtet hat, zu ermitteln sind, zu bestimmen ist, wie sie auf ihre Umweltaspekte anwendbar sind und im UMS zu berücksichtigen sind.</p> <p><i>Zielsetzungen, Einzelziele und Programm(e)</i> In diesem Kapitel wurden die "alten" Kapitel "Zielsetzungen und Einzelziele" sowie "Umweltprogramm(e)" zusammengeführt. Es wurde insbesondere deutlicher in Bezug darauf, dass Zielsetzung und Einzelziele - soweit praktikabel - messbar sein müssen.</p>

Verwirklichung und Betrieb	<p><i>Ressourcen, Aufgaben, Verantwortlichkeit und Befugnis</i> Deutlicher in Bezug darauf, dass die Verfügbarkeit ausreichender "Ressourcen" einschließlich "Infrastruktur" sichergestellt werden muss.</p> <p><i>Fähigkeit, Schulung und Bewusstsein</i> Klarstellung in Bezug darauf, dass jede Person, die für die Organisation oder in ihrem Auftrag Tätigkeiten ausübt, von denen eine bedeutende Umweltauswirkung ausgehen kann, qualifiziert sein muss und entsprechende Aufzeichnungen zu führen und aufzubewahren sind.</p> <p><i>Kommunikation</i> Eine externe Kommunikation ist - wie bisher - nicht obligatorisch. Über die Frage, ob extern kommuniziert werden soll, ist eine Entscheidung herbeizuführen, zu dokumentieren und entsprechende Vorgehensweisen festzulegen.</p> <p><i>Dokumentation</i> Präzisierung des Umfangs der UMS-Dokumentation (in Anlehnung an ISO 9001:2000)</p> <p><i>Lenkung von Dokumenten</i> Präzisierung (in Anlehnung an ISO 9001:2000)</p> <p><i>Ablauflenkung</i> Keine wesentlichen Änderungen</p> <p><i>Notfallvorsorge und Gefahrenabwehr</i> Deutlicher in Bezug darauf, dass sich die Organisation auf mögliche (potentielle) sowie eingetretene (aktuelle) Notfallsituationen und Unfälle einzustellen hat.</p>
Überprüfung	<p><i>Überwachung und Messung</i> Die neue Fassung verlangt kein "dokumentiertes Verfahren" mehr, jedoch die Aufzeichnung von Informationen.</p> <p><i>Bewertung der Einhaltung von Rechtsvorschriften</i> Ehemals in "Überwachung und Messung" enthalten. Deutlicher in Bezug darauf, dass die Bewertung der Einhaltung sowohl gesetzliche Vorschriften als auch andere Anforderungen mit einschließt, zu denen sich die Organisation verpflichtet hat. Es gibt keine Anforderung (mehr) in Bezug auf ein dokumentiertes Verfahren, jedoch werden Aufzeichnungen über die regelmäßige Bewertung verlangt.</p> <p><i>Nichtkonformität, Korrektur- und Vorbeugungsmaßnahmen</i> Deutlichere und detaillierter Anforderungen an das Verfahren.</p> <p><i>Lenkung von Aufzeichnungen</i> Knappere, deutlichere Formulierung</p> <p><i>Interne Audits</i> Ehemals "Umweltmanagementsystem- Audit". Deutlicher in Bezug auf die Sicherstellung der Objektivität und Unparteilichkeit hinsichtlich Auditorenauswahl und Auditdurchführung.</p>
Managementbewertung	<p>In Anlehnung an die ISO 9001:2000 deutlicher, ausführlicher und konkreter in Bezug auf die erforderlichen Eingaben (Inputs) und Ergebnisse (Outputs) der Bewertung des Umweltmanagementsystems durch das oberste Führungsgrem.</p>

Tab. 3.2: Änderungen in der EN ISO 14001:2004 gegenüber der EN ISO 14001:1996

Nach der bisher gültigen Version der ISO 14001 sind bereits 90 000 Unternehmen und Organisationen in 113 Staaten zertifiziert, wobei innerhalb des letzten Jahres die Zahl der Neuzertifizierungen um 34 Prozent gestiegen ist.

In Österreich gibt es rund 550 Organisationen mit einem zertifizierten Umweltmanagementsystem. Spätestens 18 Monate nach Neuausgabe der ISO 14001 werden nur noch Zertifikate nach der neuen Ausgabe anerkannt.

Grundsätzlich wendet sich die ISO 14001 an alle Organisationen/Unternehmen -unabhängig von ihrer Größe oder Art. Sie ist also für Non-Profit-Organisationen, Gemeinden, Schulen ebenso anwendbar wie für kommerzielle Unternehmen, ob global agierende Konzerne oder Klein- und Mittel-Unternehmen (KMU) [93].

3.7.2 Vergleich von EMAS und EN ISO 14001 Norm

Die Anforderungen der ISO 14001 an ein Umweltmanagementsystem sind auch Kernbestandteil von EMAS. In EMAS ("EMAS II" gemäß EG-Verordnung Nr. 761/2001 Anhang I A) ist Kapitel 4 "Anforderungen an ein Umweltmanagementsystem" der ISO 14001 enthalten. EMAS verlangt die Erfüllung dieser Anforderungen und darüber hinaus jedoch noch eine so genannte "Umwelterklärung" und besondere Anstrengungen hinsichtlich

- Einhaltung von Rechtsvorschriften
- Umweltleistung
- Externer Kommunikation und Beziehungen
- Einbeziehung der Arbeitnehmer

Hieraus ergibt sich eine besondere Qualität von EMAS, vor allem durch die Ausrichtung auf Kommunikation, Partizipation, Dialog und Transparenz. Dies schafft Vertrauen und bringt Verbindlichkeit sowie Dynamik in den Prozess der kontinuierlichen Verbesserung der Umweltperformance.

Die ISO 14001 ist das Ergebnis privatwirtschaftlicher Normung. Ein ISO-Zertifikat, das den Spielregeln der Normung entspricht, wird von privaten Zertifizierungsgesellschaften mit Akkreditierung bei der Trägergemeinschaft für Akkreditierung (TGA) ausgestellt. EMAS basiert auf einer gesetzlichen EG-Verordnung und wird nach deutschem Umweltauditgesetz von staatlich zugelassenen und beaufsichtigten Umweltgutachtern bzw. Umweltgutachterorganisationen geprüft. EMAS wird nicht zuletzt auch deshalb von der Umweltpolitik, den Umweltbehörden und der am Umweltschutz interessierten Öffentlichkeit bevorzugt [94].

EMAS -Anwender werden in ein öffentlich zugängliches nationales *EMAS - Register* bzw. das EU-Register eingetragen, können das *EMAS - Logo* verwenden und ihre Umwelterklärung in das EU-Verzeichnis "*EMAS Environmental Statement Library*" aufnehmen lassen.

Da sich ISO 14001:1996 und ISO 14001:2004 materiell im Anforderungsniveau nicht unterscheiden, befinden sich nach Interpretation der EU-Kommission sowohl diejenigen Organisationen, welche die Anforderungen der ISO 14001:1996, als auch jene Organisationen, welche die Anforderungen der ISO 14001:2004 erfüllen, in Übereinstimmung mit Anhang I A der EMAS -Verordnung. Grundsätzlich gelten dabei weiterhin die (teilweise) abweichenden Definitionen und zusätzlichen Anforderungen von EMAS.

Gemeinsamkeiten EMAS / ISO 14001		
Freiwillige Modelle Weitergehend identische Systemstrukturen und Systeminhalte. Formulierung einer betrieblichen Umweltpolitik Durchführung einer Umweltprüfung Aufbau eines Umweltmanagementsystems Festlegung von Umweltzielen Definition eines Umweltprogramms Durchführung eines Umweltaudits		
Unterschiede		
	EMAS	ISO 14001
Ziel	Kontinuierliche Verbesserung der Umweltschutzleistung	Forderungen des Umweltschutzes, Verpflichtung zu kont. Verbesserung und Verhütung von Umweltbelastungen
Zielgruppe	Gewerbliche Unternehmen	Alle Branchen werden erfasst (Gewerbe, Handel, Dienstleistung)
Geltungsbereich	Europäische Union	weltweit
Charakter	per Verordnung geregelt	privatwirtschaftlich vereinbart
Kleine und mittlere Unternehmen	Erleichterungen bei Anforderungen/ Ablauf	keine Sonderregelungen
Erste Umweltprüfung	Verpflichtend	nur empfohlen
Umweltaspekte	Beachtung aller direkt und indirekt verursachten Umweltbelastungen	nur direkte Umweltaspekte beachtet
Publizitätspflicht	Veröffentlichung der Umwelterklärung	Veröffentlichung der Umweltpolitik
Beteiligung der Arbeitnehmer	verpflichtend	nur Hinweis
Inhalte der Begutachtung	Managementsystem und Umwelterklärung	nur Managementsystem
Registrierung und Veröffentlichung der Teilnehmer	österreichisches und europäisches öffentliches Register	keine
Zertifizierung	Zertifizierung durch einen zugelassenen Umweltgutachter	Zertifizierung nach ISO14001 durch akkreditierte Stellen
Auditfähigkeit	Auditzyklus max.3 Jahre	Nicht spezifiziert
Werbung	eine produktbezogene Werbung ist nicht zulässig	eine produktbezogene Werbung ist zulässig

Tab. 3.3: Gemeinsamkeiten und Unterschiede von EMAS und ISO 14001

Die Europäische Kommission hat erklärt, dass sie eine Anpassung von EMAS an die neue ISO 14001 schnell durchführen wolle. Beschränkt man sich auf die Anpassung von EMAS Anhang I A an die neue ISO 14001, so könnte diese Anpassung bereits nach einem Jahr nach

Veröffentlichung der neuen ISO 14001 abgeschlossen sein. In welcher Form die Anforderungen der ISO 14001 zukünftig in EMAS integriert sein werden (z.B. Verweis, Textabdruck) ist noch offen. Den Verordnungstext berührende Anpassungen bleiben der (obligatorischen) Revision von EMAS (5 Jahre nach Inkrafttreten) vorbehalten, die voraussichtlich im Jahr 2006 beginnen und 2007/8 abgeschlossen sein wird.

Beide Systeme, EMAS und ISO 14001, sind branchenoffen und branchenorientiert aufgebaut, d.h. alle Organisationen können sich beteiligen und werden von Prüfern (Zertifizierer, Umweltgutachter) geprüft, die branchenbezogenes Know-how aufweisen müssen. Organisationen, die sich zertifizieren bzw. validieren lassen wollen, müssen darauf achten, dass der Prüfer auch für ihre Branche zugelassen ist. Die Brancheneinteilung erfolgt:

- bei ISO 14001 - Zertifizierungen nach dem so genannten *EAC -Code* (Branchencode der "European Accreditation of Certification", die 1997 in der "European cooperation for Accreditation" (EA) aufgegangen ist)
- im EMAS-Bereich nach dem so genannten *NACE - Code* (Branchencode gemäß der EG-Verordnung Nr. 3037/90 die statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft betreffend, die im Jahr 2007 überarbeitet und der nordamerikanischen Systematik NAICS angepasst werden soll) [95].

Beide Systeme haben Vorteile für den betrieblichen Umweltschutz, die Unternehmen werden sich jedoch weiterhin dem System zuwenden, das ihnen, entsprechend dem Minimalprinzip, große Vorteile mit geringem Aufwand verspricht. Momentan ist dies noch die ISO 14001. EMAS ist aber unbestritten das genauere und detaillierte System und findet den meisten Anklang in den Ländern, in denen ein umfangreiches umweltgesetzliches Regelwerk existiert und sich behördliche Erleichterungen durch die Teilnahme versprochen werden. Abzuwarten bleibt, welche Möglichkeiten sich durch die Novellierung von EMAS ergeben und ob EMAS dadurch wettbewerbsfähiger und wieder interessanter aus Sicht der Unternehmen wird. Den rechtlichen Vorteilen und der Werbewirksamkeit von EMAS kommt dabei eine große Bedeutung zu.

3.8 Integrierte Produktpolitik

Die umweltpolitischen Entwicklungen der letzten Jahre haben eine Reihe neuer Aufgaben mit sich gebracht. Neue Begriffe wurden geprägt, neue Herausforderungen entwickelten sich, neue Handlungsfelder werden ins Spiel gebracht. In diesem Zusammenhang ergänzte bzw. verlagerte sich der ökologische Problemzugang auch in Richtung auf Produkte und Dienstleistungen. Diese Hinwendung der Umweltpolitik zu produktbezogenen Fragestellungen ist allerdings nicht vollständig neu. Neu aber ist ein integrierender und systematisierender Ansatz, der in den letzten Jahren unter dem Stichwort "Integrierte Produktpolitik" (IPP) bekannt geworden ist.

Im Februar 2001 veröffentlichte die Europäische Kommission ein Grünbuch zur integrierten Produktpolitik, in dem eine Strategie zur Neuorientierung und Stärkung produktorientierter Umweltpolitik vorgeschlagen wird. Ein darauf aufbauendes Weißbuch zur konkreten Ausgestaltung einer Umsetzungsstrategie steht zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch aus [96]. Das Grünbuch selbst enthält keine explizite eigenständige Definition einer Integrierten Produktpolitik knüpft damit auch nicht an den verschiedenen im Vorfeld des Grünbuchs präsentierten Vorschlägen an. Vielmehr werden die Merkmale des Begriffs der Integrierten Produktpolitik beschreiben:

Integration bezieht sich auf mehrere Aspekte:

- *Berücksichtigung der gesamten Produktlebenszyklus*, dass vom Abbau der Rohstoffe über die Herstellung, den Vertrieb und die Verwendung bis hin zum Recycling und/oder Verwertung sowie endgültigen Beseitigung angefangen.
- *Zusammenwirken verschiedener Instrumente*. Der Begriff bezieht sich auf ein umfassendes Konzept, das verschiedene Instrumente kombiniert mit dem Ziel, unter Mitwirkung der beteiligten Gruppen eine umweltfreundlichere Ausgestaltung von Produkten zu erreichen.
- *Zusammenarbeit mit den Anspruchsgruppen*. Das heißt für die beteiligten Gruppen, wenn ihre Entscheidungen die Umweltbelastung von Produkten in einer anderen - früheren oder späteren - Phase des Produktlebenszyklus beeinflussen, so müssen sie sich der Konsequenzen ihrer Handlungen bewusst sein und die Verantwortung dafür tragen [97].

Der Produktbegriff schließt sowohl materielle Güter als auch Dienstleistungen ein. Im Prinzip sind alle Produkte und Dienstleistungen in den Geltungsbereich dieser Politik einbezogen, mit der insgesamt eine Verringerung der Umweltauswirkungen von Produkten erreicht werden soll. Die konkreten Maßnahmen können in der Praxis alle oder nur bestimmte Produkte betreffen, die aufgrund ihrer Bedeutung oder ihrer Verbesserungswürdigkeit in Zusammenarbeit mit den beteiligten Gruppen ausgewählt werden.

Als *Politikverständnis* wird eine unterstützende Rolle des Staates gegenüber einer direkt intervenierenden favorisiert. Im Allgemeinen gehen die Vorstellungen dahin, dass sich die Politik darauf konzentrieren sollte, die wichtigsten Ziele festzulegen und den verschiedenen beteiligten Gruppen die entsprechenden Mittel und Anreize zur Erreichung dieser Ziele an die Hand zu geben [98].

Abgeleitet aus diesen Überlegungen schlagen wir folgende Beschreibung und Abgrenzung einer IPP vor:

"Integrierte Produktpolitik (IPP) setzt an Produkten und Dienstleistungen und deren ökologischen Eigenschaften während des gesamten Lebensweges an; sie zielt auf die Verbesserungen ihrer ökologischen Eigenschaften ab und fördert hierzu Innovationen von Produkten und Dienstleistungen."

Es gibt eine Reihe von Instrumenten, die zwar nicht primär auf Produkte ausgerichtet sind, aber dennoch Unternehmen dazu bewegen können, ein Lebenszykluskonzept zu übernehmen. Diese Reihe wurde als relevant herausgestellt: Umweltmanagementsysteme in Unternehmen, Umweltzeichen für Produkte, Berücksichtigung von Umweltbelangen in Produktnormen, eine umweltgerechtere Auslegung des öffentlichen Beschaffungswesens, Umweltvereinbarungen. Es wurde auf die Notwendigkeit hingewiesen, mehr Klarheit über das Konzept der integrierten Produktpolitik, über ihren Zweck und ihre Ziele zu schaffen.

In der *Mitteilung der Europäischen Kommission* (Juni 2003) wird die Integrierte Produktpolitik als fester Bestandteil der EU-Strategie für nachhaltige Entwicklung bezeichnet. Das Hauptziel, die Verringerung der Umweltauswirkungen von Produkten während ihres gesamten Lebenszyklus, soll einem marktorientierten Konzept unter Einbeziehung der Frage der Wettbewerbsfähigkeit folgen. Die Mitteilung beschreibt Maßnahmen, wie eine stärkere Berücksichtigung von Umweltbelangen durch nationale Normungsgremien oder Informations-, Ausbildungs- und Sensibilisierungsmaßnahmen zum Denken in Lebenszyklen für die Beschäftigten in den Unternehmen aussehen kann [99].

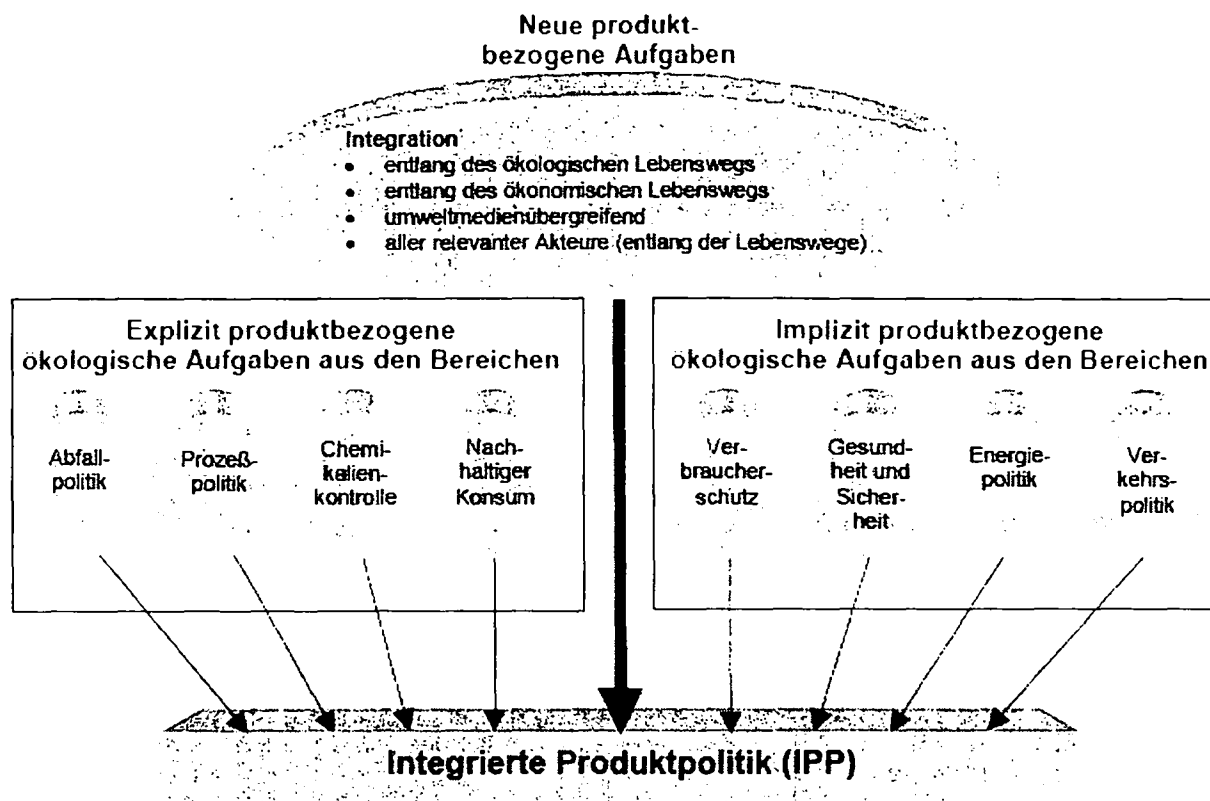


Abb. 3.6: Verknüpfungen einer IPP mit verschiedenen produktbezogenen Politikbereichen

3.9 Integrierte Managementsysteme

Ab Anfang der 1990er Jahre wurden in manchen Branchen Qualitätsmanagementsysteme (vor allem Automobilbranche) und kombinierte Systeme zu Arbeitssicherheit und Umweltschutz eine wichtige Voraussetzung für die Auftragsvergabe. Hintergrund war auch die in dieser Zeit in Deutschland festgeschriebene Beweislastumkehr beim der Produkthaftung. Jetzt waren die Hersteller verpflichtet die Fehlerfreiheit ihrer Produkte zu beweisen, statt dass wie bisher die Kunden dem Hersteller Fehlerhaftigkeit nachweisen musste. Diese Forderung lässt sich bei komplexen und sicherheitsrelevanten Produkten nur durch einen lückenlosen Nachweis des gesamten Herstellungsprozess erreichen, bis hinunter in die Herstellungsprozesse selbst des kleinsten Zulieferteils.

Die Managementsysteme wurden entwicklungsbedingt in vielen Unternehmen zunächst getrennt voneinander aufgebaut. Durch Überschneidungen, unklare Schnittstellen oder evtl. auch konträre Regelungen ist ein (wirtschaftlicher) Nutzen verschiedener Managementsysteme nicht immer gewährleistet. Insbesondere im Hinblick auf die sowohl von der Qualitätsmanagementnorm ISO 9001 als auch von der Umweltmanagementnorm ISO 14001 geforderte kontinuierliche Verbesserung der Prozesse kann langfristig nur durch die Zusammenlegung (Integration) der einzelnen Managementsysteme in ein einziges, organisationsweites Managementsystem erreicht werden.

Seit Anfang der 1990er Jahre werden in vielen Organisationen (Unternehmen, Behörden, Dienstleister, etc.) die einzelnen (isolierten) Managementsysteme in sog. Integrierte Managementsysteme (IMS) umgewandelt bzw. die IMS neu aufgebaut [100].

Ein Organisationssystem, das die Qualitätsforderungen an das Produkt (an die Ware oder die Dienstleistung), sowie die in jedem Unternehmen oder jeder Abteilung relevanten

Arbeitssicherheits- und Umweltaspekte berücksichtigt, ist ein integriertes Managementsystem (IMS).

Integriertes Management heißt, die Synergien und Gemeinsamkeiten der verschiedenen Systeme zu finden und zu nutzen. Die wichtigsten Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Qualitätsmanagement und Umweltmanagement wurden in der Tab.3.4 gezeigt.

Analisiert man die möglichen Ziele, die mit der Entscheidung für die Integration unterschiedlicher Managementsysteme verfolgt werden, so sind Effizienz-, Sicherheits-, Flexibilitäts-, Innovation-, Konsistenz-, und Profilierungsziele zu unterscheiden:

Effizienz

Mit der Integration Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz [101]:

- Doppelarbeiten vermeiden und den Koordinationsbedarf senken
- Die Beratung, Schulungen, die Systemprüfung, die Dokumentation und die Information externer Anspruchsgruppen sowie die prozessbezogenen Ist -Analysen können zu einem großen Teil gemeinsam erfolgen (Kosteneinsparungen).

Sicherheit

Durch die Integration

- widersprüchliche Vorschriften können besser erkannt und eine umfassende Analyse von Ansprüchen externer und interner Anspruchsgruppen sichergestellt werden.

Flexibilität

Mit Hilfe der Integration

- die Reaktions- und Anpassungsgeschwindigkeit des Unternehmens erhöht werden.

Innovation

Durch ein integriertes Wissensmanagement sowie die nachhaltige Etablierung

- Die Innovationskraft des Unternehmens stärken. Dieses Ziel wird darüber hinaus kontinuierlicher Verbesserungsprozesse gestützt.

Strategische Konsistenz:

Im Rahmen eines integriertes Managementsystem

- Mögliche Zielkonflikte zwischen qualitäts-, arbeitsschutz-, gesundheits-, umwelt- und sozialbezogener Standards können systematisch aufgespürt und frühzeitig ausgeräumt werden.

Einheitliche Profilierung:

Durch ein integriertes System

Ein Beitrag zu einer klareren Corporate Identity (CI) können geleistet werden, da sich die aus der Sicht der Kunden bestehenden Zusammenhänge zwischen Qualitäts-, Umwelt- und Sozialaspekten besser fundieren und kommunizieren lassen.

Die Verwirklichung integrierter Managementsysteme gibt Unternehmen die Chance, Nachteile der bisher häufig nebeneinander stehenden Systeme zu überwinden und ein eigenes individuelles, ganzheitliches System in Übereinstimmung mit den Anforderungen der bekannten Managementsysteme zu entwickeln.

	Qualitätsmanagement	Umweltmanagement
Ziele	Verbesserung der Prozess- und Produktqualität, Erhöhung der Kundenzufriedenheit geringer Ausschuss	Verminderung der Umweltauswirkungen und der Ressourcenverbrauchs, Rechtssicherheit, Imageverbesserung
Motivation	Markterfordernis, Strategische Überlegungen	Strategische Überlegungen, Markterfordernis
Anspruchsgruppen	Kunden, Unternehmen, (Gesellschaft, Staat)...	Gesellschaft, Staat, Behörden, Nachbarn, Versicherungen, (Kunden)...
Rechtsverhältnis	Vertrag	-
Rechtliche Rahmenbedingungen	Zivilrechtliche Bestimmungen (Produkthaftung, Gewährleistungspflicht) und strafrechtliche Regelungen	Umfangreiche staatliche Regelungen (Wasserhaushaltsgesetz, Chemikaliengesetz)
Auswirkungen bei Non-Konformität	Höhe Fehlerkosten, Schadenersatzzahlungen, Imageverlust, Abwanderung von Kunden	Haftungsansprüche gegen das Unternehmen bzw. die Leitung (Geldstrafen, strafrechtliche Konsequenzen), Image Verlust in der Öffentlichkeit und bei Kunden
Methoden	Quality Function Deployment (QFD), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Statistical Process Control (SPS).	Input-Output-Analyse, Öko-Bilanzen, Methode des Qualitätsmanagements usw.
Benötigtes Fachwissen	Ingenieurwissenschaftliche Kenntnisse, Statistik, Qualitätsmanagement, Normen, Werkzeuge	Umweltbezogene Naturwissenschaften, Umwelttechnik, Umweltrecht, Umweltmanagement, Normen

Tab. 3.4: Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Qualitätsmanagement und Umweltmanagement

Für integrierte Managementsysteme als solche gibt es (noch) keine Zertifizierungsnormen, die enthaltenen (Teil-) Managementsysteme können selbstverständlich nach den Normen ISO 9001, ISO 14001 etc. zertifiziert werden.

3.10 Umwelt- und Qualitätsmanagement

Wie bereits einleitend dargestellt wurde, sind Umwelt- und Qualitätsmanagement eng miteinander verflochten und in dieser komplexen und sich wechselseitig bedingenden Form in die betriebliche Aufbau- und Ablauforganisation zu integrieren. Eine umweltorientierte

Unternehmensführung wird stets sowohl nach innen als auch nach außen als Bestandteil einer qualitätssichernden Vorgehensweise überzeugen, wie umgekehrt eine auf Qualität ausgerichtete Unternehmensführung immer die Umweltqualität beinhalten muss. Insofern ist jedes Unternehmen gut beraten, von vornherein beide Komponenten in sein betriebliches Management zu integrieren.

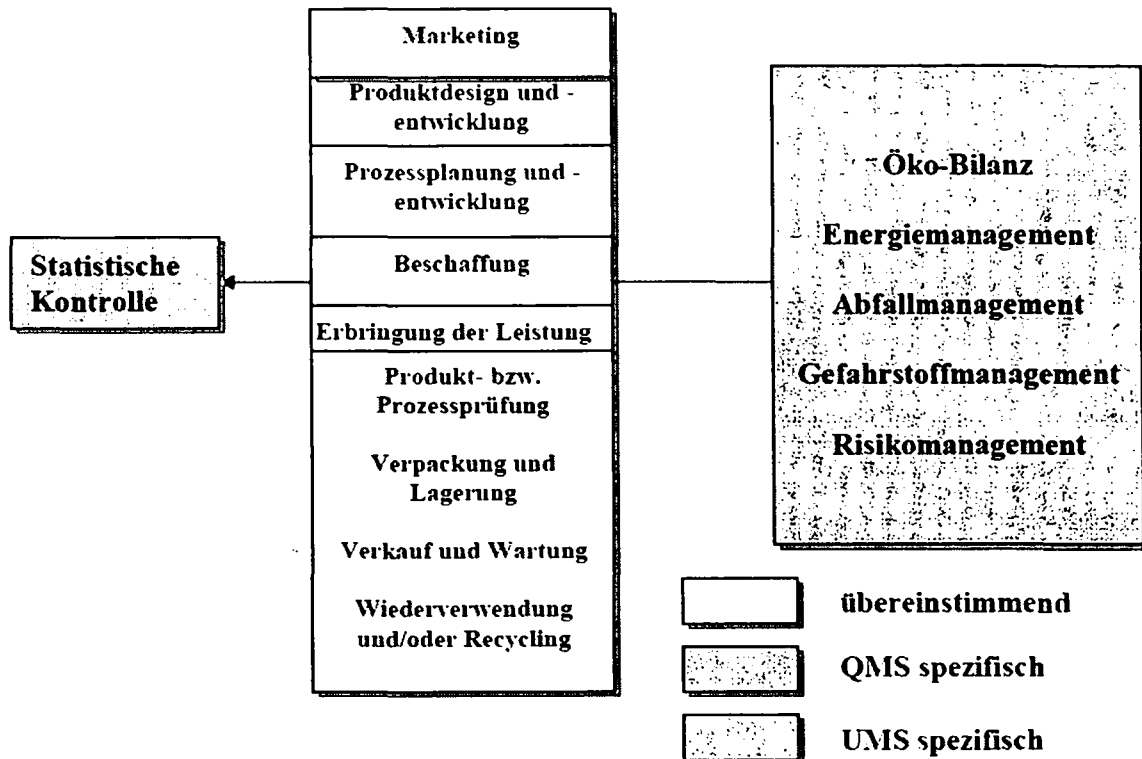


Abb. 3.7: Übereinstimmende und zu differenzierende Elemente (E) von Umwelt- (UMS) und Qualitätsmanagementsystemen (QMS) in einem Produktlebenszyklus

Schließlich wird heute der Integrationsgrad noch weiter erhöht, indem man zusätzlich die Komponente des Arbeitsschutzes berücksichtigt und damit von einem Integrierten Management spricht, das gleichzeitig Qualitäts-, Umwelt- und Arbeitsschutzmanagement umfasst. Der Integrationsgrad kann gut anhand der vorliegenden Gesetze und Vorschriften zum Gesundheits-, Arbeits- und Umweltschutz sowie zur Qualitätssicherung nachvollzogen werden, die mehr oder weniger übergreifende Anforderungen an diese drei Komponenten stellen [102].

4. Ökobilanz - ein Instrument moderner Unternehmensführung

Was einer denkt, ist einerlei,
Was einer tut, ist zweierlei;
Macht er' s gut, so ist es recht,
Gerät es nicht, so bleibt es schlecht.
Zahme Xenien II
Johann Wolfgang von Goethe

4.1 Allgemeine Grundlagen

Die verstärkte Einbeziehung von umweltrelevanten Aspekten bei unternehmerischen Entscheidungsprozessen resultiert heute nicht nur aus der Umweltgesetzgebung, sondern stellt zur Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit von Unternehmen auch eine interessante Alternative dar.

Die Umweltpolitik der Industrieunternehmen umfasst somit zwei miteinander zu verknüpfende Zielsetzungen. Zum einen muss im Unternehmen die Relevanz von umweltrelevanten Fragestellungen erkannt und in sämtliche unternehmerische Entscheidungsprozesse integriert werden. Zum anderen muss der Umweltschutzgedanke als ein Wettbewerbsfaktor erkannt werden, indem ein Zusatznutzen durch "Umweltfreundlichkeit" in entsprechenden Marktanteilen umgesetzt werden kann. Andererseits können auch durch eine umweltorientierte Optimierung der Produktionsabläufe respektive durch Einsparung von Ressourcen und Energie wirtschaftliche Vorteile erzielt werden und somit unter Umständen das Wertschöpfungspotential eines Unternehmens gesteigert werden.

Inwieweit ein industrielles Management das sich darbietende Spannungsfeld zwischen Markterfolg und Naturbewahrung entschärfen kann, ist auch von den zur Verfügung stehenden Instrumentarien zur Abschätzung von umweltorientierten Entscheidungsprozessen abhängig. Die unternehmerischen Entscheidungsträger benötigen für die Gestaltung konkreter Maßnahmen und die Abschätzung der dadurch hervorgerufenen Wirkungen entsprechende Orientierungs- und Bewertungshilfen. Daraus leitet sich ein Bedarf an Instrumenten ab, die als Orientierungshilfe bei der Gestaltung und der Umsetzung von umweltorientierten Maßnahmen unterstützend wirken sollen.

In diesem Zusammenhang steht die Entwicklung und Anwendung des Umweltschutz-Instrumentes Ökobilanz.

In den letzten Jahren hat die Methodik der Ökobilanz als viel versprechendes Instrument der Bewertung von Produkten und Systemen unter Umweltgesichtspunkten in Wissenschaft und Forschung aber auch in der betrieblichen und staatlichen Umweltpolitik eine zunehmende Beachtung gefunden.

4.2 Ökobilanzen - Historische Entwicklung

Ökobilanzen sind ein relativ neues Instrument des Umweltmanagements: Unter dem Eindruck der Ölkrise begannen die ersten Ökobilanz-Pioniere in den 70er Jahren (USA) der Frage nachzugehen, wie der Energieverbrauch komplexer Produktionsprozesse bilanziert werden kann. Es ging den Unternehmen vor allem darum, herauszufinden, wo Einsparpotentiale liegen. Später kamen weitere Kriterien wie Ressourcenverbrauch, Emissionen und Abfälle hinzu.

In England entwickelt Boustead zu Beginn der 70er Jahre seine Methodik der Energiebilanzierung zu einer Ökobilanztechnik weiter, indem er auch Emissionen in sein rechnergestütztes Bilanzierungsmodell einbezog. Am Ökoinstitut Freiburg wurde kurze Zeit später die Produktlinienanalyse entwickelt, die neben den ökologischen auch noch ökonomische und soziale Faktoren in ihre Betrachtungen mit aufnimmt.

Zur Beantwortung der teilweise kontrovers diskutierten Frage nach der ökologischen Vorteilhaftigkeit von Verpackungsmaterialien führt die Eidgenössische Materialprüfanstalt St. Gallen (EMPA) 1978 eine Bilanzierungsmethodik ein, die neben den mit dem Produkt in Verbindung stehenden Rohstoff- und Energieumsätzen auch die anfallenden Schad- und Reststoffe berücksichtigt.

In diesem Umfeld wurde erstmals der Begriff Ökobilanz verwendet, der als "objektiver Zahlensatz über Umweltbelastungen" eines Produktes definiert wird [103].

In den spätesten 70er Jahren entwickelten eine Reihe europäischer Staaten (Finnland, Frankreich, Norwegen und Schweden) nationale Bilanzierungssysteme bezüglich des Ressourcenhaushalts sowie einiger ausgewählter Stoffe (vor allem Schwermetalle). In Österreich wurden 1982 Stoffbilanzen über Blei und Cadmium mit dem Ziel einer Verbesserung der Rückführungsrate der Nichteisenmetalle erstellt.

Da nach Beginn der Diskussion über die produktbezogene Ökobilanzierung die Ausgestaltungen immer vielfältiger wurden, wurde die Notwendigkeit einer Vereinheitlichung zusehends größer. Die SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) leistete mit Ihrer Arbeit "A Technical Framework for Life Cycle Assessments" im Jahr 1991 Pionierarbeit bei der methodischen Entwicklung von Ökobilanzen [104].

Im Jahre 1993 veröffentlichte SETAC den "Code of Practice". Ihr folgte das Deutsche Institut für Normung (DIN), welches Ende 1993 die "Grundsätze produktbezogener Ökobilanzen" verabschiedete. Diese grundlegenden Arbeiten dienten der Internationalen Normungsorganisation ISO im Jahre 1997 dazu, den ISO Standard 14040 mit dem Titel "Umweltmanagement-Ökobilanz-Prinzipien und allgemeine Anforderungen" aufzustellen, der die Grundlagen und den Aufbau einer Produkt-Ökobilanz festlegt [105].

Im Jahre 2005 wurde vom ISO/TC 207 in Zusammenarbeit mit dem CEN/SS S26 der ausgearbeitete Entwurf "Umweltmanagement-Ökobilanz-Grundsätze und Rahmenbedingungen" zu einer Europäischen Norm EN ISO 14040 den CEN-Mitgliedern zur Abstimmung vorgelegt. Im Falle eines positiven Abstimmungsergebnisses im Sinne der CEN/CENELEC-Regeln wird dieser Entwurf zu einer EN führen.

4.3 Definitionen und Ziele der Ökobilanz

Der Begriff Ökobilanz setzt sich aus zwei Sprachstämmen zusammen: Ökologie (griech. oikos: Haushalt, logos: Lehre) meint die Wissenschaft von den Wechselbeziehungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt und Bilanz (lat. Bilanx - Waage) die Gegenüberstellung von Gewinn und Verlust im kaufmännischen Rechnungswesen.

Vom Ansatz her sind damit im angloamerikanischen und deutschen Sprachraum zwei ganz unterschiedliche Denkweisen formuliert und mit unterschiedlichen Ansprüchen besetzt worden, um eine Aussage zur ökologischen Bewertung z.B. bei der Nutzung eines Produktes zu treffen. Auf Einschätzen und Abwägen sollte aber der Tenor liegen, der die Begriffe "Life cycle assessment" und Ökobilanzen zusammenführt und zwischen den Erwartungshorizonten vermittelt [106].

Derzeit wird der Begriff "Ökobilanz" noch für unterschiedliche Modelle verwendet. Der Bogen reicht von volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen über Input-Output-Analysen bis hin zu Kostenstellenabrechnungen. In der Literatur existieren mehrere Definitionen der Ökobilanzierung. R. Kensy versteht unter einer Ökobilanz "eine möglichst umfassende Aufstellung der Umweltauswirkungen von Produkten, Produktgruppen, Verfahren oder Verfahrenweisen, Betrieben oder allgemeiner aufgefasst auch von Städten, Gemeinden usw. [107]." C. Corino versteht unter einer Ökobilanz die "Erfassung der von einem System über einen festzulegenden Zeitraum bedingten Umweltbeeinflussung [108]."

"Eine Ökobilanz ist ein umfassender Vergleich der Umweltauswirkungen zweier oder mehrerer unterschiedlicher Produkte, Produktgruppen, Systeme, Verfahren oder Verhaltensweisen UBA, 1992)."

Ziel der Ökobilanz ist:

- Aufzeigen von Schwachstellen
- Verbesserung der Umwelteigenschaften der Produkte
- Entscheidungsfindung in der Beschaffung und im Einkauf
- Förderung umweltfreundlicher Produkte und Verfahren
- Vergleich alternativer Verhaltensweisen
- Begründung von Handlungsempfehlungen.

4.4 Anforderungen an die Ökobilanz

Um die eben beschriebenen Ziele erfüllen zu können, müssen an Ökobilanzen bestimmte Anforderungen gestellt werden:

Vollständigkeit:

Ziel ist die Erfassung aller Input- und Outputströme, die allerdings nur in den seltensten Fällen möglich ist: meist erfolgt eine Beschränkung auf die zentralen Stoff- und Energieflüsse.

Eindeutigkeit:

Ziel ist eindeutige Bewertung der Input und Outputströme.

Stabilität:

Die Aussagen bzw. die ökologischen Ansätze in einer Ökobilanz sollten über längere Zeiträume, mindestens jedoch eine Bilanzierungsperiode stabil bleiben, um als Entscheidungsgrundlage in Frage zu kommen.

Transparenz:

Ziel ist hier die Erstellung einer allgemein akzeptierten Systematik und die generelle Publikation der gesammelten Daten.

Kostengünstigkeit:

Sinnvoll ist die Untergliederung in mehrere Prozessschritte, um bei Änderung eines Parameters nicht die gesamte Bilanz neu erstellen zu müssen.

Aus den bisherigen Ausführungen geht deutlich hervor, dass diese Kriterien in der Praxis nur sehr unvollständig erfüllt werden können; zum Teil konkurrieren die einzelnen Kriterien miteinander: Als Beispiel seien hier die beiden Kriterien Vollständigkeit und Kostengünstigkeit zu erwähnen, bei denen die Erfüllung des jeweils anderen Kriterium wenn auch nicht gänzlich unmöglich, so doch deutlich erschwert werden. Diese Einschränkungen beeinträchtigen allerdings die Aussagekraft und damit auch die Verbreitung von Ökobilanzen in einem gewissen Ausmaß [109].

4.5 Die Ökobilanz im Umfeld anderer Instrumente der Umweltanalyse

Die Ökobilanz ist eines von mehreren Instrumenten des Umweltmanagements und ist nicht für jede Fragestellung geeignet. Ökonomische, technische und soziale Aspekte werden von Ökobilanzen nicht erfasst. Neben Ökobilanzen gibt es auch Umweltmanagementinstrumente, die andere Zielrichtungen und Fragestellungen verfolgen.

Die Produktlinienanalyse wurde von der Projektgruppe „Ökologische Wirtschaft“ am Freiburger Öko-Institut entwickelt. Mit Hilfe der Produktlinienanalyse können bei der Herstellung, beim Verbrauch und bei der Beseitigung bzw. beim Recycling von Produkten neben wirtschaftlichen auch ökologische und gesellschaftliche Aspekte berücksichtigt werden.

Die Beurteilung der Produkte basiert auf einem Kriterienkatalog, der mehrdimensional und umfassend (ganzheitlich) besonders die Produktkosten und -nutzen erfasst. Das Arbeitsmittel der Produktlinienanalyse ist die Produktlinienmatrix; sie verbindet die Betrachtung des Lebenszykluses in der Vertikalen mit den drei Dimensionen Natur, Gesellschaft und Wirtschaft in der Horizontalen. In die Felder der Matrix werden die gegenseitigen Beeinflussungen, von negativ über neutral bis hin zu positiv eingetragen.

Die Stärken der Produktlinienanalysen liegen im Aufdecken von Schwachstellen und der ganzheitlichen Strukturierung des derzeitigen Status eines Produktes zu seinem Umfeld. Der Nachteil ist, dass die erklärten Vorteile nicht instrumentarisiert werden. Um die Produktlinienanalyse praktikabel zu gestalten wird daher der Rückgriff auf Instrumente wie Wirtschaftlichkeitsrechnungen, Ökobilanzen, Meßsysteme, Umfragen und dergleichen notwendig.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) soll nach dem UVP-Gesetz vom 1.8.1990 die potentiellen Umweltauswirkungen konkreter Bauvorhaben auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Boden, Grundwasser, Gewässer, Luft, Lokalklima und Landschaft sowie Kultur- und Sachgüter einschließlich der Wechselwirkungen frühzeitig und umfassend ermitteln, beschreiben und werten. Außerdem ermöglicht die UVP die Erfassung lokaler Umweltbeeinflussungen etwa in Form von Lärm oder Gerüchen auf die konkrete Umgebung (Industriegebiet oder reines Wohngebiet), wie sie die Ökobilanz in dieser Vollständigkeit nicht leisten kann.

Unter **Technikfolgeabschätzung (TA)** versteht man das planmäßige Vorgehen, das den Stand einer Technik und ihre Entwicklungsmöglichkeiten analysiert und technische, wirtschaftliche, gesundheitliche, ökologische, humane, soziale und andere Folgen dieser Technik abschätzt. Ziel der TA ist es, die Rationalität von Entscheidungen zu erhöhen, Chancen, Nutzen und Risiken im Vorfeld zu erkennen und damit eine Frühwarnfunktion zu erfüllen. TAs können für einzelne Technologiebereiche (z.B. Wasserstofftechnologie), Umweltbereiche (z.B. Grundwasser), aber auch für Produktgruppen durchgeführt werden [110].

Die Risikoanalyse untersucht die Wahrscheinlichkeit des Eintritts von Umweltrisiken (über einen Zeitraum von 5 Jahren) und die vermuteten finanziellen Konsequenzen im Eintrittsfalle als Prozentangabe des erwirtschafteten Cash-Flows im Basisjahr. Umweltrisiken können sich dabei aus internen technischen Anlage ergeben oder resultieren aus dem Marktbereich (z.B. Verschiebung der Nachfrage oder Entwicklung neuer Technologien aus Umweltschutzgründen) oder sind im politisch-gesellschaftlichen Bereich angesiedelt (z.B. gesetzgeberische Maßnahmen wie Produktions- und Einsatzverbote). Hier handelt es sich weitergehend um ein strategisches Instrument der Frühaufklärung [111].

Das Stoffmanagement ist das zielorientierte, verantwortliche, ganzheitliche und effiziente Beeinflussen von anthropogenen Stoffströmen oder Stoffsystemen, wobei die Zielvorgaben aus dem ökologischen und dem ökonomischen Bereich kommen. Gleichzeitig sollen auch soziale Aspekte berücksichtigt werden. Die Ziele werden auf betrieblicher und staatlicher Ebene unter Beteiligung der relevanten Akteure entwickelt.

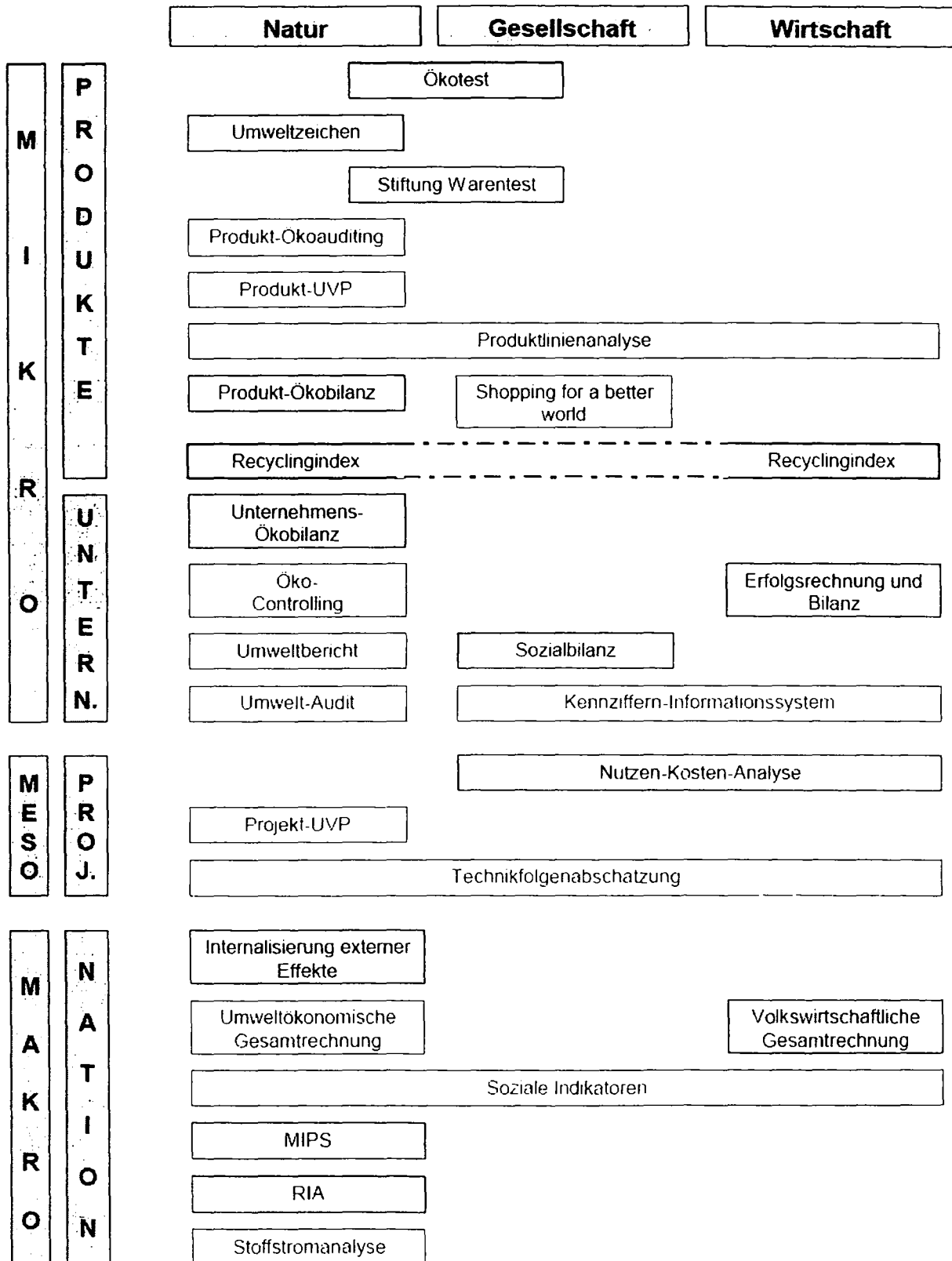


Abb. 4.1: Die wichtigsten Instrumente der Umweltanalyse

Aufgrund der Verordnung des Rates der europäischen Gemeinschaft zur Vergabe eines *Umweltzeichens* (Verordnung EWG Nr.880/92) können diese Produkten verliehen werden, die während ihrer gesamten Lebensdauer einschließlich der Entwicklung, Herstellung, dem Vertrieb und der Verwendung geringere Umweltauswirkungen als vergleichbare herkömmliche Produkte haben. Für die Durchführung der ganzheitlichen Produktprüfung werden die soeben genannten Phasen des Lebenszyklus in Hinblick auf die Umweltaspekte: Abfallaufkommen, Bodenverschmutzung und -schädigung, Wasserverschmutzung, Luftverschmutzung, Lärm Energieverbrauch, Verbrauch von natürlichen Ressourcen sowie Auswirkungen auf Ökosysteme untersucht [112].

Abbildung 4.1 liefert eine Strukturierung der wichtigsten Umweltanalyseinstrumente. Es werden die beiden Kriterien Analyseobjekt (mikro-makro) und Nachhaltigkeitsdimension (Gesellschaft, Umwelt, Wirtschaft) benutzt, um die Instrumente zu positionieren. Die vertikalen Säulen illustrieren welche Analyseebenen mit abgedeckt werden, wobei gleiche Schattierungen die Zuordnung zu den Instrumenten erlaubt [113].

Die bekannteste Methode zur Bewertung von Umweltwirkungen ist die Ökobilanz. Der Grund dafür ist, dass die Ökobilanzmodelle den höchsten Entwicklungsstand haben und am weitesten verbreitet sind.

4.6 Verschiedene Bilanzarten

Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) hat ein Schema entwickelt, in dem vier Idealtypen einer Ökobilanz unterschieden werden [114].

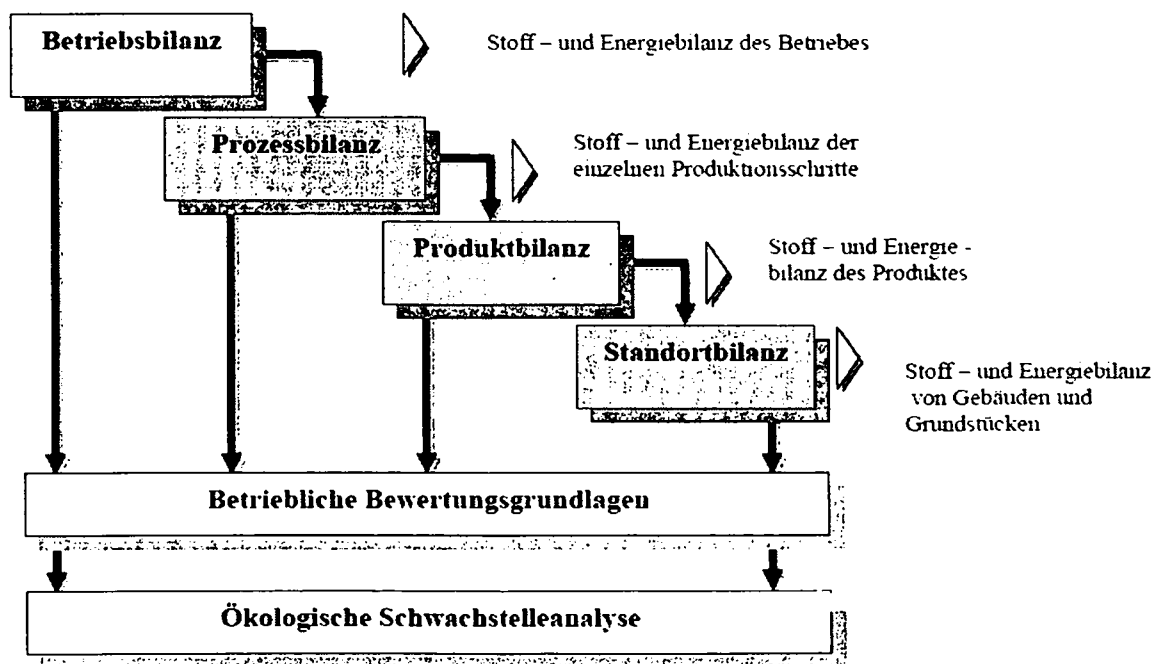


Abb. 4.2: Arten der Ökobilanz

Betriebsbilanz

ermittelt alle von einem Betrieb, einem Unternehmen oder einem Konzern ausgehenden Umwelteinflüsse.

Die Betriebsbilanz dokumentiert und bewertet:

- alle Stoff- und Energiemengen (Roh-, Hilfs-, Betriebsstoffe, Fremdleistungen, Energie, Luft etc.), die im Laufe eines Jahres in den Betrieb eingehen (Input),
- alle Stoff- und Energiemengen (Produkte oder Leistungen, stoffliche Emissionen in Form von Abfall, Abgase etc.), die im Laufe eines Jahres den Betrieb verlassen (Output) sowie
- alle vorhandenen Bestände an Liegenschaften, Anlagen und Material sowie Bestandsveränderungen.

Ziel der Betriebsbilanz ist es, einen umfassenden Überblick über die ökologisch relevanten Auswirkungen des gesamten Betriebes zu gewinnen.

Prozessbilanz

Die Prozessbilanz dokumentiert und bewertet:

- alle Stoff- und Energiemengen, die unmittelbar in die betriebliche Produktion oder in Teilprozesse eingehen sowie
- alle Stoff und Energiemengen, die diesen Umwandlungsprozess verlassen.

Ziel der Prozessbilanz ist es, einen Überblick über die ökologische Bedeutung und Effizienz betriebsinterner Prozesse und Verfahren zu gewinnen, in denen Input- in Outputmengen umgewandelt werden.

Produktbilanz

Die betriebliche Produktbilanz dokumentiert:

- alle Stoff- und Energiemengen, die in den betrieblichen Herstellungsprozess eines Produktes eingehen sowie
- alle ausgehenden Stoff- und Energiemengen, die bei der Herstellung dieses Produktes anfallen.

Ziel der Produktbilanz ist die ökologische Beurteilung der Herstellung und Zusammensetzung einzelner Produkte [115].

Standortbilanz (die Substananalyse)

Dieser Bilanzierungstyp entspricht im Wesentlichen der Vorgangweise bei der Umweltverträglichkeitsprüfung und der Störfallanalyse.

Die **Standortbilanz** analysiert

- Nutzung der Bodenfläche und Ressourcen,
- Eingriffe in die Landschaftsstruktur,
- die ökologische Dimension von Anlagevermögen und Lagerbeständen sowie
- Einflüsse auf die (Arbeits-) Sicherheit und Haftungen.

Die Standortbilanz ergänzt somit die Betriebsbilanz, indem alle Faktoren des Umweltverbrauchs erfasst werden, die nicht unmittelbar mit den Stoff- und Energiemengen der Produktion verbunden sind.

Ziel der Standortbilanz ist die Analyse aller übrigen umweltrelevanten standortbezogenen Bereiche und Aktivitäten eines Unternehmens [116].

Von allen Arten hat heute die Produkt-Ökobilanz die größte Bedeutung. Die grundlegende Vorgehensweise, wie eine Ökobilanz durchzuführen ist, ist in den EN ISO-Normen 14040 und 14044 beschrieben.

4.7 Grundsätze produktbezogener Ökobilanzen

Die Produkt-Ökobilanzen dienen in erster Linie der Aufdeckung von ökologischen Schwachstellen und deren Beseitigung. Mit der Standardisierung der Vorgehensweise durch die Normierung wurde erstmals eine breite Akzeptanz geschaffen und die oftmals subjektiv geführten Diskussionen auf ein zur Versachlichung beitragendes Fundament gestellt. Ökobilanzen erlauben in der Regel keine einfachen Schlüsse, sondern liefern differenzierte Ergebnisse. Sie unterstützen Entscheidungsprozesse, indem sie komplexe Sachverhalte transparent machen. In den nachfolgend aufgezählten Normen ist die Anwendung und Durchführung von Ökobilanzen geregelt:

ISO 14040	Umweltmanagement - Ökobilanz - Prinzipien und allgemeine Anforderungen	Ausgabe 08/97
EN ISO 14041	Umweltmanagement - Ökobilanz - Festlegung des Zieles und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz	Ausgabe 11/98
EN ISO 14042	Umweltmanagement - Ökobilanz- Wirkungsabschätzung	Ausgabe 07/00
EN ISO14043	Umweltmanagement - Ökobilanz - Auswertung	Ausgabe 07/00
ISO/TR 14049	Technischer Report zu 14041 mit zahlreichen Beispielen	Ausgabe 04/01

Tab.:4.1 EN ISO 14040 ff

Die Internationalen Normen zur Ökobilanzierung ISO 14040 bis ISO 14043 wurden überarbeitet.

EN ISO 14040	Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen	Ausgabe 03/05
EN ISO 14044	Umweltmanagement - Ökobilanz Anforderungen und Anleitungen	Ausgabe 07/05

Tab. 4.2: EN ISO 14040:2005ff

Im Rahmen der Überarbeitung werden die Inhalte der bestehenden ISO-Normen in zwei neue ISO-Normen überführt und gleichzeitig neu geordnet. Durch die Neuordnung entsteht eine völlig neue "Architektur" der Dokumente, die folgendermaßen aussehen soll:

- a) Alle Anforderungen zu den einzelnen Teilschritten der Ökobilanzierung, die in den bestehenden Normen festgelegt sind, sollen in einer Norm zusammengeführt werden, die künftige ISO 14044 "Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines."
- b) Die ISO 14040 "Life Cycle Assessment - Principles and Framework" soll als die Grundlagennorm zu Ökobilanzen bestehen bleiben. Die zu überarbeitende Norm soll eine allgemeine Anleitung zu Ökobilanzen in Form von Empfehlungen und Erläuterungen geben und somit Organisationen bei der Durchführung von Ökobilanzen unterstützen.

Die beiden internationalen Normungsvorhaben werden in der neu eingerichteten WG 6 "Revision of ISO 14040, 14041, 14042 and 14043" "des ISO/TC 207/SC 5 "Life Cycle Assessment" durchgeführt.

Die Anforderungen und wesentlichen technischen Inhalte sollen hingegen unangetastet bleiben. In der deutschen Übersetzung der ISO 14040:2005 "Umweltmanagement-Ökobilanz-Grundsätze und Rahmenbedingungen" wird eine Ökobilanz folgendermaßen definiert:

"Die Ökobilanz bezieht sich auf die Umweltaspekte und potentiellen Umweltwirkungen (die potentielle Umweltwirkung ist eine relative Aussage, da sie sich auf die funktionelle Einheit eines Produktsystems bezieht.) (z.B. Nutzung von Ressourcen und Umweltauswirkungen von Emissionen) im Verlauf des Lebensweges eines Produktes von der Rohstoffgewinnung über Produktion, Anwendung, Behandlung von Altprodukten bis zur Beseitigung (d.h. von "der Wiege bis zur Bahre")."

Prinzipiell beruht das Konzept einer Ökobilanz auf folgenden Grundgedanken:

- Nutzung von Ressourcen
- menschliche Gesundheit
- ökologische Wirkungen

In der Norm ISO 14040:2005 werden die im Folgenden aufgeführten Möglichkeiten der Anwendung dargestellt. Demnach sollen Ökobilanzen als Hilfestellung dienen

- beim Aufzeigen von Möglichkeiten zur Verbesserung der Umweltleistung von Produkten in den verschiedenen Phasen ihres Lebensweges;
- zur Information von Entscheidungsträgern in Industrie, Regierungs- oder Nichtregierungsorganisationen (z.B. bei der strategischen Planung, Prioritätensetzung, Produkt- oder Prozessentwicklung oder entsprechender Neuentwicklung);
- beim Auswählen von relevanten Indikatoren der Umweltleistung, einschließlich der zugehörigen Messverfahren und
- beim Marketing (z.B. bei Umweltaussagen, bei Umweltkennzeichnungen oder bei Umweltdeklarationen für Produkte).

Für Ersteller von Ökobilanzen sind die Anforderungen an die Durchführung von Ökobilanz-Studien und Sachbilanz-Studien in ISO 14044 "Umweltmanagement-Ökobilanz-Anforderungen und Anleitungen" detailliert dargestellt [117].

4.8 Bestandteile einer Produkt-Ökobilanz

Die Ökobilanz stellt eine Methode dar, mit der transparente und nachvollziehbare Bewertungsgrundlagen für den Vergleich konkurrierender technischer Systeme hinsichtlich deren Auswirkungen auf die Umwelt geschaffen werden. Die methodische Vorgehensweise zur Erstellung einer Ökobilanz ist in der Norm ISO 14040:2005 international standardisiert.

Diese international einheitliche Norm unterscheidet zwischen vier Schritten, die sich gegenseitig bedingen und beeinflussen

- Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens;
- Sachbilanz;
- Wirkungsabschätzung und
- Auswertung der Ergebnisse.

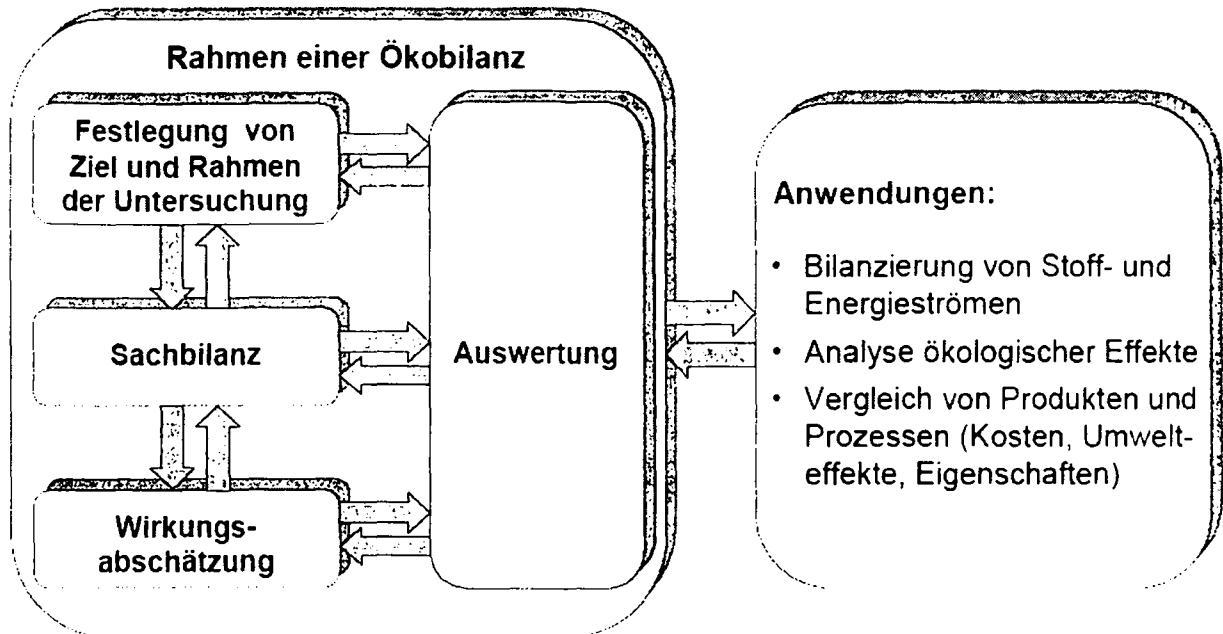


Abb. 4.3: Standard-Aufbau der Ökobilanz (ISO 14040)

Der *Untersuchungsrahmen* stellt Ziel und Rahmen einer Ökobilanz klar.

Die *Sachbilanz* erfasst die Stoff- und Energieströme während aller Schritte des Lebensweges: wie viel Kilogramm eines Rohstoffs fließen ein, wie viel Energie wird verbraucht, welche Abfälle und Emissionen entstehen usw.

Die *Wirkungsabschätzung* beurteilt die potenziellen Wirkungen des Produkts auf Mensch und Umwelt, das heißt auf die Qualität von Luft und Boden, den Verbrauch von nicht erneuerbaren Ressourcen usw.

Die *Auswertung* stellt Schlussfolgerungen dar und gibt Empfehlungen [118].

Die Pfeile zwischen den einzelnen Ökobilanzschritten sollen den iterativen Charakter verdeutlichen, d.h. dass die Ergebnisse einzelner Schritte aufeinander aufbauen aber auch untereinander rückgekoppelt werden und somit einen erneuten Durchgang zur Folge haben können [119].

Die Durchführung von Zieldefinition und Sachbilanz, die früher in der Norm 14041 und die Grundsätze der Wirkungsabschätzung und die der Auswertung, die entsprechend in der Norm ISO 14042 und ISO 14043 geregelt wurden, wurden in der Norm ISO 14044:2005 zusammengeführt.

4.8.1 Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens

Die Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens (goal and scope definition) als erster Schritt einer Ökobilanz ist von größter Wichtigkeit. Dazu werden aus dem globalen Ziel einer Studie zuerst die Definition einer funktionellen Einheit und die Systemgrenze abgeleitet.

Die funktionelle Einheit ist die Größe, auf die alle Daten bezogen werden. Sie ist nötig, um mehrerer Alternativen oder sogar unterschiedlicher Ökobilanzen sinnvoll vergleichen zu können.

Bei der Festlegung der Systemgrenze wird entschieden, welche Teile des Produktsystems einbezogen werden sollen. Die Systemgrenzen müssen in räumlicher, sachlicher und zeitlicher Hinsicht festgelegt werden. Die Systemgrenzen legen fest, welche Module (Prozesse) in der Ökobilanz enthalten sein müssen. Bestimmende Faktoren für das Ziehen der Systemgrenzen können sein:

- vorgesehene Anwendungen der Studie (Zielsetzung, Fragestellung)
- getroffene Annahmen
- Abschneidekriterien-Auswahl der Input- und Outputflüsse (z.B. Stoffflüsse kleiner als 1% fallen aus der Betrachtung heraus...)
- Daten- und Kostenbeschränkungen
- die angesprochene Zielgruppe

Das System sollte so modelliert sein, dass die Input- und Outputflüsse Elementarflüsse sind. Die zur Festlegung der Systemgrenzen angewendeten Kriterien müssen genau beschrieben und begründet werden. Bei Ökobilanzstudien, bei denen vergleichende Aussagen veröffentlicht werden, muss eine Analyse der Stoff- und Energieflüsse vorgenommen werden, um deren Einbeziehung in den Untersuchungsrahmen zu ermitteln.

Die Festlegung der Systemgrenze kann sich jedoch stark auf das Ergebnis der Ökobilanz auswirken. Die Resultate einer Ökobilanz sollten deshalb immer in Bezug auf diesen Aspekt diskutiert werden [120].

Noch ein wichtiger Punkt nach EN ISO 14040 sind die Anforderungen an die Datenqualität. Anforderungen an die Datenqualität legen in allgemeiner Form die Merkmale der Daten fest, die für die Studie benötigt werden.

Die Beschreibung der Datenqualität ist für das Verständnis der Zuverlässigkeit der Ergebnisse der Studie und die richtige Auswertung der Resultate der Studie notwendig.

Anforderungen an die Datenqualität beziehen sich auf den zeitbezogenen (z.B. gewünschtes Alter der Daten, das kleinste Zeitintervall), geografischen (z.B. regional, national oder global) und technologischen (z.B. spezifische Technologie oder Technologiemix) Erfassungsbereich. Daneben sind auch Angaben zum Schwankungsbereich, zur Genauigkeit, Vollständigkeit, Repräsentativität, Konsistenz sowie Nachvollziehbarkeit der Daten wichtig für die Interpretierbarkeit der Ergebnisse einer Ökobilanz [121].

4.8.2 Sachbilanz

Nachdem das Ziel und der Untersuchungsrahmen der Ökobilanz definiert sind, kann die Sachbilanz (Life-Cycle Inventory/LCI) erstellt werden, in der möglichst alle benötigten Stoffarten und -mengen, sowie die eingesetzten Energiearten und -mengen für die Herstellung, Nutzung und Verwertung eines Produktes registriert werden. Die Herstellung des Produktes schließt die Gewinnung der Rohstoffe und deren Weiterverarbeitung ein. Weil für die Herstellung, Nutzung und Verwertung zusätzliche Produkte und Anlagen erforderlich sind, muss eine Grenze vereinbart werden. Diese Grenze legt fest, was dem betrachteten Produkt noch zugerechnet wird und was nicht. Sie wird als Systemgrenze oder Bilanzrahmen bezeichnet.

Die Norm EN ISO 14040:2005 definiert die Sachbilanz wie folgt:

"Sachbilanz (LCI) ist Bestandteil der Ökobilanz, der die Zusammenstellung und Quantifizierung von Inputs und Outputs eines gegebenen Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges umfasst."

Die Schritte einer Sachbilanz nach ISO 14041 werden in der folgenden Abbildung dargestellt.

Die qualitativen und quantitativen Daten, die in die Sachbilanz einbezogen werden, müssen für jedes Modul, das innerhalb der Systemgrenzen liegt, gesammelt werden. Die entweder durch Messung, Berechnung oder Schätzung gesammelten Daten werden dazu verwendet, die Inputs und Outputs eines Moduls quantitativ zu bestimmen. Werden Daten aus veröffentlichten Quellen entnommen, muss auf die Quelle verwiesen werden.

Beim Prozess der Datensammlung muss eine Datenvalidierung durchgeführt werden, um zu bestätigen und den Nachweis zu erbringen, ob die Anforderungen an die Datenqualität für die vorgesehene Anwendung erfüllt wurden.

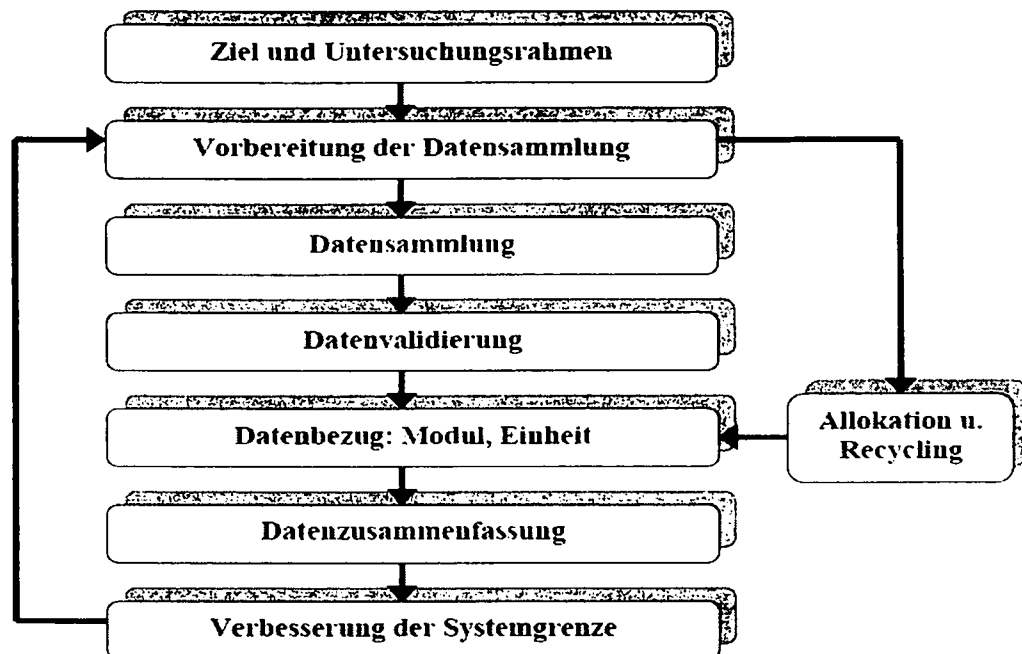


Abb. 4.4: Vereinfachte Verfahren für eine Sachbilanz

Die Überprüfung kann zum Beispiel die Erstellung von Massenbilanzen, Energiebilanzen und/oder einer vergleichenden Untersuchung von Emissionsfaktoren umfassen.

Die Massenbilanz wird auf der Basis von Stoffen erstellt. Zu den Inputstoffen einer Massenbilanz gehören Rohstoffe oder Vorprodukte sowie Sekundärstoffe, Hilfs- und Betriebsstoffe, Luft, Wasser und Energieträger. Zu den Outputstoffen gehören das Prozessprodukt bzw. Kuppelprodukte, sowie Abfälle zur Verwertung, Abfälle zur Beseitigung, Abwasser und Abluft. Zu den zu bilanzierenden Energiearten gehören die chemische Energie, die thermische und die elektrische Energie sowie Strahlung und Lärm.

In den ISO 14040:2005 gibt es Hinweise, welche Lebenszyklusstufen besondere wichtig sind und berücksichtigt werden sollen.

Folgende Stufen sollten jedoch in jedem Fall berücksichtigt werden:

- Rohstoffherstellung und -verarbeitung
- Herstellung mengenmäßig bedeutender Hilfs- und Betriebsstoffe
- Transporte
- Erzeugung und Nutzung von Primärträgern, Elektrizität und Wärme
- Gebrauch von Produkten
- Entsorgung von Prozessabfällen und Produkten [122].

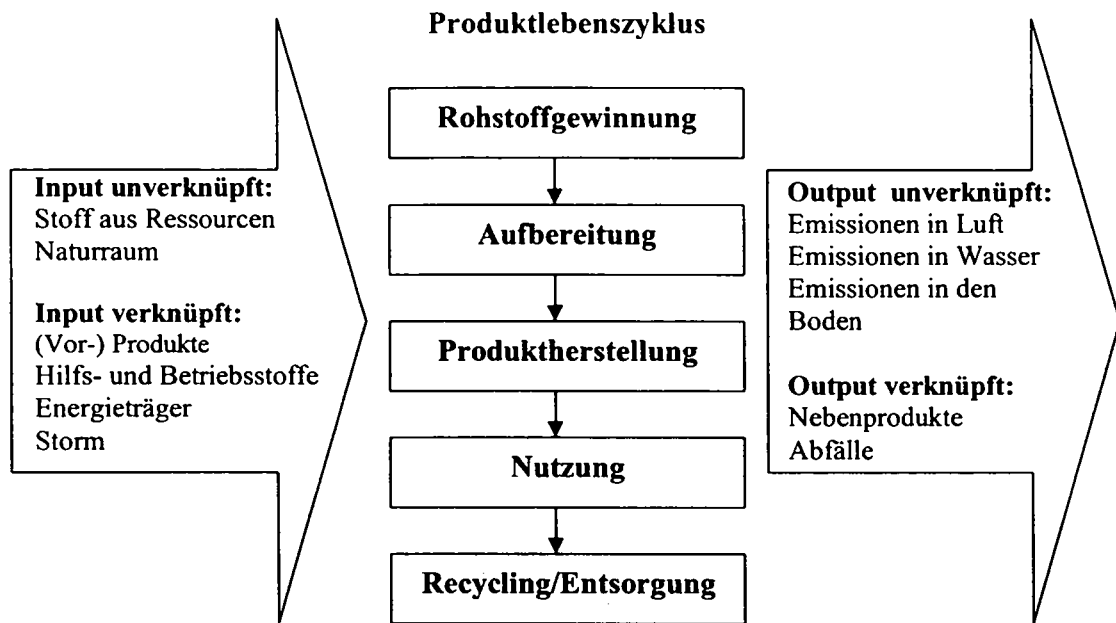


Abb. 4.4: Beispiele für Input- und Outputströme entlang eines Produktlebenszyklus

Die Stoff- und Energiebilanzen basieren auf zwei fundamentalen Grundgesetzen, dem Massen- und dem Energieerhaltungssatz. Daraus folgt für jeden Prozess die Bilanzbedingung, dass die Summe der Inputmassen m_I gleich der Summe der Outputmassen m_O plus der akkumulierten Massen m_A sein muss. Vernachlässigt werden kann die Akkumulation, wenn der Bilanzierungszeitraum eine hinreichend große Zahl von Neuzustellungen der Anlage umfasst.

$$\sum m_I = \sum m_O + \sum m_A$$

Für die Energiebilanz wird auf die Summengleichheit von In- und Output verzichtet, nicht jedoch auf die Plausibilitätsprüfung, da soweit möglich, die Energien der Energieträger zugeordnet und die Bilanzdifferenzen über die Wärmeverluste angeglichen werden [123].

Für jedes Modul muss ein geeigneter Fluss bestimmt werden. Die quantitativen Input- und Outputdaten des Moduls müssen mit Bezug auf diesen Fluss berechnet werden.

Nach Maßgabe des Flussdiagramms und der Flüsse zwischen den Modulen sind die Flüsse aller Module auf den Referenzfluss bezogen. Die Berechnung sollte dazu führen, dass alle Input- und Outputdaten des Systems auf die funktionelle Einheit bezogen werden.

Bei der Zusammenfassung der Inputs und Outputs in einem Produktsystem sollte sorgfältig vorgegangen werden. Der Grad der Zusammenfassung muss mit dem Ziel der Studie übereinstimmen. Daten sollten nur zusammengefasst werden, wenn sie auf gleichwertige Stoffe und ähnliche Umweltwirkungen bezogen sind.

Ein Sachbilanz muss folgende Bedingungen erfüllen:

- Die Liste der In- und Outputs muss die Einschätzung der wesentlichen Unterschiede zwischen den verglichenen Produkten oder Tätigkeiten gestatten.
- Die Liste der Umweltenwirkungen muss möglichst vollständig und ausreichend detailliert sein.
- Es sollte möglich sein, jeden Indikator der Sachbilanz bestimmten Umweltauswirkungskategorien zuzuordnen und in potenzielle Umweltauswirkungsindizes umzurechnen [124].

4.8.2.1 Allokationen

Ein großes Problem bei der Produktbilanz tritt auf, wenn ein Prozess mehrere Produkte herstellt, wie dies bei Kuppelproduktionen oder Recyclingprozessen der Fall ist. Hierbei ergibt sich dann die Frage, welche Anteile der Input - oder Outputströme dem betrachteten Produkt zugerechnet werden. Allokationen können anhand der Massenverhältnisse, des Energieanteiles, der Exergie (Berücksichtigung der Qualität von Energie) oder nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten vorgenommen werden [125].

Eine Allokation ist dann notwendig, wenn ein Produkt die Systemgrenze überschreitet und den Bilanzraum verlässt.

Wenn mehrere alternative Allokationsverfahren zulässig erscheinen, muss eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt werden, um die Folgen des Abweichens vom ausgewählten Ansatz darzustellen. Die Norm ISO 14044:2005 enthält an dieser Stelle eine Reihe von Vorschlägen:

- a) Wo auch immer möglich, sollte eine Allokation vermieden werden durch
 1. Teilung der betroffenen Module in zwei oder mehrere Teilprozesse und Sammlung der Input- und Outputdaten bezogen auf diese Teilprozesse;
 2. Erweiterung des Produktsystems durch Aufnahme zusätzlicher Funktionen, die von Kuppelprodukten abgedeckt werden.
- b) Zuordnung der Systeminputs und -outputs zu ihren unterschiedlichen Produkten oder Funktionen, so dass die zugrunde liegenden physikalischen Beziehungen zwischen ihnen widerspiegelt werden.
- c) Wo Punkt a) nicht möglich ist, sollten andere Zusammenhänge gewählt werden. Die Norm gibt hierzu als Beispiel den ökonomischen Wert der Produkte an.

Einige Outputs können teils Kuppelprodukte und teils Abfall sein. Da die Inputs und Outputs nur den Kuppelprodukten zugeordnet werden müssen, ist es in solchen Fällen notwendig, das Verhältnis zwischen den Kuppelprodukten und dem Abfall zu ermitteln.

Die Allokationsgrundsätze und -verfahren gelten auch für die Wiederverwendung und das Recycling.

Es ist aber wichtig bei der Ergebnispräsentation anzugeben, welche Allokationsregel angewandt und welche Annahmen getroffen wurden.

4.8.3 Wirkungsabschätzung

In der Wirkungsabschätzungsphase der Ökobilanz wird die Beurteilung der Bedeutung potentieller Umweltwirkungen mit Hilfe der Ergebnisse der Sachbilanz angestrebt. Im

Allgemeinen werden in diesem Schritt Sachbilanzdaten mit spezifischen Wirkungskategorien und Wirkungsindikatoren verknüpft, wobei versucht wird, die hieraus resultierenden potentiellen Wirkungen zu erkennen. Die Wirkungsabschätzungsphase liefert auch Informationen für die Auswertungsphase der Ökobilanz.

Gemäß der Norm ISO 14040 dient die Wirkungsabschätzung (Life-Cycle Impact Assessment/LCIA) "der Beurteilung der Bedeutung potenzieller Umweltwirkungen mit Hilfe der Ergebnisse der Sachbilanz [126]."

Die Struktur der Wirkungsabschätzung beinhaltet nach der Norm verbindliche und optionale Elemente. Zu den ersteren gehören:

- Auswahl von *Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Modellen*
- Zuordnung der Sachbilanzergebnisse zu den gewählten Wirkungskategorien und Indikatoren ("*Klassifizierung*")
- Berechnung von Wirkungsindikatorergebnissen ("*Charakterisierung*").

Die negativen Umweltwirkungen werden in der internationalen Methodendiskussion in so genannte Wirkungskategorien unterteilt. Ebenso wird auf internationaler Ebene an der Standardisierung von Wirkungskategorien gearbeitet. Die neueste Kategorienliste beinhaltet die Punkte, welche den Großteil der jetzt diskutierten Umweltproblemfelder abdeckt. Die derzeit in den Ökobilanzen benutzten inputbezogenen Wirkungskategorien sind [127]:

- *Ressourcenbeanspruchung*: Abiotische Ressourcen, Wassergebrauch, Biotische Ressourcen, Naturraumbeanspruchung
- *Chemische Emissionen*: Klimaänderung, Stratosphärischer Ozonabbau, Versauerung, Eutrophierung, Sommersmog, Ökotoxizität, Humantoxizität, Geruch
- *Physikalische Emissionen*: Lärm, Strahlung, Abwärme.
- *Biologische Emissionen*: Genetisch veränderte Organismen (GVO), Invasive Arten, Pathogene Arten

Als weitere mögliche Wirkungskategorien werden Unfälle, gesundheitliche Beeinträchtigungen am Arbeitsplatz, Erosion, Versalzung und Austrocknung von Böden, Zerstörung von Landschaften und Biodiversität angegeben. Jede dieser Wirkungskategorien ist durch einen oder mehrere Wirkungsindikatoren charakterisiert.

4.8.3.1 Die Schritte der Wirkungsabschätzung

Klassifizierung bedeutet die Einteilung oder Zuordnung von Sachbilanzergebnissen zu den ausgewählten Wirkungskategorien, z.B. CO₂, CH₄, N₂O zur Kategorie "Klimaänderung", die Säuren und säurebildenden Gase (z.B. NH₃, SO₂) zur Kategorie "Versauerung", die smogbildenden Kohlenwasserstoffe (VOC) zur "Bildung von Photooxidantien" usw. Dazu finden sich in der Norm folgende Definitionen:

Sachbilanzergebnis: Ergebnis der Sachbilanz, das die Systemgrenze überschreitende Flüsse einschließt und den Ausgangspunkt für die Wirkungsabschätzung liefert.

Wirkungskategorie: Klasse wichtiger Umweltthemen, in die die Sachbilanzergebnisse eingeteilt werden können.

Bei der Zuordnung kann es vorkommen, dass ein Sachbilanzergebnis mehreren Wirkungskategorien zugeordnet werden muss. Beispiele dafür sind Luftemissionen, die sowohl versauernd als auch eutrophierend und toxisch bzw. ökotoxisch wirken oder ozonabbauende Stoffe, die auch zum Treibhauseffekt beitragen etc.

Eine triviale Voraussetzung der Klassifizierung ist das Vorhandensein geeigneter Sachbilanzergebnisse, was auf die Notwendigkeit der frühzeitigen Festlegung der Wirkungskategorien verweist, damit die Datensammlung in der Komponente Sachbilanz entsprechend gestaltet wird.

Die *Charakterisierung* ist der wichtigste Schritt, in dem die klassifizierten Daten in Wirkungsindikatorergebnisse umgerechnet und aggregiert werden. Nach einer Zuordnung der Emissionen zu den unterschiedlichen Wirkungskategorien wird der Stoffeintrag mit Hilfe von Äquivalenzfaktoren quantifiziert und aggregiert. Die Äquivalenzfaktoren ermöglichen eine Umrechnung der unterschiedlichen Beiträge der einzelnen Stoffe in eine Bezugsgröße, auf deren Basis anschließend eine Aggregation zu jeweils einer Wirkungsgröße vorgenommen wird. Die Operationalisierung der Sachbilanzdaten zu Wirkungsgrößen erfolgt mittels Äquivalenzfaktoren, die vom Centre of Environmental Science (CML, Leiden, Niederlande) erarbeitet wurden [128].

Die Gesamtgröße (Potential) einer Wirkungskategorie lässt sich allgemein nach der Gleichung

$$\text{Wirkungspotential}_{\text{Kategorie}} = \sum_{\text{Stoff}} \text{Äquivalenzfaktor}_{\text{Kategorie.Stoff}} \cdot \text{Emission}_{\text{Stoff}}$$

bestimmen. Dabei sind die Äquivalenzfaktoren normiert auf eine Bezugsgröße, so dass die Angabe des Potentials in [kg Stoff-Äquivalent] erfolgt [129].

Ein relativ einfacher Fall liegt beim Treibhauseffekt (Indikator für die Kategorie Klimaänderung) vor, weil hier das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) eine geeignete Aggregationsmethode, das "Global Warming Potential" (GWP) vorgeschlagen hat und auch jeweils aktuelle Umrechnungsfaktoren publiziert. Das GWP wird in kg CO₂ - Äquivalenten ausgedrückt. Ähnlich günstige Bedingungen liegen beim Ozonabbau vor, wo die World Meteorological Organization ähnliche "Ozone Depletion Potentials" (ODP) berechnet hat, die in kg R11-Äquivalenten angegeben werden. Diese Werte sind nicht "wissenschaftlicher" als z.B. die Versauerungsäquivalente (kg SO₂ - Äquivalente), aber es stehen angesehenere internationale Gremien dahinter.

In *Anhang 7.2* wird gezeigt, in welche unterschiedlichen Wirkungskategorien eine Einteilung erfolgen kann und mit welchen Substanzen und Faktoren sie auf die Umwelt wirken.

Zu der *Charakterisierung* gehören:

- *Normierung*

Bei der Normierung werden die Ergebnisse der Wirkungsindikatoren in den einzelnen Kategorien in Verhältnis zu einem Referenzwert gesetzt. Die Gesamtemission oder Ressourcenbeanspruchung für ein bestimmtes Gebiet oder für Grundwerte aus einem Szenario, das als alternatives Produktionssystem gilt, kann als Referenzwert angenommen werden. Damit soll die relative Signifikanz der Indikatorergebnisse eingeschätzt und eine Grundlage für die weiteren Schritte Ordnung und Gewichtung geschaffen werden.

- *Ordnung*

Bei der Ordnung werden die Wirkungskategorien entweder in Gruppen zusammengefasst oder über eine Rangbildung in eine bestimmte Hierarchie eingeordnet. Als Kriterium zur Zuordnung in Gruppen können Charakteristika wie der Wirkungsort (global, regional, lokal) dienen oder ob es sich um input- oder outputbezogene Emissionen handelt. Die Rangbildung in einer Hierarchie kann über die Zuordnung der ökologischen Priorität der Wirkungskategorien (hoch, mittel,

niedrig) erfolgen. Die Rangbildung ist ein subjektiver, von gesellschaftlichen Werten beeinflusster Schritt, der nicht mit objektiven, wissenschaftlichen Ergebnissen zu begründen ist.

• *Gewichtung*

Bei der Gewichtung werden die Ergebnisse der Charakterisierung und der Normierung zu einer Reihenfolge oder zu einer einzigen Maßzahl zusammengefasst [130].
Nachfolgende Abbildung zeigt die Schritte der Wirkungsabschätzung.

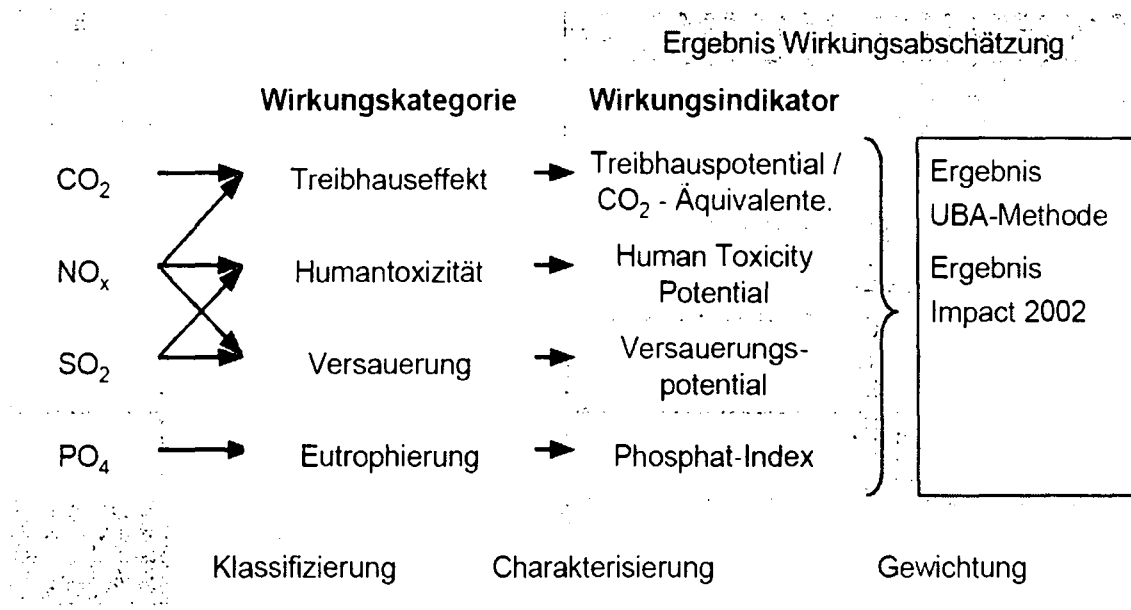


Abb. 4.5: Die Schritte der Wirkungsabschätzung

Die beiden genannten optionalen Elemente der Wirkungsabschätzung, die Ordnung und Gewichtung, verknüpfen Sachinformationen der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung mit subjektiven Werten.

• *Analyse der Datenqualität*

Es wird untersucht, welchen Einfluss die identifizierten Unsicherheiten auf die Höhe der Wirkungsindikatorwerte pro Wirkungskategorie und damit auf die Aussagekraft der Ergebnisse haben.

Die optionalen Bestandteile dürfen Informationen von außerhalb des Rahmens der Wirkungsabschätzung verwenden. Die Verwendung solcher Informationen sollte erläutert und im Bericht angegeben werden. Die Anwendung und der Gebrauch von Normierungs-, Ordnungs- und Gewichtungsverfahren müssen sich in Übereinstimmung mit Ziel und Untersuchungsrahmen der Ökobilanz befinden und müssen vollständig transparent sein. Um Transparenz zu erreichen, müssen alle Verfahren und Berechnungen dokumentiert werden.

4.8.4 Auswertung

Gemäß der Norm ISO 14044 ist die Auswertung "der Bestandteil der Ökobilanz, bei dem die Ergebnisse der Sachbilanz oder der Wirkungsabschätzung oder beide mit dem festgelegten Ziel und Untersuchungsrahmen zusammengeführt werden, um Schlussfolgerungen und Empfehlungen zu geben" [131].

Ziel der Auswertung ist es, - basierend auf den zuvor durchgeführten Schritten der Ökobilanz- zu Schlussfolgerungen zu gelangen.

Die Auswertung umfasst folgende Bestandteile:

- Identifizierung der signifikanten Parameter auf der Grundlage der Ergebnisse der Sachbilanz- und Wirkungsabschätzungs-Phasen der Ökobilanz

Signifikante Parameter können sein:

- Sachbilanzdaten, wie z. B. Energie, Emissionen, Einleitungen, Abfall, usw.;
- Wirkungskategorien, wie z. B. Ressourcenverbrauch, Treibhauseffekt, usw.;
- signifikante Beiträge von Lebenswegabschnitten zu den Ergebnissen der Sachbilanz- und Wirkungsabschätzung, z. B. einzelne Module oder Modulgruppen wie Transport und Energieerzeugung.
- Beurteilung, die die Vollständigkeits-, Sensitivitäts- und Konsistenzprüfungen berücksichtigt
- Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen [132].

Die Beziehung der Auswertungsphase zu anderen Phasen der Ökobilanz ist in Abbildung 4.6 dargestellt.

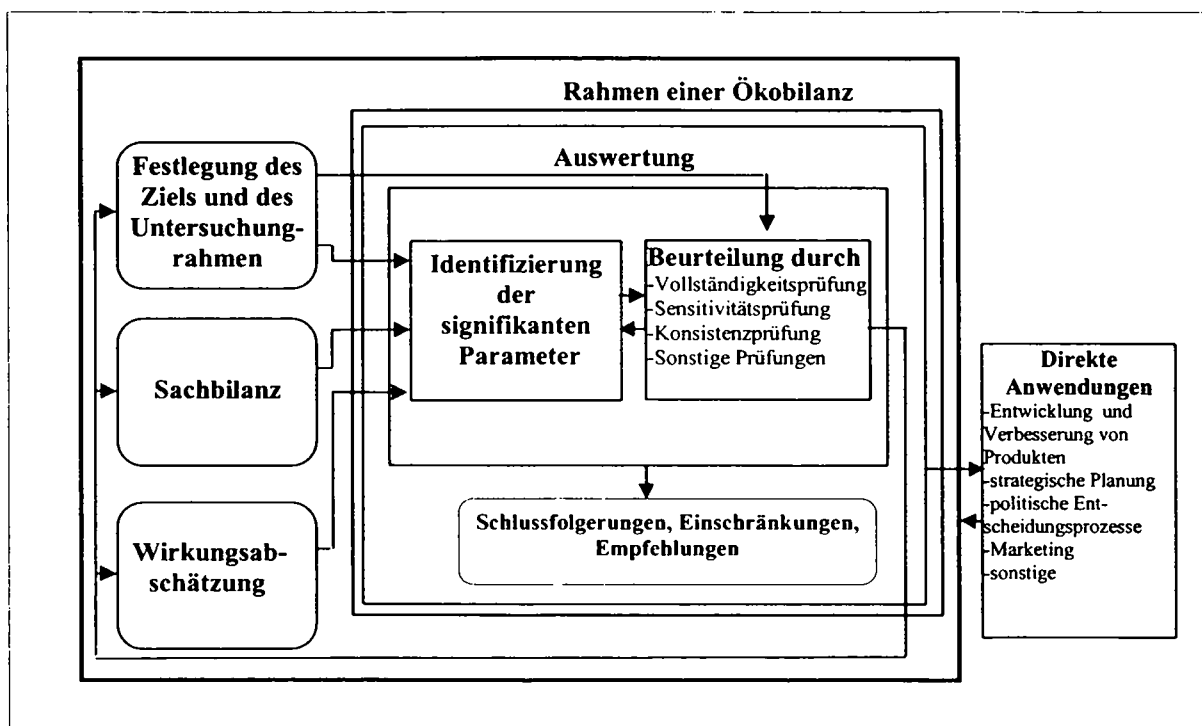


Abb. 4.6: die Bestandteile der Auswertung

Die Bewertung führt die Informationen der Sachbilanz und die Wirkungsabschätzung zusammen. Die Ergebnisse müssen mit den Vorgaben hinsichtlich der Ziele und Tragweite der Studie übereinstimmen (Vollständigkeitsprüfung).

Zweck der Sensitivitätsprüfung ist die Einschätzung der Zuverlässigkeit der Endergebnisse und Schlussfolgerungen, indem bestimmt wird, inwiefern sie durch Unsicherheiten in den Daten, Allokationsverfahren, Berechnung der Wirkungsindikatorwerte usw. beeinflusst werden.

Die Sensitivitätsprüfung muss die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse und der Fehlerabschätzung enthalten, wenn sie in den bereits abgeschlossenen Phasen (Sachbilanz, Wirkungsabschätzung) durchgeführt wurde.

Im Rahmen der Konsistenzanalyse wird untersucht, ob sich die Annahmen, Methoden und Daten in Übereinstimmung mit dem Ziel und dem Untersuchungsrahmen befinden [133].

Insgesamt werden mit der Auswertung die bisher erhobenen Informationen stärker pointiert; aber die endgültige Entscheidung über den einzuschlagenden Weg nach Abschluss der Ökobilanz liegt nach wie vor bei den präsumtiven Anwendern und Nutzern einer Ökobilanz, also in aller Regel bei den Unternehmen.

4.8.5 Berichterstattung

Die Ergebnisse der Ökobilanz müssen den angesprochenen Zielgruppen in einem Bericht angemessen, vollständig und korrekt mitgeteilt werden. Die Art und Ausführung des Berichts muss in der Vorbereitungsphase der Studie vorgegeben werden.

Ergebnisse, Daten, Methoden, Annahmen und Einschränkungen müssen transparent und mit ausreichender Ausführlichkeit dargelegt werden, um dem Leser zu ermöglichen, die Komplexität und Wechselwirkungen der Ökobilanz-Studie zu verstehen und die Ergebnisse nachvollziehen zu können.

Falls die Ergebnisse der Ökobilanz einem Dritten (z.B. interessierten Kreis) weitergeleitet werden, sollten generelle Aspekte (u.a. Teilnehmer an der Produkt-Ökobilanz, Erstellungszeitraum), das Ziel der Studie, die Ergebnisse der Sach- und Wirkungsabschätzung sowie die Auswertung und deren Schlussfolgerungen beinhaltet sein.

Vergleichende Studien sollten darüber hinaus eine Analyse der Materialflüsse, eine Bewertung der verwendeten Datenqualität, eine Aussage über die Vergleichbarkeit der untersuchten Systeme sowie die Nutzung der kritischen Prüfung beinhalten.

4.8.6 Kritische Prüfung

Im ISO-Normenwerk ist grundsätzlich für alle vergleichenden, zur Veröffentlichung bestimmten Ökobilanzen eine kritische Prüfung der Ökobilanz durch unabhängige Experten vorgeschrieben. Die Stellungnahme der Experten muss als Bestandteil der Studie veröffentlicht werden. Es wird darüber hinaus empfohlen, rechtzeitig interessierte Kreise einzubeziehen.

Die kritische Prüfung durch einen oder mehrere unabhängige Sachverständige kann zum besseren Verständnis beitragen und die Glaubwürdigkeit von Ökobilanz-Studien erhöhen. Sie soll sicherstellen, dass

- die bei der Durchführung der Ökobilanz angewendeten Methoden mit dieser internationalen Norm übereinstimmen.
- die bei der Durchführung der Ökobilanz angewendeten Methoden wissenschaftlich begründet und technisch gültig sind.
- die verwendeten Daten in Bezug auf das Ziel der Studie hinreichend und zweckmäßig sind.
- die Auswertungen die erkannten Einschränkungen und das Ziel der Studie berücksichtigen.
- der Bericht transparent und in sich stimmig ist [134].

Bei einer Prüfung von interessierten Gruppen ist ein Moderator vorgesehen, der in Abhängigkeit von den Zielen der Studie unabhängige Experten auswählt. Es sollten Interessengruppen berücksichtigt werden, die von den Auswirkungen der Studie betroffen sind. Hierzu können staatliche und gesellschaftliche Institutionen sowie konkurrierende Unternehmen gehören [135].

4.9 Anwendung Ökobilanzen in der Praxis

Der Einsatz von Ökobilanzen in Unternehmen bringt in der Praxis einige Schwierigkeiten mit sich. Insbesondere die Beschaffung von Sachbilanzdaten ist mit hohem personellem und finanziellem Aufwand verbunden [136]. Bei der erstmaligen Durchführung einer Ökobilanz kommt dies besonders stark zum Tragen. Die Sachbilanzdaten müssen, um aussagekräftige Ergebnisse zu liefern, unternehmens- und branchenspezifische Besonderheiten ebenso berücksichtigen wie regionale und nationale Unterschiede. Eine Schwierigkeit liegt darin, dass mit steigender Genauigkeit und Spezifikation der Sachbilanzdaten zwar ihre absolute Genauigkeit zunimmt, die Vergleichbarkeit mit anderen Ökobilanzen aber abnimmt.

Um den Aufwand für die Beschaffung von Sachbilanzdaten zu verringern, wurden in einigen Ländern (z.B. in Schweden, Holland, der Schweiz und in Deutschland) Initiativen zur Vereinheitlichung und Standardisierung von Sachbilanzdaten gestartet.

Eine Möglichkeit zur Reduzierung des Aufwandes bei der Durchführung einer Ökobilanz besteht in der Vereinfachung der Methodik selbst. Neben der EN ISO 14040 Reihe gibt es verkürzte Ansätze für Ökobilanzen, die mit vereinfachten Methoden, Daten und Bewertungsverfahren arbeiten. Abbildung 4.7 stellt die Ansätze der vereinfachten Umweltwirkungsrechnung Life-cycle Review, Matrix Approach, Streamlined LCA in Bezug zur vollständigen LCA und verdeutlicht, dass jeweils steigende Stufen an Daten und Datenqualität notwendig sind, die auch mit wachsenden finanziellen und personellen Ressourcen einhergehen.

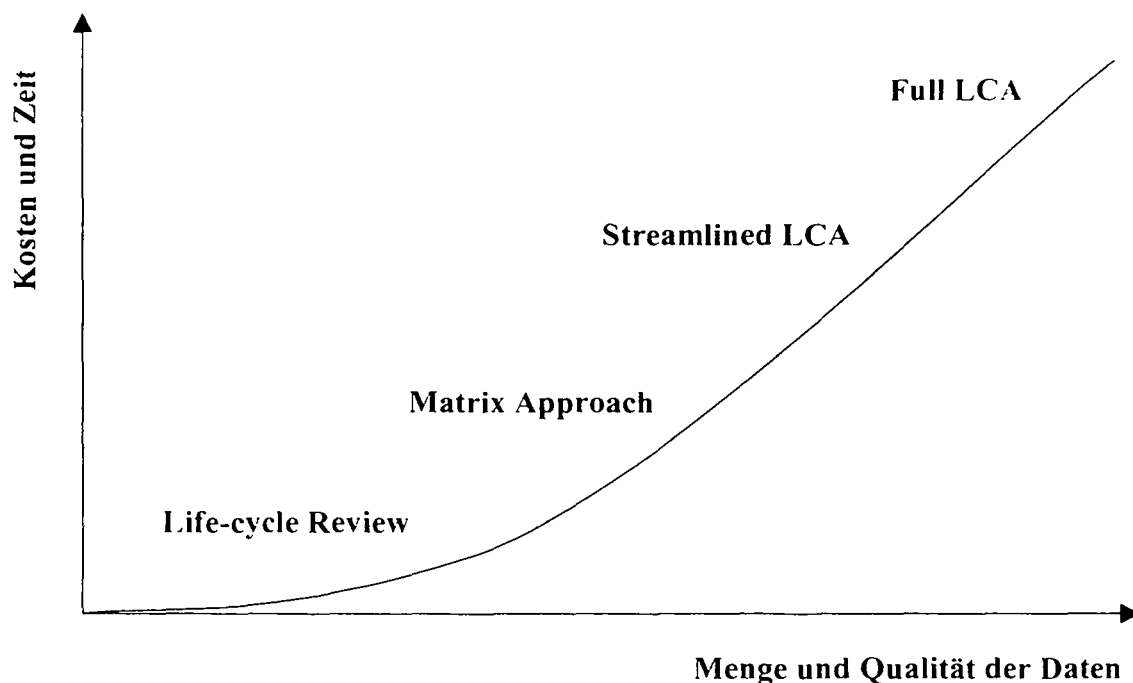


Abb. 4.7: Die Ansätze der vereinfachten Umweltwirkungsrechnung

Beim *Life-cycle Review* wird ein Flussdiagramm erstellt, um die grundlegenden Komponenten eines Produktlebenszyklus darzustellen und zu bewerten. Es werden Struktur und Systemgrenzen abgebildet, aber keine quantitativen Daten ermittelt.

Beim *Matrix Approach* hingegen wird eine Matrix mit den Dimensionen Umweltwirkung und Lebenszyklusphasen erstellt und damit alle Phasen mit besonderer Relevanz für die Umwelt identifiziert. Dazu werden Bewertungen zwischen 0 (höchste Umweltwirkung) und 4 (geringste Umweltwirkung) vergeben. Dieser Ansatz wird z.B. von der Firma AT&T genutzt, um Lebenszyklusphasen und Designoptionen zur Verbesserung der Umweltleistung der Produkte zu identifizieren.

In der unternehmerischen Praxis kommt insbesondere der "*Streamlined LCA*" als vereinfachtes und reduziertes Ökobilanzierungsverfahren eine wichtige Funktion zu. Auch bei der *Streamlined LCA* konkurriert eine Reihe von verschiedenen Ansätzen.

Beispielhaft soll hier die Methode der Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) vorgestellt werden. Die "*Streamlined*" oder "*Simplified LCA*" im Verständnis der SETAC folgt zwar dem Ablauf einer vollständigen LCA nach DIN EN ISO 14040, arbeitet jedoch mit Vereinfachungen [137].

Eine "*Simplified LCA*" ist eine relativ kurze, grobe LCA und ermöglicht eine vereinfachte Bewertung von Umweltwirkungen mit deutlich reduziertem Personal- und Kostenaufwand. Dadurch stellt sie ein wichtiges Instrument v.a. für die unternehmensinterne Anwendung im Unternehmen dar. Im Gegensatz zu einer vollständigen Ökobilanz nach EN ISO 14040 ff ist sie an keine formellen Bedingungen geknüpft. Allerdings sollten die Nutzer der Ergebnisse über die Einschränkungen der *Simplified LCA* unterrichtet werden, indem die durchgeführten Vereinfachungen offen gelegt werden.

Diese Bezeichnung wird auch beim 4. Diskussionsforum Ökobilanzen an der ETH Zürich verwendet, dort wird dieser Begriff aber synonym für die Bezeichnung einer "*Screening LCA*" verwendet. [138]

Bei der "*Screening LCA*" werden Teile des Lebenszyklus oder bestimmte Elementarflüsse identifiziert, die entweder besonders wichtig sind oder Datenlücken aufweisen. Das Ergebnis wird unternehmensintern verwendet. Im Gegensatz zur "*Simplified LCA*" ist die Wahl des Produkts oder der Dienstleistungen nicht evident.

Zusammengefasst konzentrieren sich die vorgestellten Ansätze auf eine Vereinfachung und Vereinheitlichung von Sachbilanzdaten und deren Bilanzierungsmethoden. Daneben stellt auch die Bewertung der Wirkungen der identifizierten Sachbilanzen ein Feld intensiver Diskussionen dar [139]. Zur Verfügung steht derzeit eine Reihe von quantifizierenden Bewertungsmethoden, wie das Modell der kritischen Belastungsmengen:

- Bewertung durch Umweltbelastungspunkte
- EPS-Modell (Schweden)
- Tellus-Modell (USA)
- VNCI-Modell (Niederlande), CML
- Methodik des Materialaufwands pro Produkt- und Dienstleistungseinheit (MIPS)
- Methodik des kumulierten Energieaufwands (KEA)
- UBA-Methode
- Eco Indikator 99

und qualitative Bewertungsmethoden (Nutzwertanalyse, ABC-Analyse, verbal-argumentative Bewertungen). In dem nächsten Abschnitt werden einige diese Bewertungsmethoden charakterisiert. (*Anhang 7.3*)

Die qualitative Methode, die man auch als verbal-argumentative bezeichnen könnte, verzichtet auf standardisierte Rechnungen und ist bemüht, die Auswirkungen in verschiedenen Umweltbereichen mit Worten oder Symbolen zu umschreiben. Die Anwendung dieses Verfahrens ist durch große Subjektivität, fehlende Vergleichbarkeit und mangelhafte Aggregierbarkeit gekennzeichnet.

Quantitative Methoden sollen die Auswirkungen mit Hilfe standardisierter Rechnungen ermitteln [140].

4.10 Bewertungsmethoden der Ökobilanz

Die Normenreihe EN ISO 14040 und 14044 ist das aktuelle Ergebnis von mehrjährigen Bestrebungen zur Standardisierung im Bereich der Ökobilanzen. Neben der in der Norm beschriebenen Vorgehensweise zur Wirkungsabschätzung und Bewertung existieren jedoch auch weitere Methoden, die als Teil von früheren Ökobilanzen unabhängig von der Normenreihe entwickelt wurden.

a) ABC-Analyse

Die ABC-Methode - kommend aus der Materialwirtschaft - ist ein Instrument zur innerbetrieblichen Schwachstellenanalyse. Sie wurde nicht eigens als ökologisches Bewertungsmodell entwickelt, sondern aus der allgemeinen betrieblichen Entscheidungsfindung übernommen und vom Institut für ökologische Wirtschaftsforschung in Berlin (IÖW) den umweltrelevanten Fragestellungen angepasst.

Bei der ABC-Methode werden die Umwelteinwirkungen über ein ABC-Klassifizierungsschema nach besonders akuter (A), weniger akuter (B) und untergeordneter (C) Belastung eingestuft. Je größer die Anzahl von "A"-Bewertungen bei einer Größe, desto kritischer ist sie aus Umweltsicht und umso größer der Vermeidungsbedarf [141].

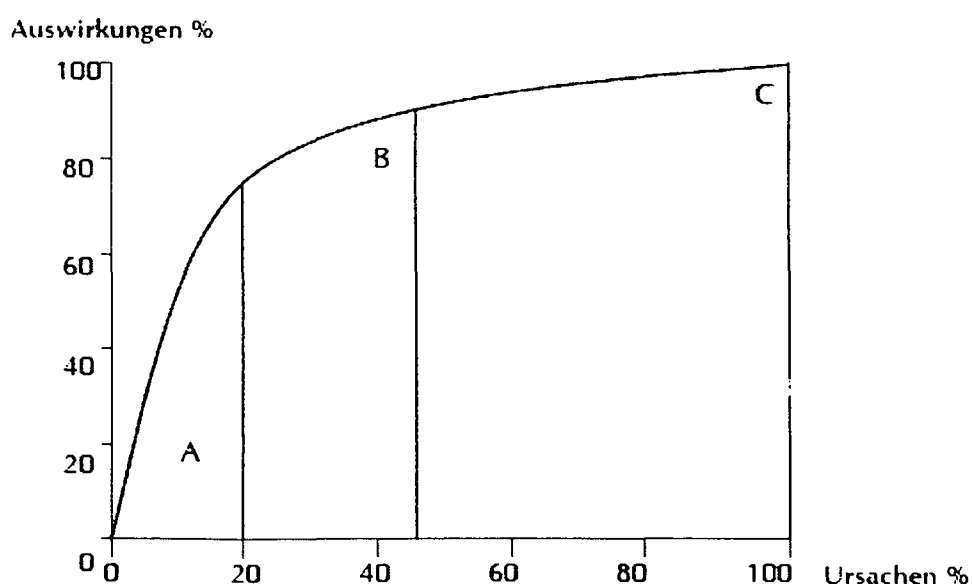


Abb. 4.8: Zusammenhang von Ursachen und Auswirkungen in der ABC-Analyse

Die folgenden Standardkriterien berücksichtigen die wichtigsten Umweltinformationen, die für eine Analyse zu erheben sind:

1. Umweltrechtliche Rahmenbedingungen
2. Gesellschaftliche Anforderungen
3. Beeinträchtigung der Umweltmedien Luft, Wasser, Boden und Toxizität eines Stoffes (Normalrisiko)
4. Störfallneigung
5. Internalisierte Umweltkosten (z.B. Abfallbeseitigung)
6. Beeinträchtigung der Umwelt im Rahmen der vor- und nachgeschalteter Produktionsstufen
7. Wertschöpfungspotential durch effektive Verwendung von Rohstoffen und Energie [142].

Zusätzlich wird teilweise eine XYZ-Analyse durchgeführt. Dabei werden die Mengeneffekte der Umweltwirkungen abgeschätzt und ebenfalls relativ in Klassen eingestuft. Kategorie X steht für hohes, Y für mittleres und Z für geringes Einsatzvolumen. Die Kombination aus ABC- und XYZ- Analyse soll es ermöglichen, quantitative und qualitative Einwirkungseffekte von Stoffen, Produkten und Verfahren auf die Umwelt schwerpunktartig einzukreisen und zu verdeutlichen.

Die ABC-Methode ist auf betriebsinterne Entscheidungen zugeschnitten. Die Wahl des Kriterienkatalogs kann beliebig erweitert werden, was der Methode eine hohe Flexibilität verleiht. Sie ist als internes Bewertungsverfahren gut geeignet, Vergleiche zwischen verschiedenen Betrieben können jedoch nicht gezogen werden.

Ein Nachteil ist die gering ausgeprägte Systematik der Methode und die damit zusammenhängende geringe Transparenz. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass der Arbeitsaufwand zur Erlangung gesicherter Daten sehr rasch überproportional zu den erzielbaren Aussagen steigt.

Die ABC/XYZ-Methode liefert keine numerischen Rechenergebnisse, sondern stuft die Umweltauswirkungen eines Betriebes oder eines Produktes über die ABC- Abstufung relativ ab. Sie dient in erster Linie der Problemerkennung und Strukturierung. Als Screening Methode - also zur ersten Abschätzung umweltrelevanter Bereiche - kann sie auch zur Beurteilung abfallwirtschaftlicher Maßnahmen eingesetzt werden.

b) Immissionsgrenzwertmethode (Kritische Volumina)

Die Methode der "Kritischen Volumina" erlangte vor allem durch ihre Anwendung bei der Ökobilanzierung von Packstoffen eine größere Bedeutung. Besonders bekannt wurde sie durch diesbezügliche Studien des Schweizerischen Bundesamts für Umweltschutz aus den Jahren 1984 und 1990. Als Kriterien zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Produkten dienen die in die Medien Luft und Wasser freigesetzten Schadstoffe, der Gesamtenergieverbrauch und das Deponievolumen für feste Abfälle.

Die Umweltbelastung eines bestimmten Schadstoffes wird durch das Volumen reiner Luft bzw. reinen Wassers beschrieben, das nötig ist, um die betreffende Schadstoffmenge so zu verdünnen, dass die hochzulässig erachtete Grenzkonzentration nicht überschritten wird. (daher die Bezeichnung "kritisches Volumen") Als Grenzwerte in der Luft werden schadstoffspezifische Immissionsgrenzwerte wie z.B. MIK-Werte (maximale Immissionskonzentration) oder ersatzweise technische Richtwerte (VDI-Richtlinien) bzw. auch extrapolierte MAK-Werte (maximale Arbeitsplatzkonzentration) herangezogen [143].

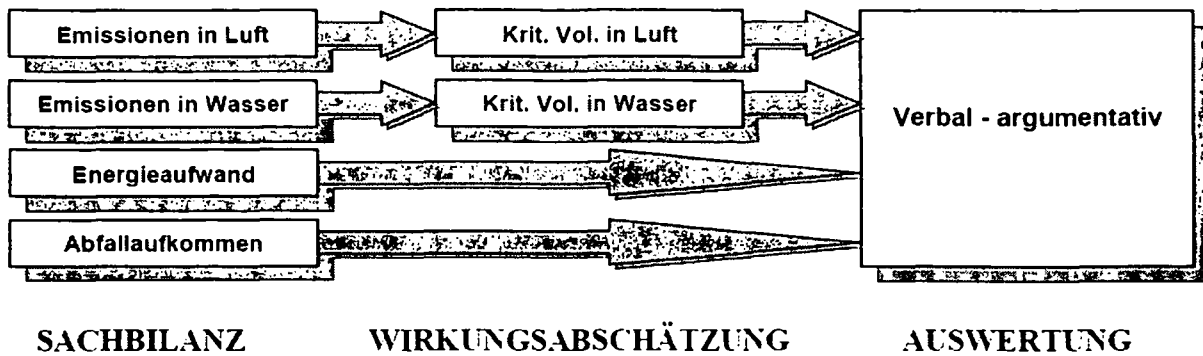


Abb. 4.9: Methode der kritischen Belastungsmengen

Die Grenzwerte im Wasser leiten sich aus den rechtlichen Anforderungen über die Abwassereinleitung ab. Die so für jeden Schadstoff ermittelten Teilvolumina werden anschließend zu einem kritischen Volumen Luft bzw. Wasser addiert. Die belasteten Volumina bzw. Mengen ergeben sich allgemein nach der unten angegebenen Formel [144]:

$$\text{Kritische Volumina} = \sum \frac{\text{Emission Schadstoff } i}{\text{Grenzwertschadstoff } i}$$

Grenzwerte sind der zentrale Gedanke dieser Methode. Deshalb ist von zentraler Bedeutung, wer sie festlegt und wie sie gewonnen werden. Da bei Herstellung, Gebrauch und Entsorgung eines Produktes unter Umständen in unterschiedlichen Ländern Emissionen entstehen, stellt sich die Frage, welcher Grenzwert aus welchem Land genommen wird.

Ein weiteres Problem ist der Vergleich von Ökoprofilen, da eine "gegenseitige" Aufrechnung dieser Kennzahlen (z.B. wenn ein bestimmter Baustoff mehr Energie benötigt als ein anderer, aber dafür wenige Luftemissionen verursacht) nicht sinnvoll ist.

Ein Nachteil dieser Methode ist auch, dass die physikalische Beeinträchtigung von Luft und Wasser die Ressourcenfrage, Lärm, Strahlung und qualitative Aspekte nicht berücksichtigt werden können.

c) Ansatz der ökologischen Knappheit (Stoffflussmethode)

Die Methode der ökologischen Knappheit ist eine Bewertungsmethode, die ebenfalls, wie die Methode der kritischen Belastungsmengen, aus der Schweiz stammt und 1990 durch das BUWAL erstmals publiziert wurde. Sie ist in der Praxis unter verschiedenen Begriffen bekannt, wie "Methode BUWAL 133", "Stoffflussmethode", "Ökopunktmethode" und anderen [145].

Bewertet werden die Emissionen verschiedener Substanzen in die Luft, in die Oberflächengewässer und in den Boden/ins Grundwasser sowie der Verbrauch von Energieressourcen. Die Ökofaktoren werden aus den gegenwärtigen Umweltbelastungen (*aktuelle Flüsse*) und den als kritisch erachteten Belastungen (*kritische Flüsse*) berechnet. Die aktuellen Flüsse werden aus den *verfügbaren Daten* ermittelt.

Der aktuelle Fluss repräsentiert die Umwelteinwirkung pro Zeiteinheit in der jeweils betrachteten Region (z.B. Österreich). Im Regelfall ist das Bezugsintervall ein Jahr und die Bezugsgröße wird in Tonnen ausgedrückt.

Die kritischen Flüsse werden aus *wissenschaftlich begründeten* Zielen der Umweltpolitik abgeleitet.



Abb.4.10: Schematische Darstellung der Methode der ökologischen Knappheit

Oberste Priorität bei der Festlegung des kritischen Flusses haben Gesetze, Verordnungen und Richtlinien oder völkerrechtlich verbindliche Verpflichtungen.

Für jede Art der Umwelteinwirkung wird aus diesem Verhältnis nach folgender Formel ein Öko-Faktor errechnet [146].

$$OeF = \frac{1}{F_k} \times \frac{F}{F_k} \times c \quad [UBP / g \text{ Schadstoff}]$$

$F =$

tatsächliche derzeitige Belastung im betreffenden Gebiet (gegenwärtiger Fluss)

$F_k =$ Grenze der tolerierbaren Belastungen im betrachteten Gebiet (kritischer Fluss)

$C = 10^{12}$ Konstante, die in der Berechnung des Ökofaktors zu hohe negative Zehnerpotenzen verhindert und somit die Zahlen leichter handbar macht.

$UBP =$ Umweltbelastungspunkt

$F/F_k -$ Je größer das Verhältnis vom aktuellem zum kritischen Fluss ist, umso größer ist der Ökofaktor. Durch dieses Verhältnis wird die ökologische Bedeutung zum Ausdruck gebracht, die von der Menge über dem kritischen Fluss ausgeht

$(1/F_k) -$ Dieser Faktor berücksichtigt die Umwelteinwirkungsart in Bezug auf ihre Umweltbelastung. Weisen zwei Umwelteinwirkungsarten das gleiche Verhältnis vom aktuellen zum kritischen Fluss auf, dann ist jene Einwirkungsart ökologisch belastender, welche den kleineren kritischen Fluss hat. Durch diesen Ausdruck wird die ökologische Schädlichkeit - je schädlicher die Umwelteinwirkungsart umso sensibler reagiert die natürliche Umwelt - abgebildet.

Multipliziert man den Ökofaktor mit der durch das untersuchende Produkt anfallenden Schadstoffmenge, so erhält man die Umweltbelastungspunkte. Die Materialien mit der höchsten Zahl an Umweltbelastungspunkten beanspruchen die Umwelt am intensivsten.

$$Umweltbelastungspunkt (UBP) = \text{Ökofaktor} \times \text{Schadstoffmenge (Emission)}$$

Ökologische Bewertung bezieht sich aufs Umweltmanagementsystem. Alle Organisationen sollen die Auswirkungen ihrer Tätigkeiten, Produkte und Dienstleistungen auf die Umwelt prüfen. Darum kann das Verfahren der ökologischen Knappheit eine gute Möglichkeit sein, den Anforderungen der Normen für Umweltmanagementsysteme nachzukommen [147].

Der Nachteil an dieser Methode ist, dass Wechselwirkungen verschiedener Stoffe nicht berücksichtigt werden können, und dass die Grenzwerte regional unterschiedlich sein können

bzw. sind. Ebenso führen regional unterschiedliche Emissionen zu verschiedenen Knappheiten und damit möglicherweise trotz höherer Umweltbelastung zu weniger Ökopunkten. (z.B. ein einziger Emittent in einem Entwicklungsland gegenüber bereits hohen vorhandenen Emissionen in einem Industrieland).

Die notwendige räumliche Abgrenzung ist schwierig und auch für die Zukunft nicht absehbar. Hierzu müssen vor allem hinsichtlich der Luftschadstoffe Erkenntnisse über deren Verteilung und Verdünnung und damit deren physikalisches und chemisches Verhalten sowie über das regionale Klima vorliegen. Die Abgrenzung einer Region kann also für verschiedene Stoffe durchaus variieren. Dadurch ist die Erhebung der bestehenden Belastung sehr aufwendig. Auch eine Abgrenzung bezogen auf ein Land ist nicht sehr sinnvoll, denn die Emissionen werden weder gleichmäßig über die ganze Fläche ausgebracht noch gleichmäßig über sie verteilt. Vor allem grenznahe Standorte führen zu Belastungen in Nachbarländern.

d) Schadensorientierte schwedische Bewertungsmethode EPS 2000 (environmental priority strategy system)

Die EPS- Methode (environmental priority strategy system) wurde von einem schwedischen Umweltforschungsinstitut (IVL: Institutut för Vatten- och Luftvardsforskning) in Kooperation mit der schwedischen Industrie (Volvo Car Company) entwickelt, um eine Methode zu schaffen, die eine eindeutige Vergleichbarkeit verschiedener Produkte hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen anhand eines voll aggregierten, monetären Indikators ermöglicht.

Im Mittelpunkt der EPS-Methode stehen die vom schwedischen Parlament verabschiedeten fünf „schützenswerten Umweltbereiche“ (safeguard subjects):

- *Natürliche Ressourcen,*

Der Verbrauch abiotischer Ressourcen wird nach dem Aufwand bewertet, die Ressourcen aus nachwachsenden Rohstoffen herzustellen. Daraus ergeben sich Gewichtungsfaktoren für Erdöl, Erdgas und Kohle von 0.506, 0.050 und 1.12ELU/kg. Die mineralischen Ressourcen werden gemäß den Kosten einer nachhaltigen Produktionsweise gewichtet. So erhält Aluminium, Kupfer, Zink und Eisen Gewichtungsfaktoren von 0.44, 208, 57.1 resp. 0.96ELU/kg. Dasselbe wird auch für Elemente aus den Meeren und der Luft, für Stoffe aus einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Biosphäre und für natürlichen Kies gemacht.

- *Produktionsvermögen von Ökosystemen (Ökologische Produktion).*

Das Schutzziel Produktion wird über den Wert erfasst, der aufgewendet werden müsste, um den Rückgang der jeweiligen Produktion aufgrund der Umweltbelastung zu verhindern.

Das Produktionsvermögen von Ökosystemen wird für Kulturpflanzen, Holz, Fisch und Fleisch, Bodenqualität, sowie Wasser mit 0.15ELU/kg, 0.04ELU/kg Trockensubstanz, 1ELU/kg Fisch oder Fleisch, 0.01ELU/ Mol H⁺, resp. 0.003ELU/Liter (Bewässerung) und 0.03ELU/Liter (Trinkwasser) bewertet.

- *Menschliche Gesundheit,*

Innerhalb dieser Schutzgüter werden verschiedene Schädigungen mit Hilfe monetärer Größen quantifiziert. Bei der menschlichen Gesundheit sind dies: die Lebenserwartung, schwere Krankheit, Krankheit, starke Belästigung, und Belästigung mit Preisen von 85'000ELU/YOLL28, 100'000, 10'000, 10'000 resp. 100ELU/Personenjahr. (ELU: Environmental Load Unit (1 ELU = 1 Euro); YOLL: Years of Life Lost)

- *Biodiversität,*

Biodiversität umfasst den Geldwert, den die Gesellschaft bereit ist, für die Erhaltung ursprünglicher Naturräume und das Bewahren von Arten vor dem Aussterben, aufzuwenden.

Die Beeinträchtigung der Biodiversität wird mit NEX, einem Indikator für den Artenverlust quantifiziert. Die gesamten jährlichen Ausgaben Schwedens für Präventionsmassnahmen werden zur Bestimmung des Gewichtungsfaktors von INEX herangezogen. Daraus ergibt sich ein Wert von $1.1 \cdot 10^{11} \text{ELU/NEX}$.

- *Ästhetische Werte*

Die Erfassung der ästhetischen Werte ist ein subjektiver und individueller Vorgang, der von den 5 Schutzzielen noch am wenigsten dokumentiert wurde.

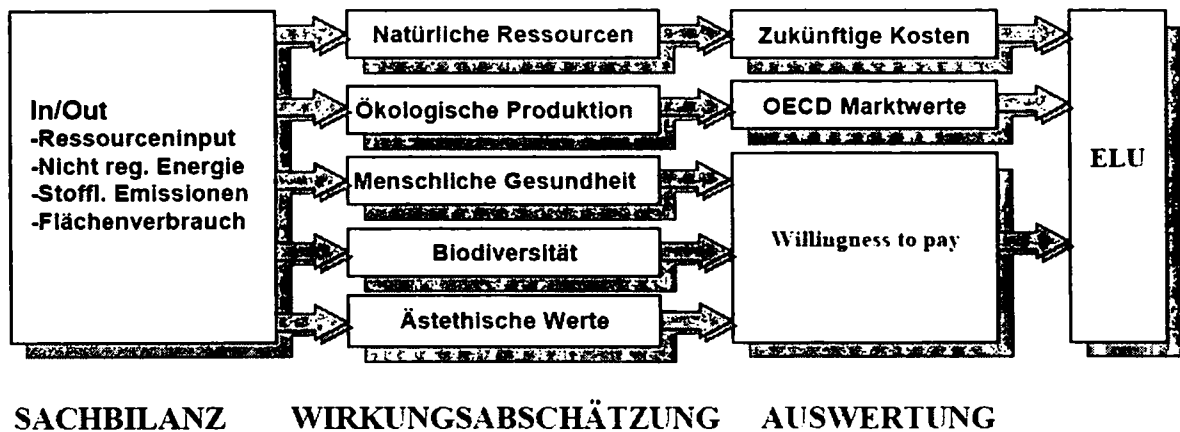


Abb. 4.11: Bilanzierungsschema des Environmental Priority Strategy System [

Innerhalb der Schutzgüter menschliche Gesundheit, Produktivität von Ökosystemen und Biodiversität werden die Schäden von Luft- und Wasserschadstoffen bezüglich der aufgelisteten Indikatoren (Lebenserwartung usw., Beeinträchtigung von Ernten, Artenverlust (NEX)) quantifiziert. So tragen CO₂-Emissionen bei zur Reduktion der Lebenserwartung infolge von Temperaturstress, Hunger, Hochwasser und Malaria, zu schweren und mittelschweren Krankheiten infolge von Hunger und Malaria, zu einer Beeinflussung der Erträge aus Ökosystemen infolge von Wüstenbildung, Temperaturerhöhung in Waldgebieten und durch CO₂-Düngeeffekte und zu Artenverlust infolge einer zu schnellen Klimaänderung. Diese Methode wurde speziell für die Bewertung von Produktökobilanzen entwickelt, um mit Hilfe einer ökologischen Produktgestaltung und -entwicklung eine „nachhaltige Entwicklung“ zu unterstützen [148].

e) *Wirkungsorientierte Methode (CML-Ansatz)*

Die wirkungsorientierte Methode (CML-Ansatz) wurde am Zentrum für Umweltwissenschaften der niederländischen Universität Leiden in enger Kooperation mit der SETAC entwickelt. Bei dieser Methode werden zunächst die zu berücksichtigenden Umweltauswirkungen, wie z.B. Humantoxizität, Treibhauseffekt und Ozonabbau, definiert. Dann wird der Beitrag jeder Umwelteinwirkung, z.B. Schadstoffemission, zu jeder einzelnen Umweltauswirkung bestimmt. Das Modell gliedert sich in 5 Komponenten, wobei für den eigentlichen Bewertungsvorgang nur die Komponenten 2-4 relevant sind.

1. Zieldefinition: legt Ziele und Randbedingungen fest.
2. Sachbilanz: bestimmt den Prozessbaum und ermittelt die aus den beteiligten Prozessen resultierenden Umwelteinwirkungen.
3. Klassifizierung: ordnet die Umwelteinwirkungen den in der Umwelt bewirkten Effekten zu.

4. Bewertung: gewichtet die einzelnen Umwelteffekte zum Zweck der ökologischen Gesamtbeurteilung einer wirtschaftlichen Aktivität.
5. Verbesserung: gibt Ansätze zu ökologisch motivierten Verbesserungen der untersuchten wirtschaftlichen Aktivität [149].

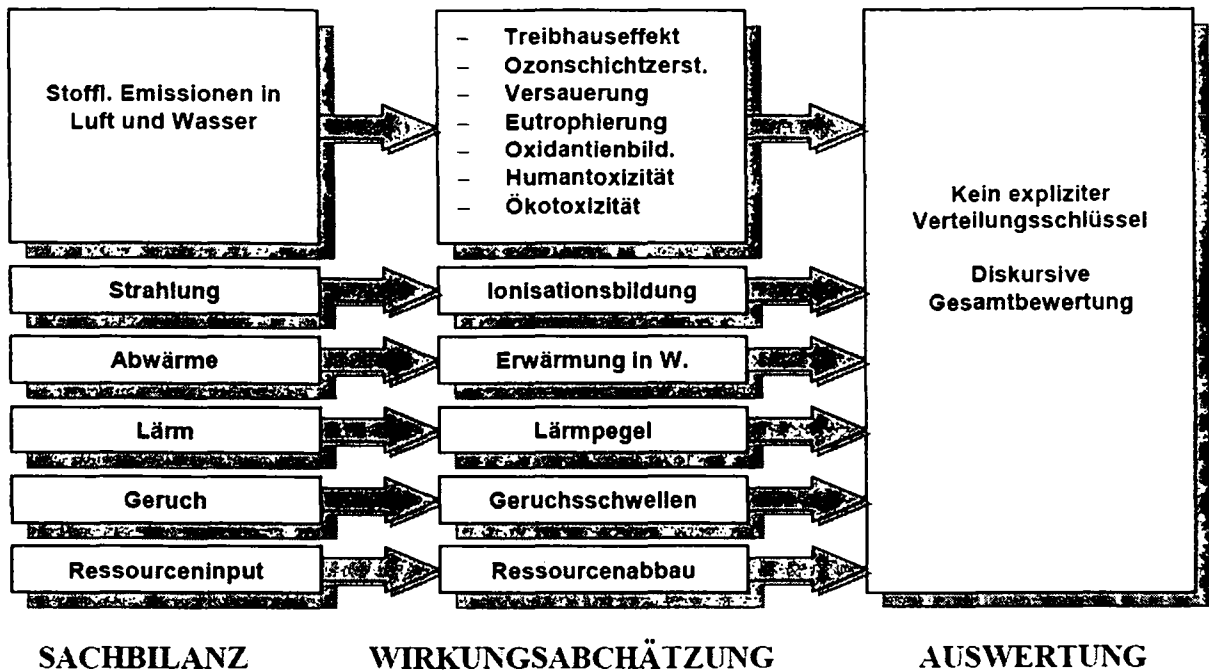


Abb. 4.12: CML-Methode

Dieser Beitrag wird ausgedrückt durch einen Äquivalenzfaktor, mit dem man die jeweilige Umweltauswirkung multipliziert, und so ihren Anteil an den verschiedenen Umweltauswirkungen erhält. Die verschiedenen Umweltauswirkungen werden dann mittels einer qualitativen oder quantitativen Multikriterienanalyse gegenseitig gewichtet. Die Multikriterienanalyse ist die eigentliche Bewertung, wobei unterschiedliche Gewichtungsmethoden herangezogen werden können. Hierzu ein Beispiel:

1 kg Methan (CH₄) besitzt die gleiche Treibhauswirkung wie 21 kg Kohlendioxid (CO₂). Somit werden die Methanemissionen gegenüber dem Kohlendioxid mit dem Faktor 21 gewichtet. Innerhalb der Wirkungskategorie Treibhauseffekt werden die emittierten Mengen der einzelnen Stoffe, multipliziert mit dem jeweiligen Gewichtungsfaktor, summiert und in CO₂ - Äquivalenten ausgedrückt.

Die CML-Methode entspricht im Aufbau, d.h. Sach-, Wirkungsanalyse und Gesamtbewertung, den Normierungen der ISO - Reihe 14040ff. Vor allem in den Niederlanden findet die Methode Anwendung und wird fortlaufend entwickelt. Zur Ableitung der in der Multikriterienanalyse verwendeten Gewichtungsfaktoren sind Ansätze benutzt worden, die z. T. sehr speziell auf die niederländische Situation zugeschnitten sind. Die Anwendung dieser Methodik gestaltet sich daher außerhalb der Niederlande als nicht ganz unproblematisch.

f) Tellus-Modell

Das Tellus-Modell wurde vom Tellus Institut in Boston (USA) vor dem Hintergrund extrem großer Abfallmengen und knapper werdenden Deponievolumina als Möglichkeit umweltbedingte Entsorgungskosten für verschiedene Handlungsalternativen unter ökologischen Gesichtspunkten gegeneinander abzuwägen entwickelt [150].

Das Modell kombiniert Ökologie und Ökonomie, indem es externe Kosten der Entsorgung direkt den betriebswirtschaftlichen Kosten zurechnet (Internalisierung). Die Bewertung bzw. der Vergleich verschiedener Alternativen erfolgt schließlich über die ermittelten Kosten der Entsorgung.

Derzeit beschränkt sich das Tellus-Modell auf die Bewertung produktspezifischer Abfallströme. Für differenzierte Fragestellungen der ökologischen Produktbewertung muss das Modell entsprechend adaptiert werden.

Das Tellus-Modell berücksichtigt Emissionen in die Luft sowie in Grund- und Oberflächenwässer. Für diese werden jene Kosten bestimmt, die aufgewendet werden, um Schadstoffe zurückzuhalten bzw. emissionsbedingte Umweltschäden zu verhindern. Diese so genannten Grenzkosten orientieren sich allerdings nicht am technisch Machbaren (Stand der Technik), sondern an gesellschaftlich akzeptierten Kosten zur Verhinderung der Umweltbelastung. Berechnungsbasis sind demnach geltende Rechtsvorschriften.

Tellus-Modell bedient sich der strengsten existierenden rechtlichen Regelungen. Es berechnet für gefährliche Schadstoffe und Treibhausgase jene Kosten technischer Maßnahmen, die zur Einhaltung der Umweltgesetze notwendig wären.

Über die Multiplikation der Schadstoffmenge mit den ermittelten Kosten und der Summation aller Schadstoffklassenkosten erhält man einen vollaggregierten Zahlenwert.

g) Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS)

Im Jahr 1992 wurde vom Wuppertalinstitut für Klima, Umwelt und Energie erstmals vorgeschlagen, als Maß für die spezifische Umweltbeanspruchung eines Produktes den gesamten Materialaufwand, der zur Herstellung, Nutzung und Entsorgung des Produktes notwendig ist, einzusetzen. Dazu gehören auch jene Materialmengen, welche anteilmäßig für Transporte, Infrastrukturen (Straßen, Eisenbahnlinien, Telefonnetze...) und Anlagen aufgewendet werden müssen, welche die Erzeugung und Verteilung des Produktes ermöglichen. Der Energieaufwand wird insofern berücksichtigt, als die Materialbewegungen zur Deckung des Energiebedarfs mit eingerechnet werden [151].



Abb. 4.13: Prozess-Schema der MIPS-Methodik

Das Ziel ökologisch günstiger Produktentwicklungen sind geringe MIPS-Werte im Vergleich zu anderen, bisherigen bzw. alternativen Produkten und Dienstleistungen. Folglich ist das ökologisch günstigste Produkt das mit dem geringsten MIPS-Wert. Die Devise lautet: "Dematerialisierung der Dienstleistungen" bzw. mehr Dienstleistung entwickeln mit weniger Materialverbrauch: Jede Energie, jedes Material, jedes Produkt hat einen so genannten "ökologischen Rucksack". Das heißt, um eine bestimmte Menge Energie, ein Kilogramm Material "X" oder ein bestimmtes Produkt zu bekommen, wird eine bestimmte Menge an

Umwelt - Luft, Wasser, Material - verbraucht. In der Konsequenz heißt das: Es gibt kein 'unschuldiges' Material oder Ding; alles was wir gebrauchen, schleppt sein Päckchen verbrauchter Umwelt mit sich, ohne dies von sich aus auszuweisen. Deshalb gelte es, den "ökologischen Rucksack", d.h. den Umweltverbrauch neben dem eigentlichen Material mit einzubeziehen. Die gesamte "Materialintensität" von Materialien soll bestimmt werden. Wenn zu einem Produkt die gesamte Materialintensität seines Zustandekommens berechnet wird, ist der erste große Schritt vollzogen, um eine ökologische Bemessung nach MIPS durchzuführen.

$$MIPS = \frac{\text{Gesamtmaterialinput}}{\text{Serviceeinheit}} = \frac{\sum_{i=1}^n (M_i \cdot MIM_i)}{S}$$

M_i	eingesetztes Material (Stahl, Holz etc.)
MIM_i	Materialintensität des Materials - ökologischer Rucksack
$MIPS$	Materialinputs pro Serviceeinheit
S	Serviceeinheit (Auto, Wohnung, Orangensaft etc.) mit:
$S = n \times p$	
n	Anzahl der Benutzungen, Dienstleistungen (für Konsumprodukte $n=1$)
p	Anzahl der Personen, die das Produkt gleichzeitig nutzen (z.B. p Personen leben n Jahre in einer Wohnung)

Als Nachteil bei dieser Methode wird bezeichnet, dass der spezifische Flächenverbrauch für industrielle sowie land- und forstwirtschaftliche Aktivitäten nicht berücksichtigt wird und dass kein unmittelbarer Bezug zu Fragen der biologischen Vielfalt hergestellt wird.

h) KEA-Konzept – Konzept des kumulierten Energieaufwandes

Das KEA - Bewertungskonzept wurde vom Verein Deutscher Ingenieure VDI entwickelt [152]. Definitionsgemäß gibt der kumulierte Energieaufwand die Gesamtheit des primärenergetisch bewerteten Aufwands an, der im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines ökonomischen Gutes (Produkt oder Dienstleistung) entsteht bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden kann. Dieser Energieaufwand stellt die Summe der kumulierten Energieaufwendungen für die Herstellung (KEA_H), die Nutzung (KEA_N) und die Entsorgung (KEA_E) des ökonomischen Gutes dar.

$$KEA = KEA_H + KEA_N + KEA_E$$

Der kumulierter Energieaufwand für die Herstellung KEA_H erfasst Energieaufwendungen, die sich bei der Herstellung selbst sowie bei der Gewinnung, Verarbeitung, Herstellung und Entsorgung der Fertigungs-, Hilfs- und Betriebsstoffe und Betriebsmittel ergeben.

Der kumulierter Energieaufwand für die Nutzung KEA_N berücksichtigt den Betriebsenergieverbrauch, den Energieaufwand für die Herstellung und Entsorgung von Ersatzteilen, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie von Betriebsmitteln, die für Betrieb und Wartung erforderlich sind.

Der kumulierter Energieaufwand für die Entsorgung KEA_E ist die Summe der Energieaufwendungen zur Bereitstellung der Entsorgungseinrichtungen, der eigentlichen Entsorgung des Produktes, aber auch der produktbedingten Hilfs- und Betriebsstoffe.



Abb. 4.14: Kumulierter Energieaufwand

KEA ist also die Summe aller primärenergetisch bewerteten Leistungen, vom Rohstoff in der Lagerstätte bis zur Deponie, die zur Erstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung erforderlich sind. Durch die ausschließliche Berücksichtigung energiebezogener Daten versteht sich das Modell als integrativer Bestandteil einer Ökobilanz bzw. einer Lebenszyklusanalyse. Eine wichtige Voraussetzung für die Berechnung des kumulierten Energieaufwandes ist die eindeutige Festlegung der Bilanzgrenzen vor dem Untersuchungsbeginn.

Für den betrachteten Bilanzraum werden grenzüberschreitende Energie- und Stoffströme erfasst. Die Stoffbilanz ist Grundlage für die Ermittlung stofflich bedingter Energieverbräuche. So müssen einem Rohstoff neben der für seine Bereitstellung benötigten Energie (Gewinnung, Aufbereitung, Transport etc.), auch Energieverbräuche aus Prospektion, Exploration und Errichtung von Transportwegen und Anlagen usw., anteilmäßig zugerechnet werden.

Energetische Aufwendungen teilen sich in den direkten prozessbedingten Energieeinsatz und den indirekten, nur über Schlüssel und Abschreibung zuweisbaren Aufwand, der für die Bereitstellung der diesen Prozess betreibenden Geräte, Maschinen und Anlagen und die Konditionierung des Umfelds notwendig ist (Heizung, Beleuchtung, Verwaltung etc.).

Ziel dieser Bilanzierung ist die Erstellung eines Materialstammbaumes. Vom Endprodukt ausgehend untersucht man den Energieverbrauch für jeden Teilstrom des Produktionsganges bis hin zum Rohstoff in der Lagerstätte.

Ergebnis dieses Bewertungsmodells ist der kumulierte Energieaufwand eines Produktes oder einer Dienstleistung in Kilojoule bzw. Wattstunden. Neben einem Vergleich mit möglichen Entscheidungsalternativen liefert dieser quantifizierte Wert Hinweise auf:

- die energieoptimierte Wahl der Werkstoffe und der Prozesstechnik
- die energetische Bedeutung von Kreislaufführung und Recycling
- die energieoptimierte Nutzungsdauer ökonomischer Güter

i) Eco-Indicator 95

Zielsetzung des Eco-Indicators ist es, die Umweltauswirkungen eines Prozesses oder eines Produkts anhand einer vollaggregierten Größe zu beschreiben.

Die Methode Eco-Indicator 95 richtet sich nach den Prinzipien der SETAC für Ökobilanzen. Dies bedeutet, dass aus der Sachbilanz zuerst eine Wirkbilanz erstellt wird und mit dieser eine Bewertung durchgeführt wird. Dabei werden die folgenden Wirkungen betrachtet, wobei die hier dargestellte Reihenfolge der Wirkungen keine ökologische Wertigkeit darstellen soll:

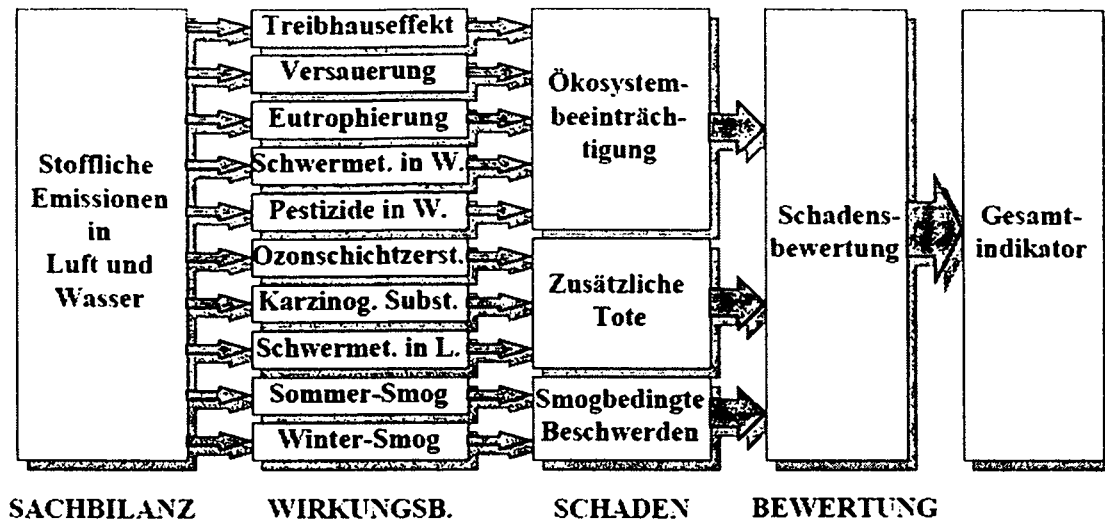


Abb. 4.15: Schematische Darstellung der Eco - Indikator 95

Die Gewichtung erfolgt aufgrund der weltweit emittierten Stoffe und der für eine nachhaltige Entwicklung notwendigen Reduktion der jeweiligen Stoffe. [152] Die Dimensionen der notwendigen Reduktionen basieren auf dem Bericht "The Environment in Europe" des niederländischen Instituts für Gesundheit und Umweltschutz [153]. In diesem werden zukünftige Entwicklungen der europäischen anthropogenen Stoffflüsse berechnet. Im Rahmen der Bewertung werden die einzelnen Kategorien derart gewichtet, dass diese auf einer einzigen Skala dargestellt werden können (Vollaggregation). Die Summe der Belastungen in einer bestimmten Kategorie entspricht immer dem entsprechenden Eco-Indikator. Der Eco-Indikator 95 stellt somit eine Kennzahl der gesamten Umweltbelastungen dar. Je höher der Eco-Indikator ist, desto größer sind die Umwelteinflüsse.

Diese Bewertungsmethode soll bei der Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeit der Ingenieure innerhalb der Unternehmen genutzt werden. Sie ist nicht entwickelt worden für einen öffentlichen Vergleich von Produktalternativen oder für die Vergabe von Umweltzeichen.

Der Eco-Indikator-Ansatz trennt zwischen Sachbilanz, Wirkungsanalyse und Bewertung und ist explizit für den Bezugsraum Europa entwickelt worden. Die Ermittlung der Gewichtungsfaktoren ist schwer nachzuvollziehen. Auch ist der Versuch, für eine Wirkungskategorie äquivalente Schäden zu definieren - selbst nach Meinung der Autoren - ein sehr subjektiver Schritt.

Eine Weiterentwicklung dieser Methode ist der *Eco-Indikator 99*. Die Anzahl der zu betrachtenden Wirkungskategorien wurde hier auf die menschliche Gesundheit, die Ökosystemqualität und den Ressourcenverbrauch reduziert. Der Designer eines Produktes ist damit in der Lage, in kurzer Zeit eine Ökobilanz für sein Produkt zu erstellen.

Abschließend ist nach der Betrachtung der Bewertungsmethoden festzuhalten, dass das Fehlen von allgemein anerkannten Methoden der Umweltdiagnose zur Folge hat, dass die im öffentlichen Interesse geforderten und geförderten Umweltmaßnahmen nicht immer

ökologischen Zielsetzungen gerecht werden, da es zwangsläufig zu ungewollten oder auch gewollten Fehlinterpretationen über die ökologische Wirksamkeit von Maßnahmen kommt.

Unterschiedliche Maßnahmen der Verbesserung miteinander zu vergleichen, ist ohne eine Gesamtbewertung nicht möglich. Gesamtbewertung heißt dabei, dass die unterschiedlichen Wirkungskategorien ins Verhältnis zueinander gesetzt werden müssen. Solange die Bewertungen aber nicht genormt sind, werden verschiedene Prüfer weiterhin zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen [154].

Bei allen qualitativen Bewertungsverfahren ist zwangsläufig ein relativ großer subjektiver Bewertungsspielraum gegeben, da die Umwelteinwirkungen verschiedener umweltrelevanter Faktoren „relativ“ nach besonders dringlichen, weniger akuten und untergeordneten Belastungsimpaktoren abgestuft werden. Mit der relativen Abschätzung soll dem Tatbestand Rechnung getragen werden, dass die Bewertung der Umwelteinwirkungen eines Unternehmens nie mit naturwissenschaftlicher Exaktheit erfolgen kann, da Umweltphänomene regelmäßig äußerst komplex und schwer abschätzbar sind. Des Weiteren können von einer Reihe der vorgestellten Bewertungsmethoden die Erwartungen der Industrieunternehmen an Ökobilanzen hinsichtlich der ökologischen Optimierung der Produkte, Verfahren und Produktionsprozesse nicht vollkommen befriedigt werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Zweck von einigen Bewertungsmethoden darin liegt, entweder eine Aussage über die Umweltverträglichkeit des Produktes über den gesamten Lebensweg zu geben (z.B. MIPS, KEA) oder zu einem Produktvergleich (z.B. Modell der kritischen Belastungsmengen, Bewertung durch Umweltbelastungspunkte, UBA-Methode, CML-Modell) beizutragen. Je höher das Datenmaterial aggregiert wird, desto geringer ist die Aussagekraft im Hinblick auf konkrete Verbesserungsoptionen im Produktionsprozess.

Einige Bewertungsmethoden, wie z.B. das Tellus-Modell, führen zwar unternehmensbezogene Bewertungen durch, jedoch findet keine ganzheitliche Betrachtungsweise des Produktionsprozesses, sondern nur eine stoffflußorientierte Betrachtungsweise des Produktionsprozess statt [155].

4.11 Verwendung der Ökobilanz im UMS

Die Überschneidungspunkte von Umweltmanagementsystemen mit Ökobilanzen sind vielfältig. Der besondere Nutzen einer Ökobilanzierung für Umweltmanagementsysteme wie EMAS besteht in der Bereitstellung einer umfassenden und objektiven Analyse von Umwelteffekten.

Durch die im Rahmen von EMAS geforderte Quantifizierung von Umweltaspekten sowie zur Darstellung der kontinuierlichen Verbesserung der Umweltleistung ist ein System zur *Messbarkeit* von Umweltaspekten, *Umweltwirkungen* und *Umweltleistungen* notwendig. Die Ökobilanzierung erfüllt dies.

Zur *Unterstützung der strategischen Planung* durch die Darstellung von Verbesserungspotentialen stehen in der Ökobilanz aussagekräftige Indikatoren zur Verfügung, die konkrete Umweltwirkungen vergleichbar machen, ohne dass betriebliche Stoffströme bis ins Detail veröffentlicht werden müssen.

Von besonderer Bedeutung ist auch die *Datenbereitstellung und -bewertung*. Es werden im Rahmen einer Ökobilanzierung alle relevanten Daten erfasst und aufbereitet, um einen hochwertigen Umweltbericht verfassen zu können.

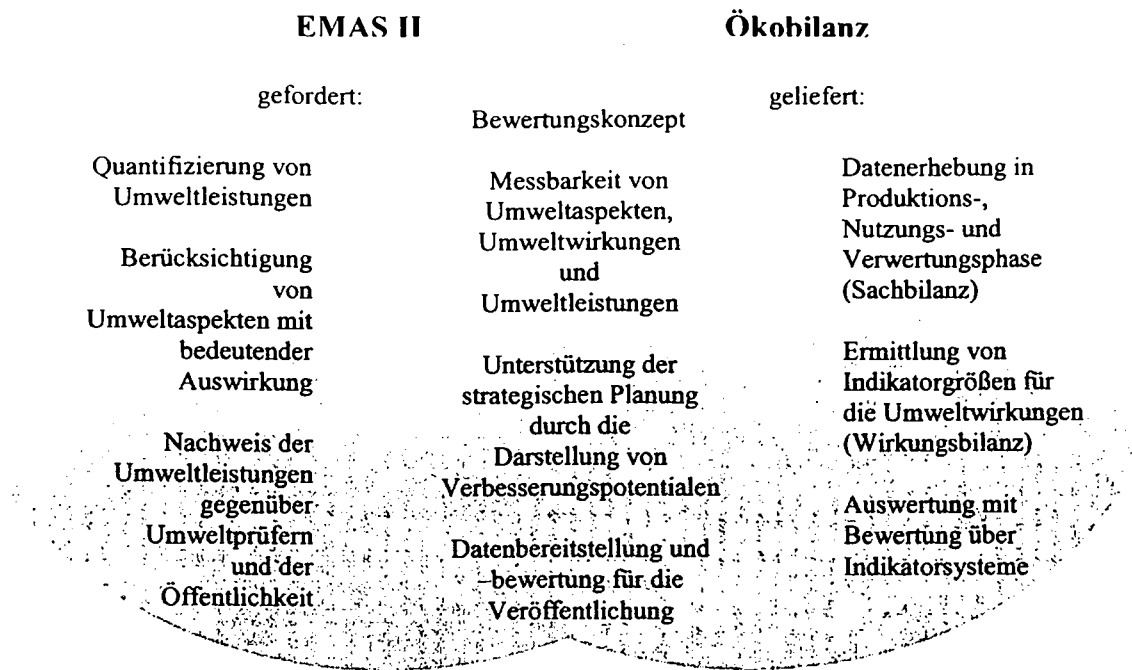


Abb.4.16: Ergänzungspunkte von EMAS und Ökobilanzen

Gezielte *Schwachstellenanalysen* auf Basis der Ökobilanzergebnisse liefern Ansatzpunkte zur bestmöglichen Verbesserung der Umweltleistung bei minimalem finanziellem Aufwand.

Die *Entscheidungsunterstützung* für das Management und für strategische Planungsabteilungen ist neben dem Bereich Marketing ein wichtiger Einsatzort von Ökobilanzergebnissen.

Das Öko-Audit und die Ökobilanzen sollten sich ergänzen; die Ökobilanzen liefern die Informationen und bilden die Datenbasis, EMAS trifft die Entscheidungen und koordiniert. Die Regelungen wären dann aufeinander abzustimmen.

4.12 Ökobilanzen als unternehmerische Entscheidungshilfen

Die Bewertung der Ergebnisse von Ökobilanzen muss dem Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung folgen, das immer das Kräftefeld Ökologie-Ökonomie-Soziales betrachtet.

Hierbei bestehen unterschiedliche akteursspezifische Interessenlagen. Aus Industriesicht ist das Interesse klar, denn Unternehmen

- führen die meisten Ökobilanzen durch,
- identifizieren ökologische Schwachstellen oder ungenutzte Optimierungspotentiale,
- nutzen Ökobilanzen als Kompass für die Entwicklung langfristig nachhaltiger Strategien.

Ökobilanzen ermöglichen Unternehmen eigenständige bzw. interne ökologische Optimierung ihrer Produkte und bieten die Chance, Partner entlang der Lieferkette mit dem Ziel einer Gesamtoptimierung der Produkte einzubinden. Schließlich bieten sie auch Chancen in der Kommunikation mit der Öffentlichkeit und den Verbrauchern, der Politik und den gesellschaftlichen Interessengruppen. Ökobilanzen können also einen Beitrag zu nachhaltigem Wirtschaften leisten, indem sie komplexe Produktsysteme analysieren und Handlungsoptionen identifizieren.

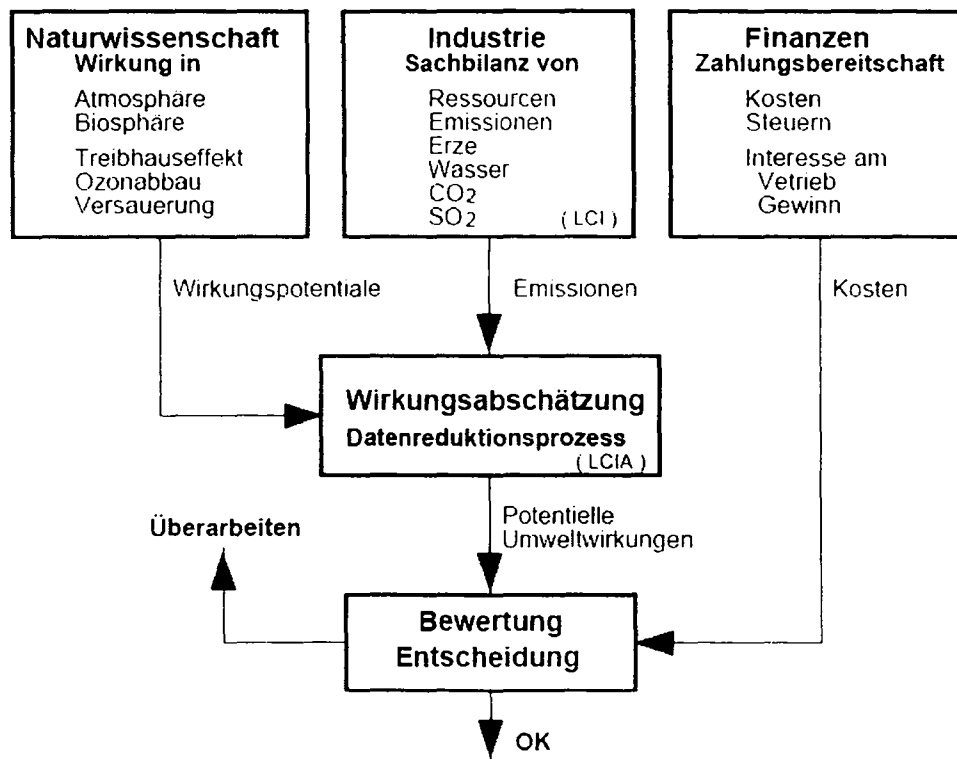
Entscheidungen über die Gestaltung von Produkten und Prozessen sind dabei das Ergebnis der Abwägung von Pro und Contra jeder einzelnen technologischen Gestaltungsoption und zwar in ökonomischer, ökologischer, sozialer und technischer Hinsicht.

Für die im Anschluss an eine Ökobilanz zu treffende Entscheidung, ob und welche Umweltauswirkungen primär angegangen werden, wo also Kapital, Wissen und Zeit in Veränderungen von Produkten und Prozessen investiert werden, kann sich daher nicht allein an ökologischen Gesichtspunkten orientieren. Ausschlaggebend sind vielmehr auch

- die Fähigkeit des Unternehmens, die jeweilige Umweltauswirkung direkt und konkret zu beeinflussen,
- die relativen Kosten der Einflussnahme auf die jeweiligen Umweltauswirkungen,
- die konkreten rechtlichen und gesellschaftlich-politischen Rahmenbedingungen unter denen das Unternehmen agiert, und
- die spezifische Form der Nutzung des Produkts durch den Verbraucher.

Für einen ökologisch und ökonomisch effizienten Einsatz von Ökobilanzen in den Unternehmen ist somit die Entsprechung zwischen

- dem ökologischen Profil des untersuchten Systems,
- den technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten des Unternehmens, diese zu gestalten, und
- den angewandten Analyseverfahren
- der entscheidende "Erfolgsfaktor".



Datenquellen und -flüsse in einer Ökobilanz

In dieser einzelfallspezifischen Vorgehensweise liegt auch in gesamtwirtschaftlicher Perspektive der entscheidende Nutzen des Instruments Ökobilanzen. Vor diesem Hintergrund kann es auch kein einheitliches Bewertungsverfahren geben, das in der Lage wäre, den Bedürfnissen der Unternehmen bei der Verbesserung ihrer Produkte zu helfen [156].

4.13 Schlussfolgerungen und Zukunftsaspekte

Ökobilanzen stellen eine bedeutend methodische Entwicklung der Produktbewertung dar. Sie fassen insbesondere die bisher vorherrschenden Betrachtungsweisen und den weitgehend sektoralen Blick auf Einzelaspekte hinsichtlich bestimmter Gefahrenstoffe, Schadstoffe und Lärmemissionen oder Abfallbelastungen zusammen.

Gegenwärtig wird der Begriff Ökobilanz häufig noch schlagwortartig und pauschalierend häufig ohne Verbindung mit den eingeschränkten jeweils verfolgten Untersuchungszielen benutzt. Auf der einen Seite bestehen unrealistische optimistische Erwartungen über den umweltpolitischen Nutzen dieses Instrumentes und seine Anwendbarkeit im Dienst der Umweltpolitik. Auf der anderen Seite besteht die Gefahr von Entscheidungsschwächen oder eines überzogenen zweckgeleiteten Pessimismus, der darauf abzielt, mit dem Hinweis auf fehlende wissenschaftliche Fundierung einzelner Ökobilanzen notwendige und sinnvolle Umweltschutzmaßnahmen zu verzögern.

Ökobilanzen können politische und ökonomische Entscheidungen vorbereiten, unterstützen und präzisieren, sie können sie aber nicht ersetzen.

Vorteile	Nachteile
1. Unternehmensführung in den Bereichen Produktgestaltung, Marketing und Produktbewertung	1. teuer und zeitaufwendig durch kontinuierliche Datenerfassung
2. Vergleichbarkeit der ökologischen Auswirkungen verschiedener Produkte (Umweltkennzahlen)	2. problematische Datenerfassung mit genauen Mengenangaben
3. Aufdeckung von betrieblichen, ökologischen Schwachstellen durch Erfassung der Umweltauswirkungen	3. Durchführung der Ökobilanzen unter immer gleichen Gesichtspunkten: - Standardisierte Mess- und Erhebungsverfahren - gleicher Erhebungszeitraum - genaue Trennung Input-, Output- sowie Betriebsbestände - Systemgrenzen müssen klar und einheitlich definiert sein
4. Aufzeigen betrieblicher Optimierungspotentiale	4. Einhaltung des Gleichgewichtes von Technik, Ökologie und Ökonomie in der Ökobilanz
5. Förderung des "Umwelt" - Image	5. Keine einheitlichen Anforderungen für die Erstellung der Ökobilanz – Glaubwürdigkeit!
6. Mittel zur Kommunikation mit der Öffentlichkeit über den unternehmerischen Umweltschutz	6. Fehlende rechtliche Regelungen

Tab. 4.4: Vorteile und Nachteile der Ökobilanzen

Die aktuelle Diskussion bzw. das große Interesse am Thema Ökobilanzen drückt vor allem das Bedürfnis nach mehr Transparenz und präziseren Informationen in der umweltorientierten Produktbewertung aus. Hinzu kommt die Erwartung, mit Hilfe von Ökobilanzen eindeutige

objektive Bewertungen zur Beurteilung strittiger Fragen zu erhalten. Ökobilanzen können das Bedürfnis nach Transparenz erfüllen. Eine objektive Bewertung kann aufgrund der Datenbankbedingungen von Ökobilanzen jedoch nicht erwartet werden.

Von besonderer Bedeutung bei der Weiterentwicklung der Ökobilanzen ist die Lösung des Datenproblems. Beiträge dazu sind vor allem durch die Bereitschaft der Wirtschaft, Primärdaten zur Verfügung zu stellen, und durch eine bessere Dateninfrastruktur, nämlich durch eine Datenbank zu erwarten. Dabei ist die Vertraulichkeit bestimmter Daten zu gewährleisten, um z.B. Wettbewerbsprobleme zu vermeiden.

In der Tab.4.4 wird aufgezeigt, welche Vorteile und Nachteile die Ökobilanzen haben.

Durch die Normen EN ISO 14040ff erhalten Ökobilanzen sowohl eine hohe innerbetriebliche als auch öffentliche Akzeptanz, da das immer bedeutender werdende Qualitätsstreben immer höher Ansprüche an Qualität und Umweltschutz stellt.

Es ist zu hoffen, dass die Idee der Ökobilanz von zahlreichen Betrieben sowie interessierten Kreisen als ein Mittel zur ökologischen Bewertung aufgegriffen wird. Der Verbraucher sollte die ökologische Bewertung in Form einer der Ökobilanz bei seiner Produktentscheidung einfordern, was zu einer deutlichen Entlastung der Umweltsituation führen könnte.

5. Problemlage im Bereich Elektro- und Elektronikaltgeräte

Es wird zu wenig gespart und für den Umweltschutz getan, die Bodenschätze werden zu schnell - ohne Rücksicht auf zukünftige Generationen - ausgebeutet. Eindeutige Pflicht einer Regierung, die Treuhänder sowohl der ungeborenen Generationen als auch der gegenwärtigen Bürger ist, die erschöpfbaren, natürlichen Ressourcen eines Landes zu überwachen und sie falls erforderlich durch - Gesetz vor überstürzter, rücksichtsloser Ausbeutung zu schützen.

Wealth and Welfare

Arthur Cecil Pigou

britischer Ökonomieprofessor

5.1 Umweltbelastung durch industrielle Produktion und Produkte

Im Kapitel "Umweltmanagement" wurde deutlich gezeigt, dass Konsum und Produktion zwangsläufig mit Ressourcenverbrauch, Emission und Abfallerzeugung einhergehen. Industriell gefertigte Produkte können daher niemals "umweltschützend" im eigentlichen Sinn sein, sondern "umweltschonend" relativ zu vergleichbaren Produkte, d.h. eine relative Schonung und Entlastung des ökologischen Systems bewirken [157]. Eine Ware ist folglich ökologisch, wenn sie "gegenüber einem herkömmlichen Produkt den gleichen Gebrauchsnutzen erfüllt, aber bei Herstellung, Verwendung und Vernichtung eine geringere Umweltbelastung hervorruft."

Zur Senkung der Umweltbelastungen durch industrielle Produktion und Produkte stehen zwei Technologien zur Verfügung: additive Umweltschutztechnologien und integrierte Technologien.

Additive Verfahren umfassen Maßnahmen zur Verminderung von Umweltbelastungen. Dabei wird versucht, die im Rahmen der Produktion weiterhin entstehende Umweltbelastungen durch nachgelagerte Anlagen bzw. Maßnahmen (end-of-the-pipe Technologien) zu vermindern.

Der Integrierte Umweltschutz hingegen umfasst die umweltfreundliche oder - verträgliche Produktion und Verwendung von Produkten insgesamt. Zudem sind die Produkte so zu gestalten, dass Schadstoffe vermieden und/oder zumindest vermindert werden können. Neben emissionsarmen Techniken, Verfahren und Stoffen werden auch die Planung und das betriebliche Management erfasst.

Unter produktionsintegriertem Umweltschutz wird eine industrielle oder gewerbliche Produktion mit dem Ziel einer Minimierung der im Prozess entstehenden Schadstoffe und Reststoffe und deren weitgehende Verwertbarkeit sowie die Minimierung des Verbrauchs an Brenn- und Einsatzstoffen verstanden. Der produktionsintegrierte Umweltschutz hat betriebliche Vorteile: Der Aufwand für eine nachträgliche Verringerung der Emissionen wird gering gehalten, und häufig können Produktionskosten gesenkt werden.

Der produktintegrierte Umweltschutz zielt darauf ab, die schädlichen Auswirkungen von Produkten auf die Umwelt bei Herstellung, Gebrauch und Entsorgung soweit wie möglich zu vermindern. Zur Realisierung dieser ganzheitlichen Denkweise sind insbesondere die für umweltfreundliche Produkte geltenden Anforderungen zu beachten. Beispielsweise kann bereits bei der Entwicklung die spätere Entsorgung vorbereitet werden. So wird ein Recycling zum Schließen von Produktionskreisläufen angestrebt.

Sowohl der produktionsintegrierte als auch der produktintegrierte Umweltschutz sind Bestandteil des integrierten Umweltschutzes. In Abbildung 5.1 sind die Maßnahmen des additiven und des

integrierten Umweltschutzes dargestellt. Dabei werden die einzelnen Maßnahmen bezüglich Komplexität und Erfolgspotenzial einander gegenübergestellt.

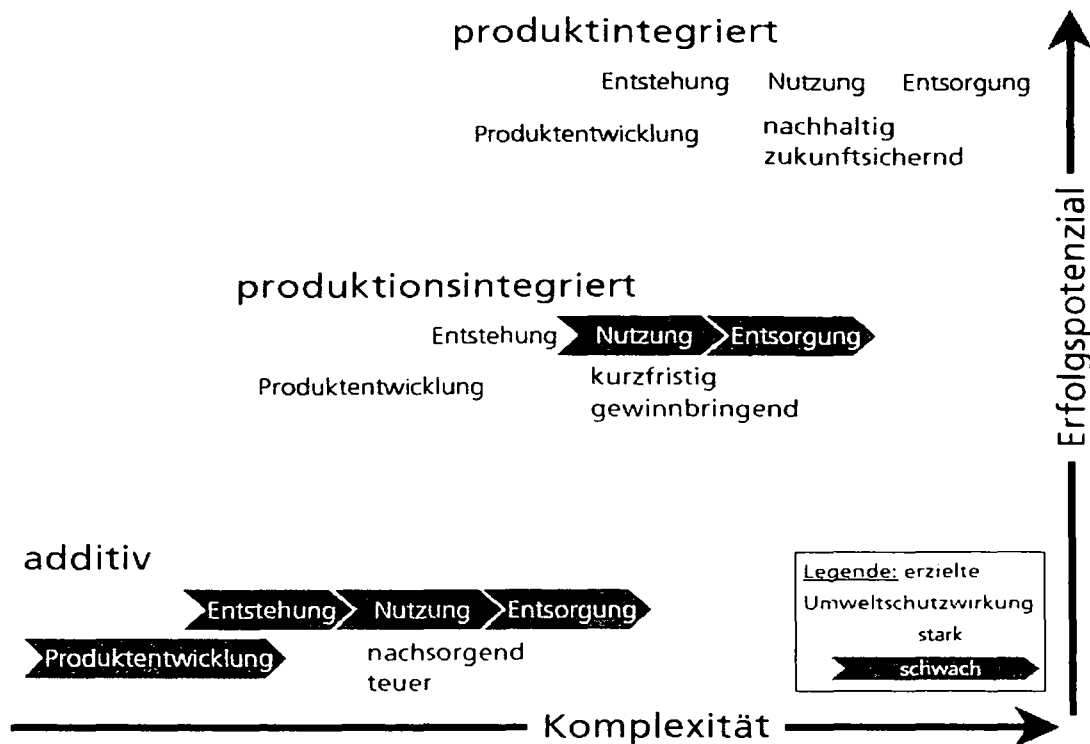


Abb. 5.1: Umweltschutzmaßnahmen

Moderne Ansätze zielen auf eine frühzeitige Berücksichtigung umweltbezogener Aspekte, also bereits in der Produktentwicklung, ab. Die Maßnahmen sollten zukünftig nicht mehr nur nachgeschaltet, also additiv, sondern vielmehr im gesamten Lebenszyklus wirksam, d. h. integriert, sein.

Integrierter Umweltschutz bietet weit reichende Möglichkeiten in seiner Schutzwirkung für die Umwelt sowie signifikante wirtschaftliche und strategische Vorteile.

Im produktionsintegrierten Umweltschutz sind in der Industrie in den vergangenen Jahren große Erfolge erzielt worden. Der produktintegrierte Ansatz bietet ein noch wesentlich höheres Potenzial. Allerdings ist dieser Ansatz wegen der komplexeren Betrachtung des gesamten Lebenszyklus mit höherem Aufwand verbunden [158].

5.2 Rechtliche Vorgaben bezüglich des Produktes

Die relevanten gesetzlichen Anforderungen werden im Wesentlichen aus drei Gesetzen abgeleitet: dem Produkthaftungsgesetz, welches vor allem den Schadensausgleich für Schäden aufgrund fehlerhafter Produkte bearbeitet, dem Produktsicherheitsgesetz, welches gebietet nur sichere Produkte in Umlauf zu bringen, und dem sehr bedeutsamen Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-AbfG).

Das Ziel des *Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes* ist die Schonung natürlicher Ressourcen und die umweltverträgliche Beseitigung von Abfällen (KrW-AbfG §1) unter Einhaltung der Grundsätze der Kreislaufwirtschaft. Das bedeutet, dass Abfälle primär zu vermeiden und sekundär stofflich oder energetisch zu verwerten sind. Eine Maßnahme zur Abfallvermeidung ist die abfallarme Produktgestaltung.

Abgeleitet aus dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW- AbfG §§24, 26) ergibt sich die Befähigung für die Bundesregierung, Rücknahme- und Rückgabepflichten für bestimmte Produkte zu erlassen. Diese sind beispielsweise die Verpackungsverordnung mit dem Ziel der Vermeidung von Verpackungsabfällen, die Altauto-Verordnung oder die Entwürfe zur Elektronik-Schrott-Verordnung.

Die Altauto-Verordnung über die Vermeidung, Verringerung und Verwertung von Abfällen aus der Kraftfahrzeugentsorgung von 1997 verpflichtet den Hersteller von Kraftfahrzeugen zur Rücknahme und Verwertung. Damit zielt die Verordnung neben der stofflichen Verwertung, soweit diese technisch möglich ist, auch auf eine Wiederverwendung einzelner Bauteile ab [159]. Diese Regelungen werden zurzeit wesentlich erweitert, da im Dezember 2001 ein *Gesetzesentwurf zur Entsorgung von Altfahrzeugen* aufgrund einer EU-Altfahrzeugrichtlinie verabschiedet wurde. Der Gesetzesentwurf besagt, dass Hersteller und Importeure künftig zur Rücknahme der Altfahrzeuge über ein (einzurichtendes) flächendeckendes Rücknahmesystem verpflichtet sind. Dabei ist die Verwertungsquote von 85 % (ab 2006) auf 95 % (ab 2015) zu steigern und die Recyclingquote von 80 auf 85 % zu erhöhen. Zusätzlich werden bei der Herstellung von Fahrzeugen und Bauteilen ab Juli 2003 bestimmte gefährliche Stoffe, wie Blei und Quecksilber, verboten sein. Somit wird es sich für Fahrzeughersteller auch wirtschaftlich rentieren, gut recycelbare Autos zu konstruieren [160].

Zu Beginn der 90er Jahre ist das Problem des Elektronikschrotts ins Blickfeld gerückt. Seitdem werden in vielen Ländern Überlegungen angestellt, um die Verwertung und umweltgerechte Entsorgung dieses Abfallstromes voranzubringen.

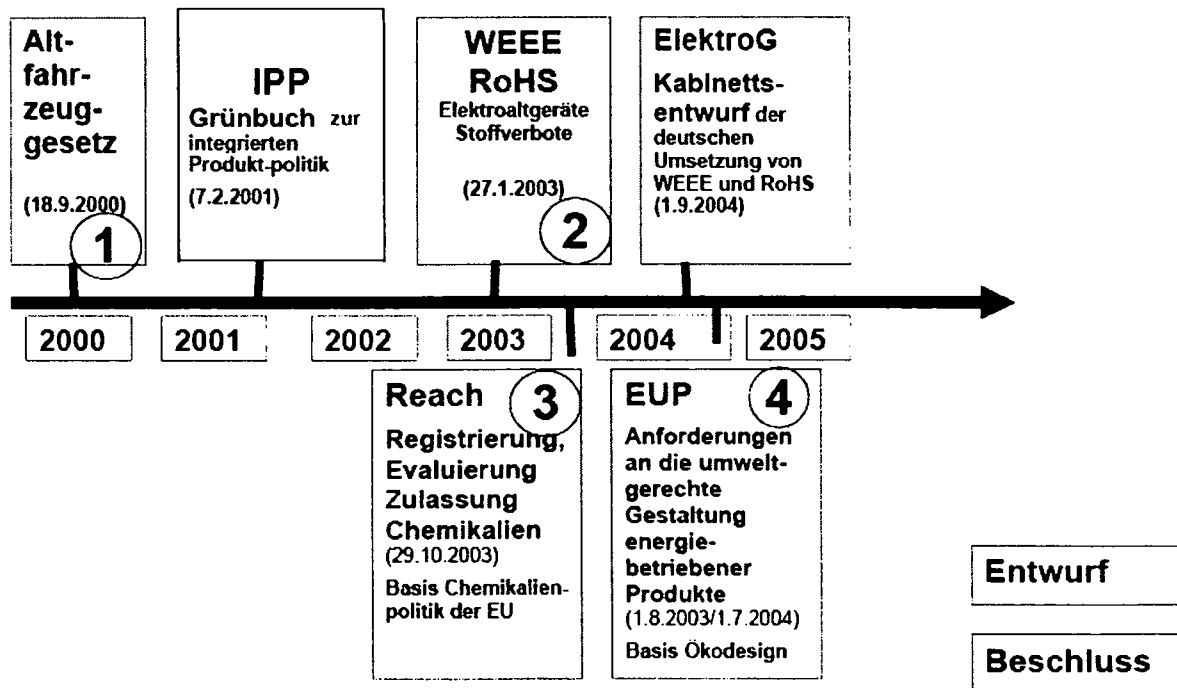


Abb. 5.2: Weltweite schrittweise Umprofilierungen der Elektro- und Elektronikindustrie in Richtung umweltgerechterer Produkte und Prozesse

Der Elektronikschrott hat zwar an den Abfallströmen der EU-Mitgliedsstaaten noch einen vergleichbar geringen Anteil, jedoch stellt dessen Entsorgung und Verwertung ein zunehmendes Problem dar. Deshalb wurde Elektronikschrott von der EU in die Liste der prioritären Abfälle aufgenommen.

In Österreich fallen Jahr für Jahr etwa 100.000 - 120.000 Tonnen Elektro- und Elektronikaltgeräte an. Rund die Hälfte davon stammt aus Haushalten oder haushaltähnlichen Einrichtungen. Die jährliche Zunahme beträgt 3 %, was zu einer Verdoppelung der Menge in den nächsten drei Jahrzehnten führen wird, sofern man diesem Trend nicht gegensteuert. Europaweit wird der Umfang an Elektronikschrott mit ca. 10 Mio. Tonnen beziffert, weltweit liegen die momentanen Schätzungen bei 36 Mio. Tonnen.

Immer mehr elektrische und elektronische Geräte mit immer kürzerer Nutzungsdauer schaffen auch immer mehr E-Schrott. Am kürzesten ist die Nutzungsdauer auf dem Gebiet der PCs und der Unterhaltungselektronik. Bereits nach zwei Jahren sind die Geräte meist veraltet und werden gegen neue, immer billigere Produkte ausgewechselt. In der Haushaltselektronik sind die Lebenszyklen gegenwärtig zwar noch etwas länger, die Tendenz geht aber in dieselbe Richtung. Dadurch steigen die E-Schrott - Mengen stetig, wodurch auch die Entsorgungsproblematik immer bedeutender wird. Insbesondere Kleingeräte werden größtenteils noch zusammen mit dem Rest- oder Spermüll entsorgt. Wertvolle Rohstoffe wie Gold, Silber, Blei, Zinn, Messing, Platin, Kupfer oder Aluminium gehen so unwiederbringlich verloren.

Um diesem Missstand entgegenzuwirken, ist am 13. Februar 2003 die Richtlinie 2002/96/EG über Elektro- und Elektronikgeräte in Kraft getreten. Sie verpflichtet die Hersteller, die Finanzierung und Entsorgung privat genutzter Elektro- und Elektronik-Altgeräte zu übernehmen. Ihr Zweck: Abfälle aus Altgeräten zu vermeiden bzw. bestmöglich zu verwerten.

Anhang IB der Richtlinie enthält darüber hinaus eine ebenfalls taxative Liste jener Produkte (bzw. Produktgruppen), die jeweils unter die genannten Kategorien fallen. Geräte, die keinem der genannten Produkte bzw. Produktgruppen zuzuordnen sind, sind nicht vom Geltungsbereich der Richtlinie erfasst. Folgende zehn Gerätekategorien werden genannt:

1. Haushaltsgroßgeräte
2. Haushaltskleingeräte
3. IT- und Telekommunikationsgeräte
4. Geräte der Unterhaltungselektronik
5. Beleuchtungskörper
6. Elektrische und elektronische Werkzeuge (mit Ausnahme ortsfester industrieller Großwerkzeuge)
7. Spielzeug sowie Sport- und Freizeitgeräte
8. Medizinische Geräte (mit Ausnahme implantierter und infizierter Produkte)
9. Überwachungs- und Kontrollinstrumente
10. Automatische Ausgabegeräte

Zu den *Haushaltsgroßgeräten* zählen u.a. Kühl- und Gefriergeräte, Waschmaschinen, Geschirrspüler, Herde (einschließlich Kochplatten), Mikrowellengeräte, Heizgeräte, Ventilatoren und Klimageräte.

Zu den *Haushaltskleingeräten* zählen Staubsauger, Nähmaschinen, Bügeleisen, Toaster, Friteusen, Kaffeemaschinen, Haartrockner, elektrische Zahnbürsten, Rasierapparate, Wecker, Armbanduhren und Waagen.

Zu den *IT- und Telekommunikationsgeräten (ICT-Geräten)* zählen u.a. Computer (Großrechner samt Benutzerendgeräte, PCs einschließlich CPU, Maus, Bildschirm und Tastatur, Laptops, Notebooks und elektronische Notizbücher), Drucker, Kopiergeräte, elektrische Schreibmaschinen, Taschen- und Tischrechner, Faxgeräte, Telefone (auch Münztelefone), Anrufbeantworter und *Mobiltelefone*

Zu den Geräten der *Unterhaltungselektronik* zählen u.a. Radiogeräte, Fernsehgeräte, Videokameras, Videorekorder, Hi-Fi-Anlagen und Musikinstrumente.

Zu den *Beleuchtungskörpern* zählen u.a. Leuchtstofflampen und Entladungslampen sowie alle Beleuchtungskörper mit Ausnahme von Leuchten in Haushalten und Glühlampen.

Zu den *elektrischen und elektronischen Werkzeugen* zählen u.a. die verschiedensten Geräte zum Drehen, Fräsen, Schleifen, Zerkleinern, Sägen, Schneiden, Abscheren, Bohren, Lochen, Stanzen, Falzen, Biegen etc, Schweiß- und Lötwerkzeuge sowie Rasenmäher und sonstige Gartengeräte.

Spielzeug sowie Sport- und Freizeitgeräte sind u.a. elektrische Eisenbahnen oder Autorennbahnen, Videospiele, Fahrrad-, Lauf- oder Rudercomputer, Sportausrüstung mit elektronischen Bauteilen und Geldspielautomaten.

Zu den *medizinischen Geräten* zählen alle Geräte zur Erkennung, Vorbeugung, Überwachung, Behandlung oder Linderung von Krankheiten, Verletzungen oder Behinderungen (Geräte für die Strahlentherapie, Kardiologiegeräte, Dialysegeräte, Beatmungsgeräte, nuklearmedizinische Geräte, Laborgeräte für In-vitro-Diagnostik, Analysegeräte und Fertilisations-Testgeräte). Implantate fallen ausdrücklich nicht in den Geltungsbereich der Richtlinie.

Zu den *Überwachungs- und Kontrollinstrumenten* zählen Rauchmelder, Heizregler, Thermostate, Geräte zum Messen, Wiegen oder Regeln in Haushalt und Labor sowie sonstige Überwachungs- und Kontrollinstrumente von Industrieanlagen (z.B. Bedienpulte).

Zu den *automatischen Ausgabegeräten* zählen u.a. Heißgetränkautomaten, Automaten für Dosen, Flaschen oder feste Produkte und Geldautomaten.

In der Tabelle werden die Verwertungsquote und Recyclingquote von diesen Kategorien gezeigt.

Kategorien	Bezeichnung	Verwertungsquote	Recyclingquote
1	Haushaltsgroßgeräte	80 %	75 %
2	Haushaltskleingeräte	70 %	50 %
3	IT- und Telekommunikation	75 %	65 %
4	Geräte der Unterhaltungselektronik	75 %	65 %
5	Beleuchtungskörper	70 %	50 %
6	Elektrische und elektronische Werkzeuge	70 %	50 %
7	Spielzeuge sowie Sport- und Freizeitgeräte	70 %	50 %
8	Medizinische Geräte	70 %	50 %
9	Überwachungs- und Kontrollinstrumente	70 %	50 %
10	Automatische Ausgabegeräte	80 %	75 %

Tab 5.1: Verwertungs- und Recyclingquoten nach WEEE

Spätestens 30 Monate nach In-Kraft-Treten der Richtlinie müssen von den Mitgliedsstaaten Systeme geschaffen werden, die es den Nutzern von EAG (Elektro-Alt-Gerät) aus privaten Haushalten ermöglichen, ihre EAG kostenlos zurückgeben zu können. Die Richtlinie sieht vor, dass die Hersteller/Importeure von EAG den Transport derselben aus privaten Haushalten von den Rücknahmestellen zu den Verwertungsbetrieben sowie deren Behandlung, Verwertung und Entsorgung finanzieren müssen. Zur Umsetzung der Vorgaben können von den Staaten verschiedene Rücknahmesysteme eingeführt werden. Zur Identifizierung der Hersteller/Importeure muss von den Mitgliedsstaaten ein Herstellerregister eingerichtet werden. Geräte, die nach dem 13. August 2005 in den Verkehr gebracht werden, müssen mit einer

durchgestrichenen Mülltonne gekennzeichnet werden. Der Hersteller/Importeur muss auch aufgrund einer Markierung am Gerät ersichtlich sein [161].

Bei Neu-EAG (nach bzw. am 13. August 2005 in Umlauf gebracht) ist jeder Hersteller/Importeur für die Finanzierung der Entsorgung seiner eigenen Produkte verantwortlich. Diese Verpflichtung kann individuell oder mit der Teilnahme an einem kollektiven System erfüllt werden. Für EAG, die nicht aus privaten Haushalten stammen, sieht die Richtlinie ebenfalls eine Sammel- und Entsorgungsverpflichtung der Hersteller/Importeure vor. Jedoch kann hier die Rücknahme von den Herstellern/Importeuren in Rechnung gestellt werden.

Elektro- und Elektronikgeräte müssen in Zukunft demontagegerecht und recyclingfreundlich konstruiert und hergestellt werden. Die Verantwortung hierfür liegt bei den Herstellern. Die Wiederverwendung und Reparatur von EAG darf durch spezielle Konstruktionsmerkmale nicht unnötig behindert werden. In Österreich wurde das "Kompetenzzentrum" für Elektro- und Elektronikaltgeräte, Recycling und nachhaltige Produktenwicklung - kurz KERP - ins Leben gerufen. Als außeruniversitäre Forschungseinrichtung bildet es mit seinen Forschungspartnern ein industrielles "Kompetenzzentrum". Die Ziele des KERP sind die Optimierung der Umweltfreundlichkeit von Elektro- und Elektronikprodukten unter der Berücksichtigung des Verbraucherverhaltens sowie der wirtschaftlichen und technologischen Rahmenbedingungen. Auf dem Gebiet der Entwicklung, der Produktion, des Imports, der Reparatur und der Entsorgung von EAG können Unternehmen Projekte gemeinsam durchführen.

Das Know-how des KERP auf der einen Seite und die praktischen Erfahrungen der Unternehmen auf der anderen Seite stellt eine ideale Plattform für die Abwicklung von Projekten dar.

Entwurf zur EAG-VO in Österreich ist im August 2005 in Kraft getreten.

Bis Ende 2006 hat Österreich eine jährliche Sammelquote von mindestens 40.000 Tonnen Elektroaltgeräte aus privaten Haushalten (4 kg pro Einwohner) zu erreichen und der EU-Kommission nachzuweisen.

Nicht aus privaten Haushalten stammende EAG sind ebenfalls durch die Hersteller bzw. Importeure oder in ihrem Auftrag durch Dritte zu sammeln, wobei die Richtlinie hier keine verpflichtende kostenlose Rücknahme vorsieht [162].

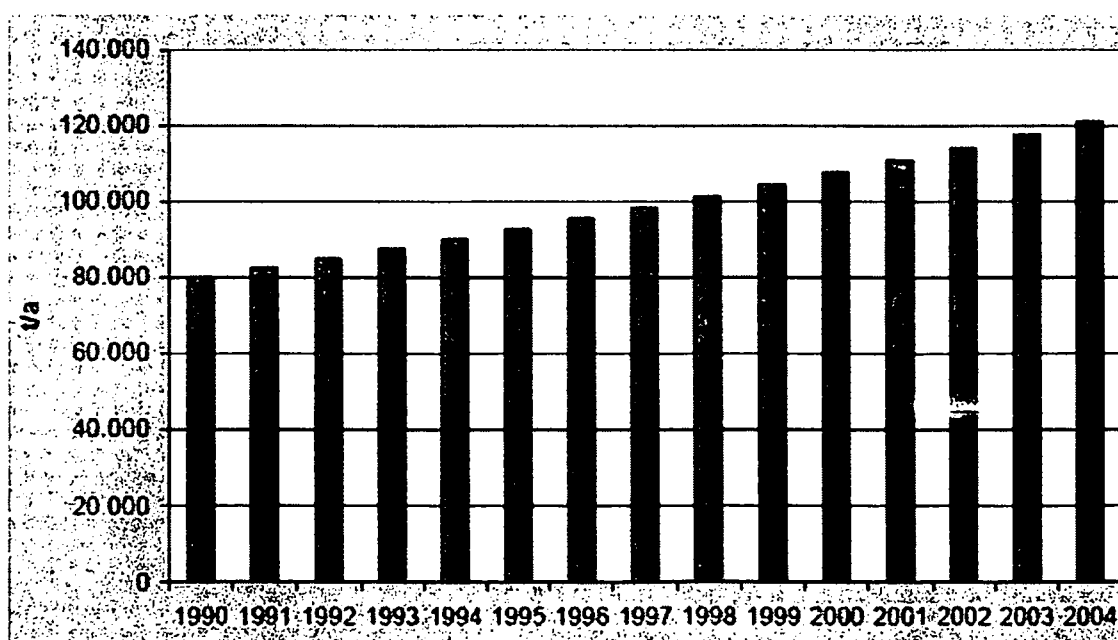


Abb. 5.3: Schätzung von EAG-Aufkommen in Österreich

Allgemein bedeuten diese direkten gesetzlichen Vorgaben einen erhöhten Haftungsumfang für Unternehmen bei Schäden aus Fehlfunktionen der Produkte. Durch die Verordnungen haben die Hersteller dieser spezifischen Produktgruppen konkrete Vorgaben zur Produktgestaltung und zum Umgang mit diesen Produkten. Die im folgenden Abschnitt behandelten Normen und Richtlinien sind allerdings operational besser anwendbar bei der ökologisch orientierten Produktentwicklung.

5.3 Rechtliche Vorgaben bezüglich des Produktionsprozesses

Die umweltgerechten Anforderungen an Produktionsprozesse und Anlagen sind wesentlich unübersichtlicher als die direkten Produktvorgaben. So gibt es neben dem Immissionsrecht, welches für Luft, Lärm, Strahlung, Erschütterung und Klima zuständig ist, auch noch das Wasserrecht und das Bodenrecht.

An Gesetzen, die die Produktionsprozesse betreffen, sind für die Produktgestaltung vor allem das *Umwelthaftungsgesetz*, die *Störfall-Verordnung* und die sich aus dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz ergebenden *Produktions- und Anlagevorschriften*, wie z.B. die Forderung einer anlageninternen Kreislaufführung (KrW-AbfG§4), von Bedeutung [163]. Dabei bezieht sich das 1990 erlassene Umwelthaftungsgesetz auf die Schadensersatzverpflichtung des Unternehmers bei Schäden durch Umweltauswirkungen der Prozesse oder Anlagen. Und die Störfall-Verordnung von 1980 behandelt den Umgang mit gefährlichen Stoffen, die ein hohes Potenzial zur Schadensverursachung besitzen.

Letztendlich sollte die Produktgestaltung in einem Unternehmen so erfolgen, dass bei der Produktion möglichst wenig umweltrechtliche Vorschriften und Gesetze zur Anwendung kommen. Dies geschieht beispielsweise durch den Einsatz von sehr umweltverträglichen Materialien, die weder durch ihren Verarbeitungsprozess (Umwelthaftungsgesetz) noch aus sich selbst heraus (Störfall-Verordnung) umweltschädlich oder gefährlich sind.

Aufgrund der hohen Anzahl von Einzelvorschriften bezüglich der Anlagen und Produktionsverfahren gibt es in den Betrieben ein hohes Umsetzungsdefizit der umweltrechtlichen Vorgaben. Dies betrifft vor allem kleinere und mittlere Betrieben, die nicht über die benötigten personellen und finanziellen Kapazitäten verfügen, um mit ihren Informationen und ihrer Ausrüstung auf dem aktuellsten Stand zu sein.

Allgemein ist das Ziel jedes Unternehmens sein spezifisches betriebliches Risiko, definiert durch die umweltrechtlichen Vorgaben und einhergehend mit der Verantwortung für entstandene Schäden, zu minimieren. Daher gibt es eine Vorgehensweise zur möglichst umfassenden Beachtung der umweltrechtlichen Vorgaben, die aus den folgenden fünf Schritten besteht.

Als erstes werden die spezifischen und gültigen umweltrechtlichen Vorgaben systematisch erfasst. Danach können die Vollzugsdefizite durch einen Soll-Ist-Abgleich ermittelt werden. Anschließend muss das Unternehmen beginnen, das Umweltrecht und die zukünftigen Entwicklungen kontinuierlich zu beobachten, um unter anderen sinnvollen Investitionsentscheidungen treffen zu können. Ebenso müssen die technischen Entwicklungen kontinuierlich beobachtet werden. Zum Schluss sollte sichergestellt werden, dass eine Berichterstattung über die beobachteten Veränderungen erfolgt und dementsprechend eine Überprüfung auf die Anwendbarkeit im eigenen Unternehmen stattfindet. Die effektivste Vorgehensweise ist die Einbindung dieser fünf Teilschritte in ein umfassendes betriebliches Umweltmanagementsystem.

5.4 End-of-Life Management

Bei den Verbrauchsmaterialien von Unternehmen gehen technologische Innovationen und ein verantwortungsvoller Umgang mit der Umwelt Hand in Hand.

Die Unternehmen unterstützen ein branchenführendes und auf die Zukunft ausgerichtetes Konzept für den kompletten Lebenszyklus eines Produktes, das weit über das reine Recycling hinausgeht.

Betrachtet man den Lebenszyklus eines Produktes, so ergeben sich die Anforderungen an ein Produkt aus der Summe der Einzelanforderungen der einzelnen Lebenszyklusphasen. Während in der Vergangenheit häufig nur die Phasen Entwicklung, Herstellung, Distribution sowie Nutzung oder Service in die Betrachtung einbezogen wurden, formulieren sich die Anforderungen heute zunehmend aus der vollständigen Betrachtung der Produkte bis hin zu ihrem Lebensende.

Dies bedeutet entsprechend der zusätzlichen Berücksichtigung der End-of-Life-Phasen Recycling und Demontage der Produkte sowie Redistribution und Entsorgung [164].

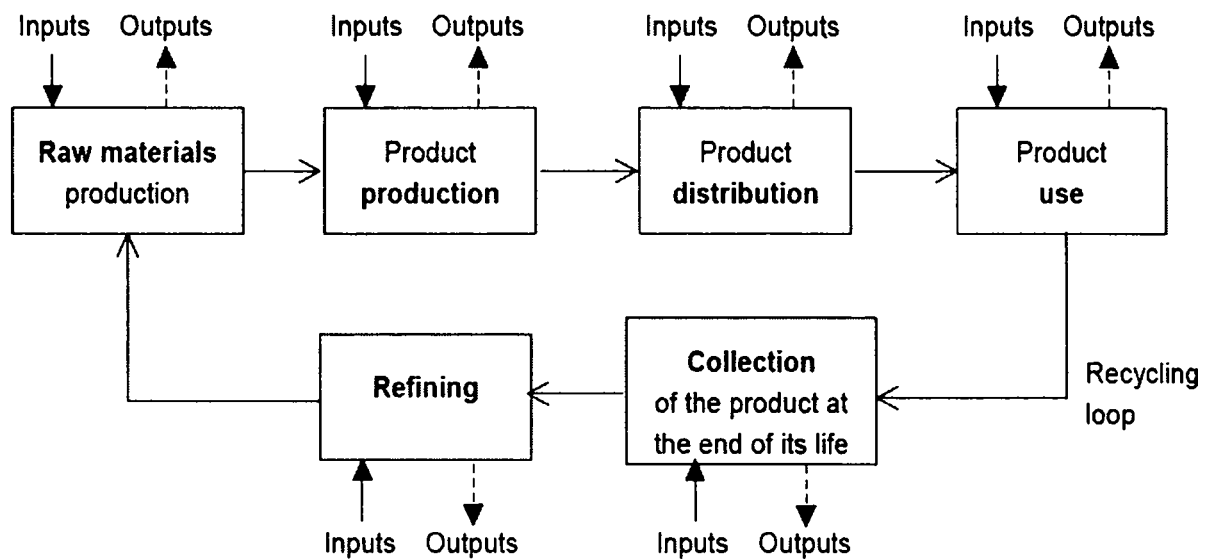


Abb. 5.4: Grenzen eines Produktsystems

Im Bereich der Studie, werden Ökobilanz-Resultate auf dem Niveau der Kategorien, jedes von ihnen einschließlich unterschiedlicher Arten der Lebenszyklen des Produktes folglich mit unterschiedlichen Mustern dargestellt. Eine Ökobilanz, die sich auf eine gegebene Kategorie bezieht, besteht folglich aus verschiedenem Produkt - Untersysteme.

Die Systemgrenzen der Kategorie kann man in Abb.4.5 auf dem Beispiel - Die elektrische und Elektronische Gerätkategorie sehen.

Systemgrenzenkategorie:					
Produkt Teilsystem Haushaltgeräte	Produkt Teilsystem IT-Geräte	Produkt Teilsystem Lichtung	Produkt Teilsystem Teleföne	Produkt Teilsystem Fernsehgeräte und Videorecorder	Produkt Teilsystem Batterien und Akkumulatoren
14,46 kg	1,29 kg	0,150 kg	0,350 kg	1,41 kg	12 Batterien

Abb. 5.5: Die elektrische und elektronische Gerätkategorie

Die Zusammenstellung von abgeschlossenen und gegenwärtig laufenden Forschungsvorhaben im Bereich "Integrierter Umweltschutz in der Elektro- und Elektronikindustrie" zeigt einen deutlichen Schwerpunkt der Aktivitäten im Bereich der Endphase eines Produktes, d.h. hinsichtlich Separation und Demontage, werkstofflichem Recycling und übergreifendem End-of-Life-Management [165].

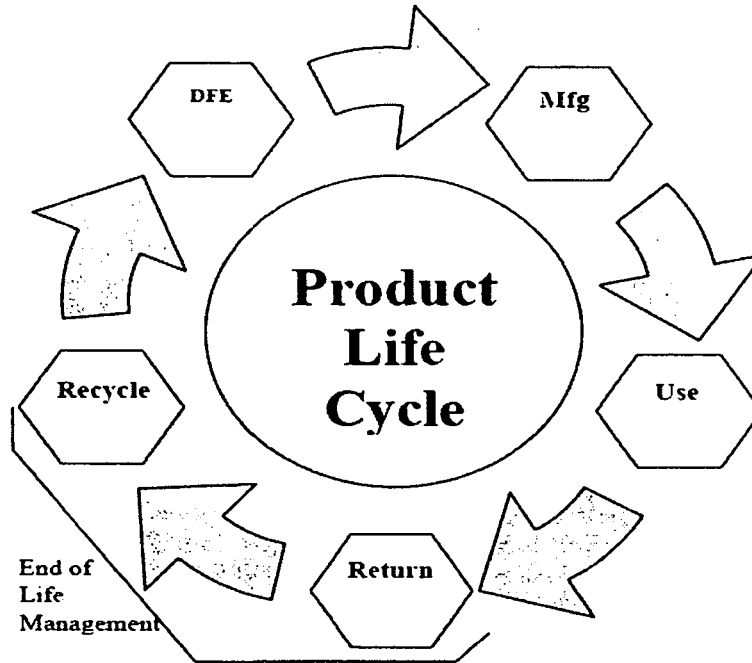


Abb. 5.6: End-of-Life Management

Produktlebenszyklus	
DFE - Design for Environment	Auswahl der richtigen Materialien, Minimierung der Teilezahl, Unterstützung der Recycling-Fähigkeit, "Produkt-Stewards" im Unternehmen
MFG – Manufacturing and Packaging	Produktionsprozesse, die Umweltfolgen minimieren
Use - Nutzung durch den Kunden	Abfallminimierung und effiziente Ressourcen-Nutzung
End of Life Management	Bequeme Rücksendung zum Recycling, Werkstoff-Rückgewinnung

Tab. 5.2: Produktlebenszyklus

Das End-of-Life Management umfasst die Rücksendung und das Recycling der Produkte. Viele Unternehmen bieten bequeme Rücksendemöglichkeiten für die Kunden, sachgemäße Handhabungs- und Recyclingverfahren für die Produkte sowie die Rückgewinnung von Werkstoffen, um die Abfallmenge zu reduzieren.

Vor dem Hintergrund zu berücksichtigender Anforderungen aus der End-of-Life-Phase von Produkten kommt der Bereitstellung geeigneter Hilfsmittel in der Konstruktionsphase, die die Auswirkungen eines Konstruktionsvorschlages hinsichtlich der Demontage- und Recyclinggerechtigkeit bewerten, eine besondere Bedeutung zu.

5.5 Demontage als Teil des Recycling

Der Recyclinggedanke hat durch die Knappheit natürlicher Ressourcen, zunehmende Umweltverschmutzung und die Erkenntnis, dass wirtschaftlich nutzbare Potenziale vernichtet werden, stark an Bedeutung zugenommen. Die Entsorgung, als eine zentrale Phase der Kreislaufwirtschaft, enthält das Recycling. Der Begriff "Entsorgung" umfasst dabei die Sammlung, Behandlung, Verwertung und umweltgerechte Beseitigung der EAG. Der Recyclingbegriff wurde aus dem Englischen in den deutschen Sprachgebrauch übernommen. Unter Recycling werden verschiedene Maßnahmen verstanden, die es ermöglichen, Ressourcen (Produkte, Bauteile, Rohstoffe, Energie) erneut und somit länger zu nutzen.

In der Richtlinie EAG definiert "Recycling" die Wiederaufbereitung von Abfall (entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke), jedoch ohne energetische Verwertung. Recycling ist somit jede Art der stofflichen Verwertung.

Zusammenfassend sind sechs Problemfelder des Recycling zu beachten:

1. Demontagegerechte Konstruktion
2. Rückführung der Produkte (Produktrecycling)
3. Sortenreine Trennung der Materialien (Materialrecycling)
4. Qualität des Recycling
5. Recycling-Kosten
6. Unsicherheit hinsichtlich der Gesetzgebung [166].

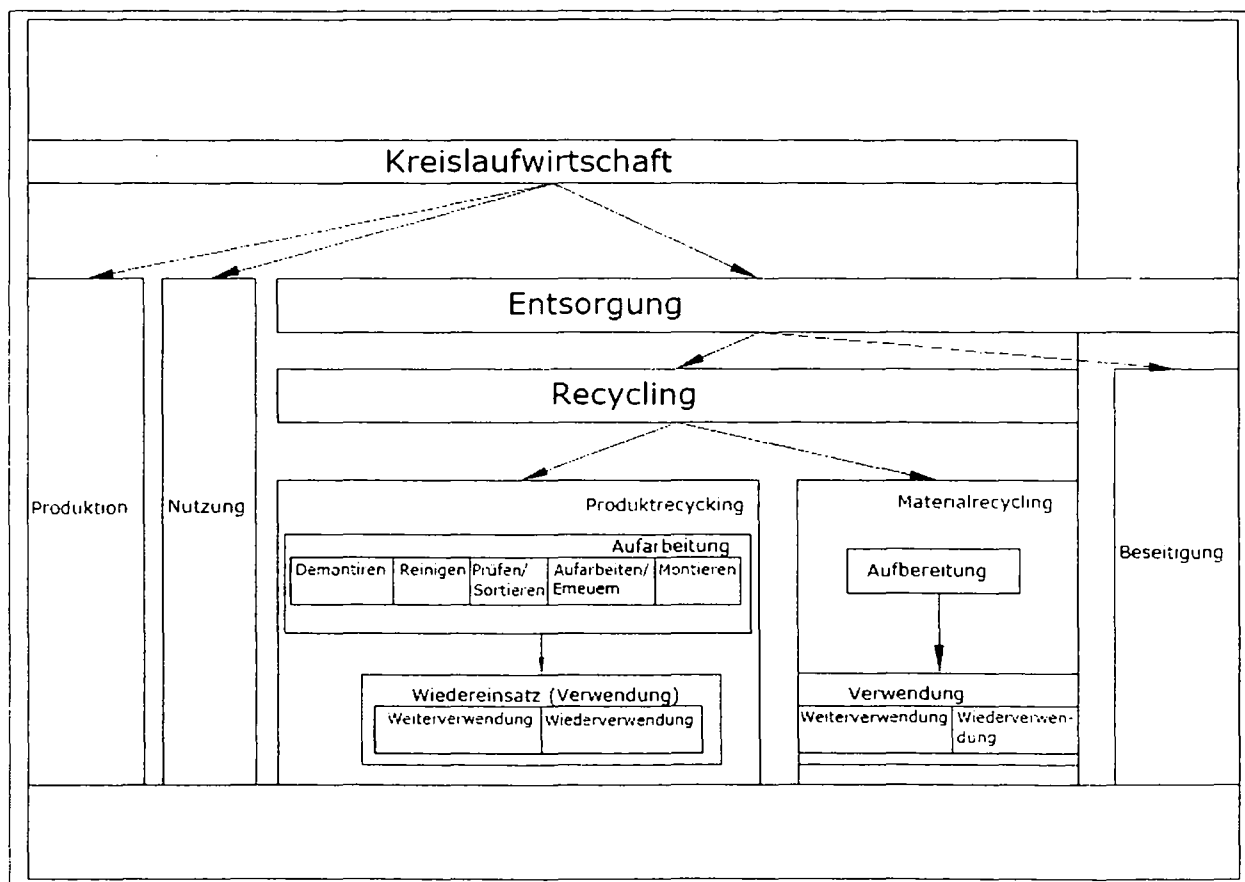


Abb. 5.7 Behandlungsarten des Recycling

Innerhalb des Recycling nimmt die Demontage eine zentrale Stellung ein. Die Demontage eines Altproduktes ist als erster Schritt jeglicher Recyclingaktivität zu verstehen. Die Demontage ist eine trennende Tätigkeit, die die bestehenden Verbindungen zwischen den Teilen eines Erzeugnisses löst [167].

Mögliche Vorteile der Demontage im Gegensatz zu alternativen Behandlungsarten (z.B. Shreddern) sind die Rückgewinnung funktionsfähiger Bauteile und Baugruppen zum erneuten Einsatz (Produktrecycling) und die Möglichkeit zur Rückgewinnung sortenreiner Materialien (Materialrecycling) [168].

Die Demontage von Produkten ist innerhalb des Recyclingsystems ein wichtiges Instrument zur Reduzierung der zu entsorgenden Reststoffe. Dabei können verwendungsfähige Komponenten und sortenreine Fraktionen als Sekundärrohstoff gewonnen sowie Schadstoffe gesondert gesammelt werden.

Ziele der Demontage entsprechend der Kreislaufwirtschaft sind:

1. Schadstoffentfrachtung,
2. Intensivierung der Wieder- und Weiterverwendung,
3. Gewinnung und Erhöhung der Qualität von Sekundärrohstoffen.

Klassifizieren lassen sich die Demontageaktivitäten

- nach ihrer Zielsetzung in die funktions-, die werkstoff- und die verunreinigungsorientierte Demontage
- nach der Art der Trennung in die zerstörende und zerstörungsfreie Demontage sowie
- nach dem Zustand des nach der Demontage verbleibenden Abfalls in Zerlegung und Ausbau.

Die *funktionierende Demontage* zielt darauf ab, funktionsfähige Baugruppen und Einzelteile zu gewinnen, um diese gegebenenfalls nach Aufarbeitungstätigkeiten erneut zu nutzen.

Bei der *werkstofforientierten Demontage* liegt das Interesse auf möglichst sortenreinen Materialien. Sie wird dann durchgeführt, wenn andere trennende Verfahren nicht die notwendige Reinheit erzeugen können.

In einer *verunreinigungsorientierten Demontage* werden Problemstoffe abgetrennt. Dieses entspricht einer Schadstoffentfrachtung bspw. von Betriebsflüssigkeiten oder auch toxischen, festen Stoffen wie asbesthaltigen Bremsbelägen etc. Die Schadstoffentfrachtung ist häufig eine notwendige Voraussetzung für andere Demontageaktivitäten und unterliegt strengen gesetzlichen Regelungen. Daher wird dieser Aspekt der Demontageplanung immer nur als zu erfüllende Nebenbedingung und nicht als frei wählbare, alternative Tätigkeit betrachtet.

Die *zerstörungsfreie Demontage* versucht, die Verbindungen zwischen den einzelnen Teilen des Abfalls sukzessiv zu lösen. Dieses Vorgehen lässt sich immer nur dann anwenden, wenn die Verbindung reversibel ist bspw. Steck-, Schraub, Löt - oder einige Nietverbindungen.

Die *zerstörende Demontage* kann immer angewendet werden, sie ist aber zwingend, wenn irreversible Schweiß- oder Klebverbindungen zwischen den Teilen bestehen.

Die verschiedenen Demontageaktivitäten, die sich aus dieser Klassifikation ergeben, sind Entscheidungsalternativen in den Modellen zur Demontageplanung [169].

5.5.1 Prozesskenngrößen für Konstruktion und Recyclingplanung

Für die Nachgebrauchsphase ist die Bestimmung der zur dem Zeitpunkt des Produktrücklaufes optimalen Recyclingstrategie für die Produkte wesentlich. Für zu zerlegende Produkte ist im Rahmen der Demontageplanung eine genaue Kenntnis des Demontageaufwandes notwendig. Die Ermittlung der Prozesskenngrößen Demontagezeit, -kosten, -tiefe und -reihenfolge kommt daher sowohl in der Produktentwicklung als auch in der Recycling- und Demontageplanung eine zentrale Bedeutung zu.

Ausgangspunkt für die Bewertung in der Produktentwicklung sowie für die Recycling- und Demontageplanung ist die Abbildung des Produktmodells. Darauf basierend können die Prozessparameter ermittelt werden.

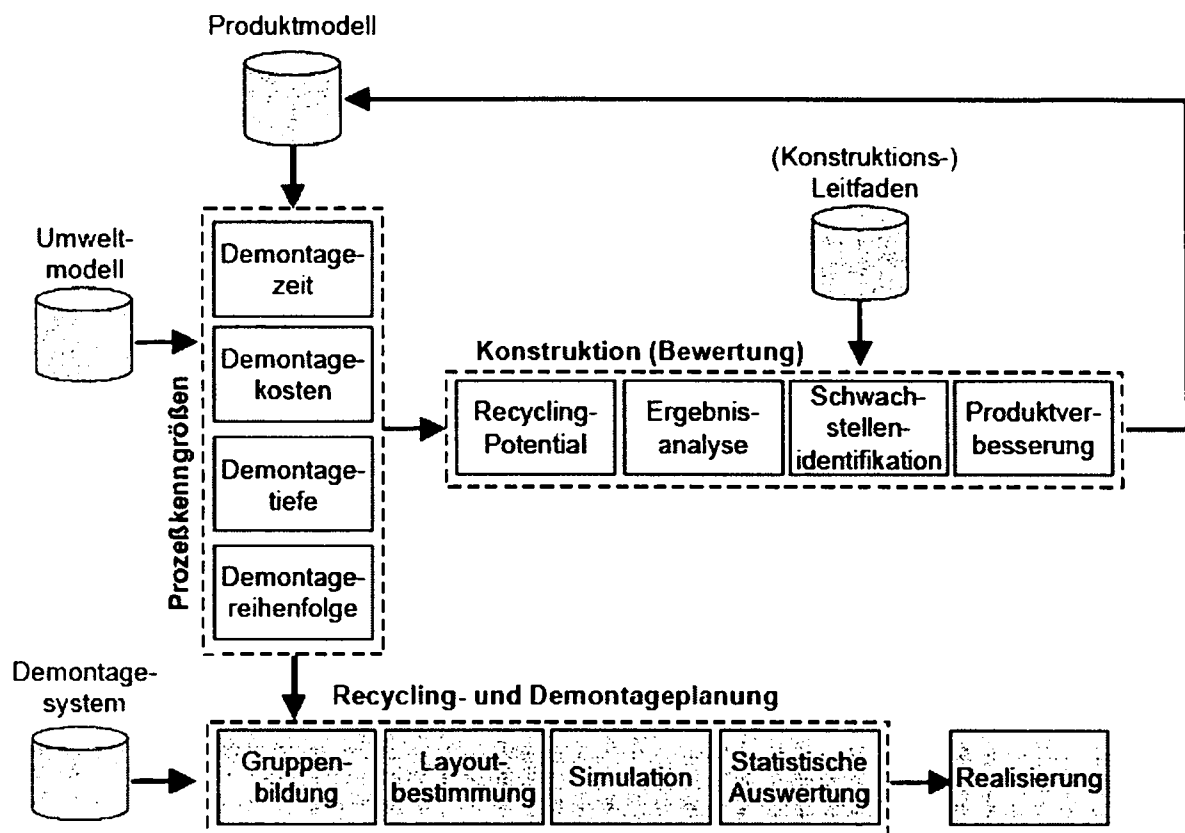


Abb. 5.8: Prozessmodule als Schnittpunkt für Konstruktion und Planung

- **Demontagezeit:** Die Demontagezeit ist die Zeit, die zum Trennen der Verbindungen eines Produktes erforderlich ist. Sie beinhaltet die Zeit zum Lösen der Verbindungen, zur Handhabung der Werkzeuge sowie der Verbindungselemente und Bauteile.
- **Demontageskosten:** Die Demontageskosten ergeben sich aus der Verknüpfung der Demontagezeit mit einem Arbeitsstundensatz und den Kosten, die durch die Entsorgung nicht verwendbarer oder verwertbarer Bauteile entstehen.
- **Demontagetiefe:** Die Demontagetiefe beschreibt den Grad der Demontage. Bauteile, die einem gemeinsamen Recyclingweg zugeführt werden können, werden zu Segmenten zusammengefasst. Kriterien für die Bestimmung der Demontagetiefe sind die Separierung von Gefahr- und Schadstoffen, die Berücksichtigung von Restriktionen hinsichtlich der Zugänglichkeit, die zerstörungsfreie Trennung verwendbarer Bauteile sowie die Entscheidung zwischen Demontageskosten und Materialerlösen.

Zugänglichkeit, die zerstörungsfreie Trennung verwendbarer Bauteile sowie die Entscheidung zwischen Demontagekosten und Materialerlösen.

- **Demontagereihenfolge:** Dieser Prozessparameter beschreibt die möglichen Reihenfolgen für die Zerlegung von Geräten.

Das Produktmodell enthält auf der einen Seite die erforderlichen bauteilspezifischen Informationen wie Bauteilbezeichnungen, Gewichte, Materialangaben, Geometrien und Abmaße. Auf der anderen Seite werden verbindungsspezifische Daten wie Verbindungspartner, die eingesetzte Verbindungstechnik und geeignete Demontagewerkzeuge abgebildet. Darüber hinaus werden die Vorrangbeziehungen in Form von Restriktionen im Produktmodell abgelegt. Die Beschreibung der Umwelt enthält Informationen über Fraktionen und deren Verwertungswege, deren Zusammensetzung und die erzielbaren Erlöse sowie Kosten für Entsorgung. Zusätzlich werden Informationen über Gefahr- und Schadstoffe abgebildet [170].

In der Konstruktionsphase werden wesentliche Produkt- und Produktionsmerkmale festgelegt. Die Art und Zusammensetzung der eingesetzten Materialien entscheiden über den Ressourcenbedarf, über die Einsatzmöglichkeiten der Recyclate (Recyclate beschreiben die Produkte, Teile und Stoffe, die als Output eines Recyclingprozesses anfallen und weiter genutzt werden können) und über mögliche Entsorgung- und Verwertungswege.

Auf Basis dieser Ergebnisse können Schwachstellen identifiziert und gezielt verbessert werden. In der End-of-Life-Phase der Produkte kann ebenfalls aufbauend auf diesen Prozesskenngrößen der aktuelle Recyclingpfad der Produkte ermittelt werden, wonach sich Schritte zur Planung der Demontage anschließen. Hierzu gehören Methoden zur Gruppenbildung, um recycling-ähnliche Produkte zusammenzufassen, und Verfahren zur Layoutermittlung des Demontagesystems mit nachgeschalteter Simulation.

Die Wahl des Demontagewerkzeuges beeinflusst wesentlich die Höhe der Demontagezeit. In der Produktentwicklung besteht die Möglichkeit, von existierenden Werkzeugen ein optimales auszuwählen. So können z.B. anstelle manueller Schraubwerkzeuge solche mit elektrischem oder pneumatischem Antrieb verwendet werden. In der Demontageplanung dagegen beschränkt sich die Werkzeugwahl auf die im Betrieb vorhandenen, wodurch nicht immer eine optimale Lösung realisierbar ist.

Der ökonomische und ökologische Erfolg des Recycling und der Demontage hängt im Wesentlichen von den Altprodukten (Input) sowie von den anfallenden Recyclaten und Abfällen zur Beseitigung (Output) ab. Um die Verwertung und Beseitigungsmöglichkeiten ermitteln zu können, müssen die Altprodukte entsprechend gekennzeichnet sein. Bei Altprodukten und deren Bauteilen ist es notwendig, die Einzelteile und die Eigenschaften des Ganzen zu kennen.

5.6 Mobiltelefone

Unter die Richtlinie 2002/96/EG des europäischen Parlaments und des Rates über Elektro- und Elektronik-Altgeräte fallen auch Mobiltelefone.

In den letzten Jahren kam es in der EU zu einer raschen Zunahme der Mobiltelefone. 1990 benutzte nur etwa eine von hundert Personen ein Handy; im Jahr 2002 nutzten schon mehr als 78 % und 2003 sogar 80 % der Europäer diese Technologie.

Im Zeitraum von 1991 bis 2003 ist die Zahl der Mobilfunkteilnehmer kontinuierlich gestiegen: Bis 1993 lag ihre Zahl je 100 Einwohner in vielen europäischen Ländern unter zehn, 2003

Arbeitgeber. Versorgungsgrade über 90 % wurden in Schweden, Italien, der Tschechischen Republik und Finnland ermittelt. Einige der neuen Mitgliedsstaaten belegten in diesem Vergleich einen der vorderen Plätze [171].

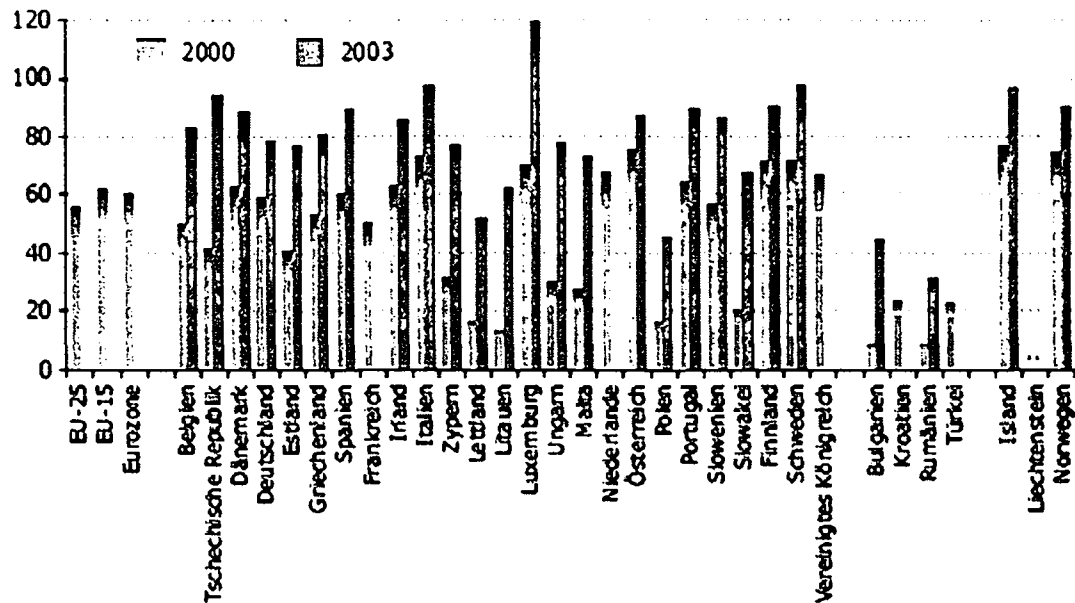


Abb. 5.9: Anzahl der Mobiltelefonverträge pro 100 Einwohner, 2003

Der Indikator gibt die Zahl der Verträge mit öffentlichen Telekommunikationssystemen, die die Zellulartechnik benutzen, in Bezug auf die Bevölkerung an. Die Gesamtzahl der Mobiltelefonverträge in einem Land wird durch die Zahl der Einwohner des Landes geteilt und mit 100 multipliziert.

Der Trend zur mobilen Kommunikation, der in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen hat, verursacht auf der anderen Seite eine Zunahme von Althandys, die fachgerecht entsorgt werden müssen. Mobiltelefone haben eine erstaunlich kurze Lebensdauer. Die meisten werden nach 25 Monaten ausgetauscht, was große Stoffströme zur Folge hat. In Österreich sind ca. zwölf Millionen Handys mit ebenso vielen Akkus in Umlauf.

Eine von Mobilkom Austria in Auftrag gegebene Studie zeigt, dass jeder Haushalt in Österreich durchschnittlich 2,6 Handys besitzt. Rund 70 % der Österreicher haben nicht mehr verwendete Handys zuhause liegen. Diese Handys tragen dazu mit bei, dass jährlich mehrere Tonnen Elektroschrott entstehen, die bei nicht sachgerechter Entsorgung die Umwelt gefährden können.

Die Mobilkom hat bereits vergangenes Jahr eine Althandy-Sammelaktion ins Leben gerufen. In einem Pilotprojekt mit der Stadt Wien, das später auf ganz Österreich ausgedehnt worden ist, wurden bislang 3.500 alte Geräte retourniert. Davon konnten rund 66 % weiter verwendet werden und wieder in den Kreislauf integriert werden.

In der Vergangenheit erfolgte die Entsorgung zumeist über die Restmülltonne. Gefährliche Bauteile (Nickel-Cadmium-Akkus) werden so mit anderen grundsätzlich ungefährlichen Stoffströmen vermischt. Um diesen Umstand zu beseitigen, werden immer wieder Anstrengungen unternommen, um Althandys getrennt zu erfassen. Eine Möglichkeit ist die Sammlung über ein Sammelkuvert, das von einem großen österreichischen Mobilfunkanbieter angeboten wird. 30 % der so abgegebenen Handys können außerhalb der EU wiederverwendet werden. Der Rest wird umweltgerecht verwertet. Bei Abgabe im Mobilkom Austria Shop erhalten "Ärzte ohne Grenzen" drei Euro pro Handy [172].

5.6.1 Recyclingprozess für Mobiltelefoneräte durch Demontage.

Für die Mobiltelefone wurde die Wiederaufnahme Rate bis 75 % pro Gewicht eingestellt. Mindestens 65 % pro Gewicht müssen aufbereitet werden oder wieder verwendet werden, das bedeutet, dass ein maximaler Anteil von 15 % pro Gewicht für Energiewiederaufnahme zur Verfügung gestellt werden kann. Die restlichen 25 % pro Gewicht eines Telefons können entsorgt werden.

Zurzeit werden gebrauchte Mobiltelefone im Recyclingprozess in erster Linie geschreddert. Zunächst wird der Akku manuell entfernt; anschließend wird das Gerät geschreddert und eisenhaltige Metalle, Aluminium und Kunststoffe getrennt. Die Metalle werden recycelt, Kunststoffe hauptsächlich als Energielieferant genutzt. Leiterplatten werden im metallurgischen Prozess verarbeitet. Die Methode lässt sich auf alle elektronischen Produkte anwenden und ist kostengünstig, allerdings ist der Rückgewinnungsfaktor begrenzt. Durch eine grobe Demontage vor dem Schreddern ließen sich eventuell größere Mengen reiner Materialanteile für das Recycling gewinnen.

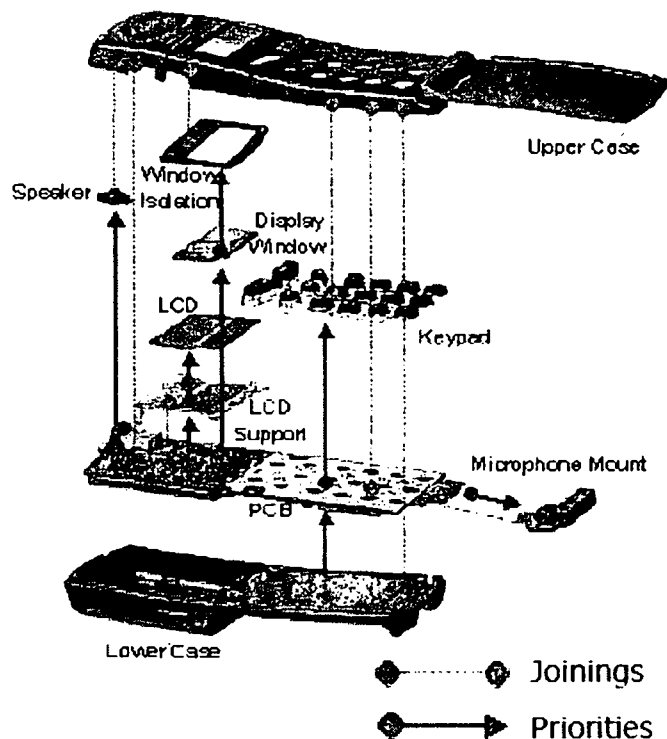


Abb. 5.10: Die Komponenten des Mobiltelefons

Das Nokia Research Center hat zusammen mit einer Gruppe der Helsinki University of Technology, der Finnish School of Watchmaking und der University of Art and Design Helsinki einen Prozess für die Demontage von tragbaren Geräten durch Wärmeeinwirkung entwickelt. Das Konzept sieht vor, ein Mobiltelefon ohne jeglichen manuellen Eingriff durch einen Wärmemechanismus zu zerlegen. Durch den Einsatz einer zentralen Wärmequelle, beispielsweise einer Laserheizung, wird der Aktor für die Formgedächtnislegierung aktiviert, und die Mobiltelefon-Abdeckungen öffnen sich. Akku, Display, Leiterplatte und mechanische Teile werden getrennt und können dann in einem materialspezifischen Recyclingprozess recycelt

Mobiltelefon-Abdeckungen öffnen sich. Akku, Display, Leiterplatte und mechanische Teile werden getrennt und können dann in einem materialspezifischen Recyclingprozess recycelt werden. Die für die Zerlegung erforderliche Temperatur liegt zwischen 60 und 150 Grad Celsius. Eine niedrigere Temperatur würde bedeuten, dass das Telefon zum Beispiel in einem heißen PKW von allein auseinanderfallen könnte, und eine höhere Temperatur würde die Kunststoffbestandteile zum Schmelzen bringen. Die Laserheizung ist auf Grund ihrer Geschwindigkeit und Präzision eine technisch durchführbare Methode, erfordert jedoch Investitionen in ein entsprechendes Demontageband.

Der Wärmemechanismus ist eine schnelle und günstige Methode im Vergleich zur manuellen Demontage, die durchschnittlich zwei Minuten dauert und pro Telefon etwa 0,3 bis 0,8 Euro kostet. Im Projekt dauerte die Zerlegung mit Hilfe des Wärmemechanismus nur zwei Sekunden, wobei Kosten nur durch die Investition in ein Demontageband entstehen. Die Methode bedarf jedoch der Weiterentwicklung. Es wurden andere Zerlegungsmethoden für elektronische Geräte untersucht [173].

Es gibt dabei mehrere Möglichkeiten, beispielsweise die Demontage durch Roboter. Darüber hinaus müssen Recyclingprozesse und Unternehmensnetze entwickelt werden. Kunststoffe sollten sich beispielsweise besser zurückgewinnen lassen, als es gegenwärtig der Fall ist. Die grobe Trennung verschiedener Bestandteile bringt Vorteile, auch wenn elektronische Geräte in Zukunft weiterhin geschreddert werden. Durch die Trennung können mehr Materialkreisläufe geschlossen werden als bisher, die Recyclingquote nimmt zu und der Abbau von Rohstoffen dementsprechend ab.

Der Untersuchungsbericht wurde im Rahmen der Dokumentation zum International Electronics Recycling Congress vom 9.-11. Januar 2002 im schweizerischen Davos veröffentlicht.

5.6.2 Flexible Demontage – Zelle für Mobiltelefone

Bislang liegen die Schwierigkeiten bei der Demontage in der mangelhaften Anpassungsfähigkeit der Werkzeuge. Denn im Laufe eines Lebenszyklus sind die einzelnen Schrauben meist nicht mehr so einfach und leicht zu lösen wie an fabrikneuen Geräten. Rost und Gebrauchsspuren machen das Automatisieren der Demontagetätigkeit bislang unmöglich.

Bei den Einzelkomponenten - wie Gehäuse und Leiterplatte - hat man es mit Tausenden von unterschiedlichen Varianten zu tun. Ein Hersteller muss seine Anlagen nur auf ein oder zwei Gerätetypen abstimmen. Schon heute gibt es weltweit etwa 2000 verschiedene Handytypen. Außerdem dürfen Gebrauchsspuren - Sprünge im Display oder fehlende Schrauben - den Prozessablauf nicht beeinflussen.

Für jedes Modell braucht die Steuerung der Demontagezelle genaue Geometric-Beschreibung durch ein räumliches Werkstück-Modell im entsprechenden Koordinatensystem.

Die geometrische Vielfalt von Formen und Geometrien, die allein in einem Produkt vorkommen, ist der Grund, warum Demontageprozesse überwiegend manuell mit einem geringen Anteil von automatisierten Funktionen erfolgen.

Die heute bekannten Demontageverfahren von Elektro- und Elektronikaltgeräten sind aufgrund der gegenwärtig geringen Rücklaufquoten von zehn bis zwanzig Prozent und der heterogenen Geräteausführungen manuell. Die Tätigkeit der manuellen Demontage ist mit monotonen Arbeitsinhalten und physischen Belastungen verbunden, die eine unwirtschaftliche Demontageleistung nach sich ziehen. Sowohl aus wirtschaftlichen Gründen als auch zur Humanisierung der Arbeitsplätze ist die Automatisierung der Demontageprozesse von großer

Die Motivation zum Anstreben einer automatisierten Lösung ergibt sich also aus dem Rationalisierungsaspekt und einer Verbesserung der Demontageleistung. Insbesondere die automatisierte Demontage von Mobiltelefonen ist sinnvoll, da hier aufgrund der hohen Deckungsrate in der Bevölkerung eine hohe Rücklaufquote zu erwarten ist. Bei der Automatisierung der Demontage werden hohe Anforderungen an die Flexibilität gestellt.

Eine flexibel automatisierte Demontagezelle stellt das Grundelement eines Demontagesystems dar und wird als "intelligente flexible Demontage-Zelle" definiert. Es besteht aus unterschiedlichen Hauptmodulen [174]:

- Demontage-Roboter oder Handhabungsgerät mit speziellen Eigenschaften wie Weg- und Kraftsteuerung;
- Roboter-Greifer für ein breites Spektrum der Teile mit unterschiedlicher Geometrie und Dimensionen;
- Demontage-Werkzeuge speziell für Roboter;
- Datenbank einschließlich Daten der wiederverwendbaren (re-useable) und verarbeitungsfähigen (re-manufacturable) Teile;
- Magazin für Werkzeuge und Teile;
- Transport-System, Belade- und Entlade- Station für Produkte, die zerlegt werden;
- Aufspannvorrichtung- und Befestigungssystem für Teile mit unterschiedlicher Geometrie und Dimensionen;
- manuelle Demontage-Station für spezifische Aufgaben;
- Sensor für Kraft, Drehmoment, Sichterkennung, Position und Abstand;
- intelligente Zellensteuerung mit der Fähigkeit, Informationen von verschiedenen Sensoren zu verarbeiten.

Zur Reduzierung der Kosten werden flexible Demontage-Zellen benötigt, die für das Lösen von Verbindungen eingesetzt werden.

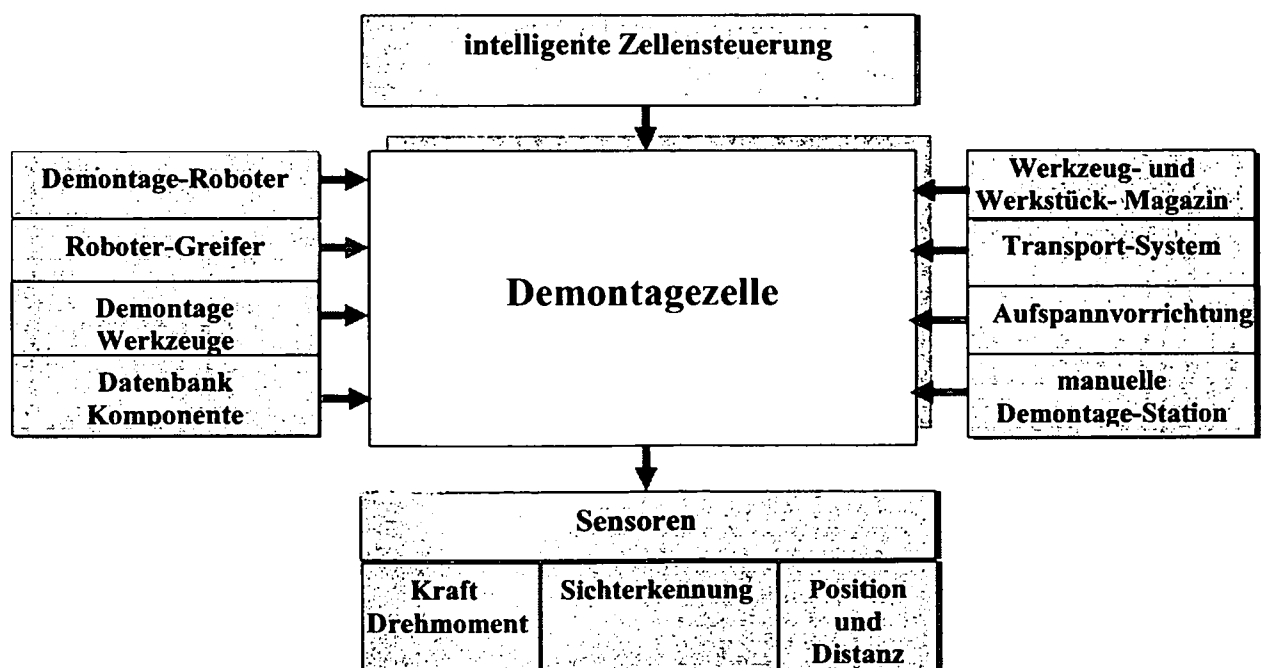


Abb. 5.11: Flexible Demontage Zelle

Wirtschaftliche Demontage ist gegenwärtig nur durch Modularität von automatisierten Demontagezellen möglich. Besonderer Erfindungsreichtum ist vor allem notwendig für [175]:

Wirtschaftliche Demontage ist gegenwärtig nur durch Modularität von automatisierten Demontagezellen möglich. Besonderer Erfindungsreichtum ist vor allem notwendig für [175]:

- Die Fähigkeit, unterschiedliche Produkte nur mit weniger Softwaremodifikation vom System abzubauen,
- Die niedrigen Investitionskosten,
- Die kritischen Arbeitsbedingungen (giftige Dämpfe, Verunreinigung, Staub,...) um die Systeme überhaupt anwenden zu können.

Durch die Modularität ist es einfach, Demontagezellen für unterschiedliche Produktgruppen zu bauen.

Nach einer ausführlichen Analyse der gebrauchten Mobiltelefone bezüglich des Bestands sowie der Montagetechnik und der Demontagetests mit den häufigsten Mobiltelefonen wurde das folgende Konzept für die Demontagezelle erstellt, bestehend aus fünf automatisierten Stationen und manueller Belade- und Entlade- Station sowie einer Demontagestation:

1. Belade- und Entlade- Station
2. Die Station für Bohren und Fräsen
3. Entfernen vom Gehäuse
4. Bohrstation
5. Leiterplatten-Demontage
6. Bohrstation

Für die Demontage werden die Mobiltelefone auf einer Ladeplatte in einer eindeutigen Position örtlich festgelegt. Diese Ladeplatten lassen sich auf einem Transportsystem verschieben.

Entsprechend den notwendigen Demontearbeiten werden die Ladeplatten mit den Mobiltelefonen, die abgebaut werden, in einer festgelegten Station angehalten und angehoben.

Bevor das Mobiltelefon auf einer Ladeplatte örtlich festgelegt ist, wird das Energieversorgungsteil entfernt und die Art des Mobiltelefons wird manuell von einem Strichcode-Leser erkannt. Somit kennt der Steuercomputer genau die Art des Mobiltelefons. Die Hauptdimensionen des Mobiltelefons werden in der Datenbank des Host-Computers gespeichert.

In der Bohr- und Frässtation (Nr. 2) wird das Oberteil der Mobiltelefone von dem Unterteil getrennt und die Schrauben - normalerweise zwischen 4 und 17 - werden durch einen einfachen Bohrmechanismus entfernt.

In der dritten Station - Entfernen vom Gehäuse - werden die Gehäuse sowie die Tastatur der Mobiltelefone durch pneumatisches Saugen entfernt und in zwei separaten Behältern gelagert.

In der vierten Station werden die Leiterplattenschrauben aus dem Unterteil des Gehäuses abmontiert.

In der Leiterplatten-Demontage werden viele andere Teile des Mobiltelefons entfernt und in der speziellen Anlagestation sortiert. Da einige Mobiltelefone zusätzliche Teile haben, die mit dem Netzteil des Gehäuses verbunden sind, werden die restlichen Schrauben in der letzten Bohrstation - Station 6 entfernt. Schließlich wird das untere Teil der Mobiltelefone zur Demontagestation gebracht.

Für die weitere Entwicklung dieser halbautomatischen Demontagezelle für gebrauchte Mobiltelefone waren einige Vorprüfungen notwendig.

Es war für die Bohr- und Fräsestation (Nr. 2) auch notwendig, eine Überprüfung durch Scheibenschleifmaschine mit unterschiedlichen Sägen und mit Fräsvorrichtungen durchzuführen. Schließlich wurde eine Fräseinrichtung als das richtige Werkzeug für diese Aufgabe gewählt. Weitere umfangreiche Überprüfungen wurden für die Demontage der Schrauben durchgeführt.

An der Abteilung „Austauschbau und Messtechnik“ des Instituts für Fertigungstechnik der TU Wien wurden die genaue Geometrie sowie die exakten Positionen der befestigten Schrauben der Mobiltelefone durch ein hochgenaues Koordinatenmessgerät (Messauflösung $0,1\mu\text{m}$) mit universeller Messsoftware UMESS-UX erfasst. Die durch KMG ermittelten Daten werden für die Positionierung des Roboters der flexiblen Demontage-Zelle aufgearbeitet und zur Verfügung gestellt. Dieses System ist in der Lage, sich an unterschiedliche positionierte Schraubverbindungen flexibel anzupassen und bietet eine optimale insbesondere wirtschaftliche und ökologische Lösung für Demontageprobleme.

5.7 Koordinatenmesstechnik und Koordinatenmessgeräte

Die Entwicklung der rechnergestützten Koordinatenmesstechnik (KMT), worunter hier immer die 3D-Koordinatenmesstechnik zu verstehen ist, begann Anfang der siebziger Jahre. Sie ist ein universelles Messverfahren, bei dem auch sehr komplexe Werkstückgeometrien mit großer Genauigkeit räumlich vermessen werden können. Seriengeräte ermöglichen Messungen mit hohen Messgeschwindigkeiten bei einer Messauflösung von 1 bis $0,1\mu\text{m}$ und sehr kleiner Messunsicherheit, die bei kleineren Geräten unter $1\mu\text{m}$ liegen kann. Messvolumina bis zu 400 m^3 und maximale Messlängen von etwa 25 m werden bereit realisiert: Bei transportablen optischen Koordinatenmessgeräten liegen diese beiden Werte noch um ein bis zwei Zehnerpotenzen höher. Charakteristisch für die Koordinatenmesstechnik ist also, dass die Geometrie des Werkstücks durch Punkte in einem räumlichen Koordinatensystem bestimmt wird. Die Geometrie jedes Werkstückes besteht aus unterschiedlichen Geometrieelementen, wie Ebene, Kugel, Zylinder, Kegel und Torus.

Bei der Koordinatenmesstechnik ist für die elektronische Darstellung der wirklichen Gestalt des Werkstückes eine Mindestanzahl von Geometriepunkten am Messobjekt nötig. Um also Formelemente mathematisch eindeutig definieren zu können, muss eine Mindestanzahl von Punkten angetastet werden. Nachfolgende Tabelle zeigt die theoretische und empfohlene Mindestanzahl für Formelemente [176].

Element	Theoretische Mindestpunktanzahl	Empfohlene Mindestpunkteanzahl
Punkt	1	1
Gerade	2	3
Ebene	3	4
Kreis	3	4
Kugel	4	6
Zylinder	5	8
Kegel	6	12
Torus	7	12

Tab. 5.3: Geometrische Ersatzelemente und Anzahl der Antastpunkte

Jedes Messgerät, das auf der Basis eines gerätetechnisch festgelegten Koordinatensystems eine Werkstückoberfläche Punktweise optisch oder taktisch erfasst und die Koordinatenwerte mit einem Rechner weiterverarbeitet, kann als Koordinatenmessgerät (KMG) bezeichnet werden. Alle KMG beinhalten folgende Funktionsgruppen:

- Lagerung
- Antrieb
- Mess- und Tastsysteme
- Computer und Rechnerperipherie
- Sonderfunktionen, wie Tastsystemwechsler, Drehtisch.

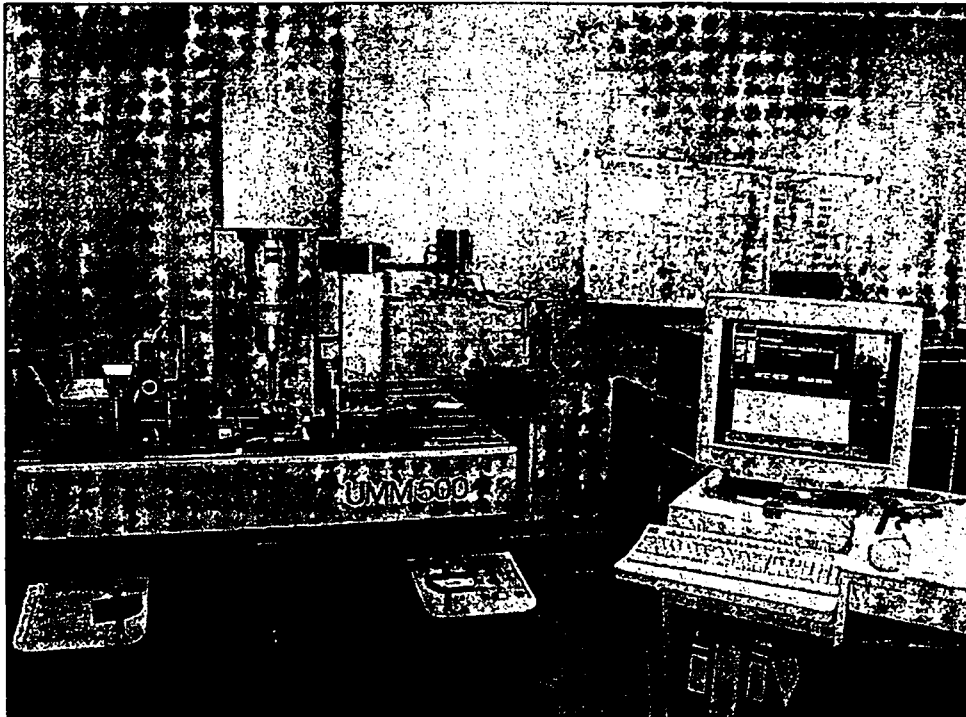


Abb. 5.12: ZEISS UMM 500

Hersteller/Maschine ZEISS UMM 500
X 500 mm
Y 200 mm
Z 300 mm
Man/Mot/CNC
Messauflösung 0,1 μm
Software UMESS UX
Erreichbare Genauigkeit 0,5+ L/700 μm

5.7.1 Messsystem und Tastsystem

Als Messsystem wird bei Koordinatenmessgeräten meist ein linear inkremental arbeitendes Wegmesssystem mit fotoelektrischer Abtastung der Strichmaßstäbe verwendet. Manche Koordinatenmessgeräte haben als zusätzliche Achse eine Drehachse, welche in Form eines Drehtisches realisiert ist. Dieser ist entweder im Gerät integriert oder er wird am Messtisch aufgespannt und ermöglicht vor allem die Vermessung von rotations-symmetrischen Teilen (z.B. Zahnräder, Nockenwellen, Verdichterro-toren). Mit Hilfe dieses Drehtisches können wesentlich größere Rotationsteile mit einfachen Tasterkombinationen gemessen werden.

Die Koordinatenmesstechnik basiert auf der Annahme, dass die Oberfläche eines Werkstückes durch endlich viele Punkte hinreichend genau beschrieben wird, um eine Qualitätsaussage zu treffen.

Die Koordinatenmesstechnik basiert auf der Annahme, dass die Oberfläche eines Werkstückes durch endlich viele Punkte hinreichend genau beschrieben wird, um eine Qualitätsaussage zu treffen.

Koordinatenmessgeräte dienen zur Identifizierung der Oberflächenpunkte und zur Zuordnung von Raumkoordinaten in einem geeigneten Koordinatensystem. Ihre Tastsysteme stellen dabei den Bezug zwischen dem Messpunkt am Prüfung und dem konstruktionsbedingten Gerätekoordinatensystem her.

Im Zuge der Automatisierung von KMG wurden Tastsysteme entwickelt, die selbständig die Berührung mit einem Werkstück melden. Bei der *Messung durch Berührung* wird das Messobjekt mit Hilfe eines Tasters angetastet. Dieser hat an der Spitze eine geometrisch sehr genau gefertigte Tastkugel (Formabweichung von der idealen Kugelform weniger als $0,25\mu\text{m}$), welche meist aus Rubin oder Keramik, sehr homogenen und verschleißfesten Materialien, gefertigt ist. Wird ein komplexeres Messobjekt vermessen, so muss, um alle gewünschten Positionen antasten zu können, statt eines einzigen Taststiftes eine Tasterkombination verwendet werden.

Die meistverwendeten Systeme arbeiten auf mechanischer Basis, wobei schaltende und messende Ausführungen unterschieden werden.

Schaltende Tastsysteme sind im Wesentlichen Schalter, die bei einer geringfügigen Auslenkung, welche durch die Berührung des Messobjektes mit dem Taster zustandekommt, ein Triggersignal abgeben. Das löst die Messwertübernahme aus (dynamische Antastung). Beim Wegfahren geht der Taster wieder in seine - meist durch drei Auflagepunkt – exakt definierte Ausgangsposition zurück.

Der Vorteil schaltender Tastsysteme ist die geringe Messkraft in Verbindung mit einer hohen Messgeschwindigkeit bezüglich Einzelmesspunkten, wobei in Abhängigkeit vom Abstand zwischen den Antastpunkten bis zu 60 je Minute erfasst werden können.

Nachteil des schaltenden Tasters ist, dass immer eine bestimmte Antastkraft auf das Werkstück wirkt und das der Taster nicht von allen Seiten mit der gleichen Genauigkeit reagiert.

Messende Tastsysteme bestehen meist aus drei rechtwinkelig zueinander angeordneten Federparallelogrammen. Prinzip der messenden Tastsysteme ist, dass bei Auslenkung der Taststiftes die Größe dieser Auslenkung festgestellt wird. Der Tastkopf bildet in sich wieder ein Koordinatenmesssystem. Er ist in drei Richtungen auslenkbar und besitzt für jede Richtung ein Messsystem. Diese Messsysteme müssen zusätzlich an die Steuerung angeschlossen werden. Somit stellt der messende Tastkopf zusätzliche Anforderungen an die Steuerung und wird daher weniger häufig eingesetzt.

Bei beiden Systemen wird die Messkraft elektrisch als Auslenkwiderstand aufgebracht. Sie ist daher oft in Stufen oder stufenlos wählbar und wird durch die Regeleinrichtung überwacht. Die Messkraft messender Tastsysteme liegt meist zwischen 0,1 und 0,5 N.

Seit einigen Jahren werden zunehmend auch *optische Tastsysteme* auf dem Markt angeboten. Optische Tastsysteme arbeiten berührungslos. Aus diesem Grund können diese hervorragend für filigrane und empfindliche Werkstücke eingesetzt werden. Bei der optischen Erfassung ist immer ein leistungsstarker Computer für die Bildererkennung notwendig. Der Computer versucht die erkannten Objekte bekannten Geometrien wie zum Beispiel einem Rechteck oder Kreis zuzuordnen.

5.7.2 Rechnerunterstützte Messprogrammeinstellung

Unabhängig von der Art der Programmierung ist der Ablauf der Schritte, die für eine Messung erforderlich sind, immer identisch. Die Wahl der Tastkombination ist ein wesentlicher Schritt für die Messung. Sie muss einerseits so erfolgen, dass alle zu vermessenden Formelemente angetastet werden können, andererseits sind zu komplizierte und vor allem zu lange Tastkombinationen zu vermeiden, da durch ihre Verbiegung eine zusätzliche Fehlerquelle entsteht.

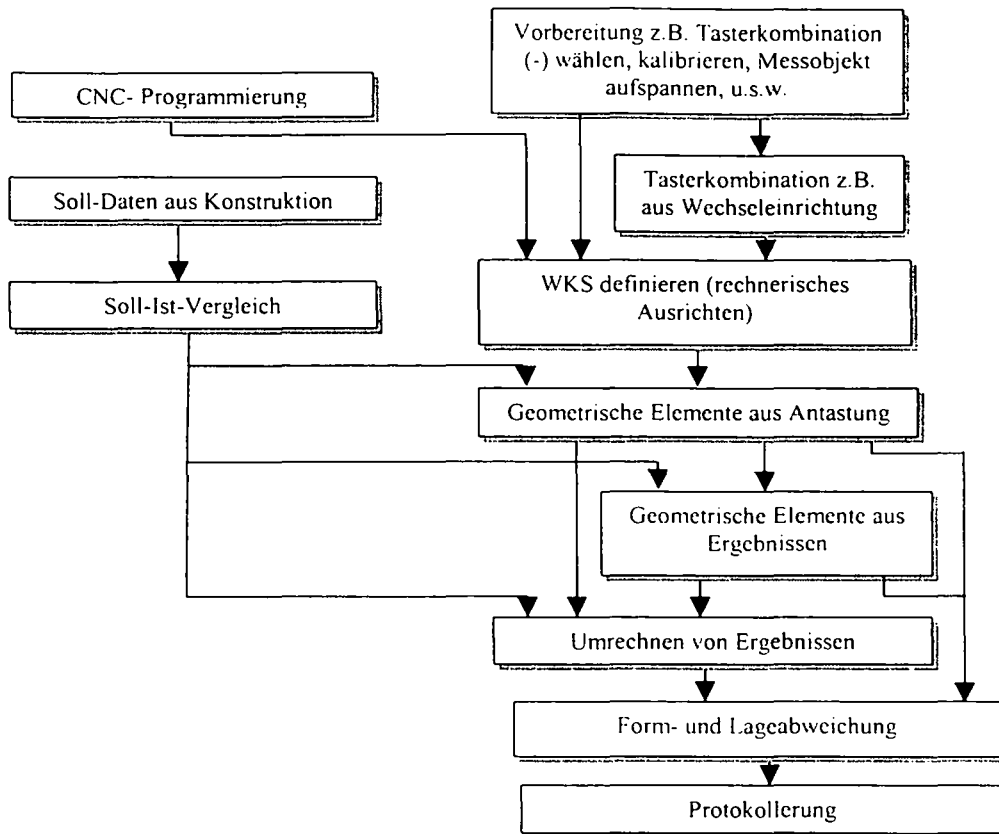


Abb. 5.13: Schritte eines Messablaufes

Durch das Antasten mit jedem verwendeten Taster an eine geometrisch hochpräzise und bekannte Kalibrierkugel kann vom Rechner eine fiktive dimensionslose „Antastkugel“ berechnet werden, auf die sich in der Folge alle Messergebnisse beziehen. Bei der Verwendung einer automatischen Tasterwechseleinrichtung braucht jede Tasterkombination nur einmal kalibriert zu werden, falls keine extrem hohen Anforderungen an die Messunsicherheit vorliegen.

Die tatsächlichen Koordinaten des angetasteten Punktes auf der Oberfläche des Messobjektes haben den Abstand R (Tastkugelradius) von den gemessenen Koordinaten, die sich auf den dimensionslosen Antastpunkt (Mittelpunkt der fiktiven dimensionslosen Antastkugel) beziehen. Um die Koordinatenwerte des Berührungspunktes zu erhalten, müssen die Koordinatenwerte des Messpunktes unter Berücksichtigung von Tasterradius R_{TK} und Normaleinrichtung der Werkstückfläche im Berührungspunkt korrigiert werden; dies wird Tasterradiuskorrektur genannt.

Bei der Berechnung von einfachen Flächenelementen aus Punkten wird die Tasterkorrektur meist nicht für jeden einzelnen Messpunkt durchgeführt, sondern erst nach der Berechnung der Ersatzfläche mit Hilfe der Messpunkte (Tastkugelmittelpunkte) durch Parallelverschiebung in

Normalenrichtung um den Tasterkugelradius R_{TK} . Bei der Messung von Freiformflächen wird die Tasterkugelkorrektur für jeden Messpunkt durchgeführt.

Der nächste Schritt ist die Definition eines Werkstückes-Koordinatensystems. Dies erfolgt durch die Antastung von Referenzelementen, wobei sich der Anwender hierbei nach den Angaben auf der Zeichnung richten muss. Das Werkstück-Koordinatensystem dient zur Transformation der Messdaten aus dem für Anwender uninteressanten Gerätekoordinatensystem.

Anschließend beginnt die Antastung der einzelnen Formelemente des Messobjektes, wobei im Allgemeinen vor der Messung die Art des Formelementes (z.B. Kreis, Zylinder, Kegel) angegeben werden muss. Dies ist von großer Bedeutung, weil die Auswertung der Messpunkte, d.h. die Berechnung des Ersatzformelementes, je nach Art des Formelementes, unter Umständen stark unterschiedliche Ergebnisse liefert.

Die Anzahl der Antastpunkte ist prinzipiell frei wählbar, wobei die Mindestpunktzahl, die für eine eindeutige mathematische Festlegung des Formelementes erforderlich ist, nicht unterschritten werden darf.

Ein übersichtliches Messprotokoll mit der Angabe von Soll- und Ist- Massen sowie ob und wie groß die Abweichung ist, wird gleichzeitig mit dem Prüfvorgang ausgedruckt.

5.8 Messablauf des Mobiltelefons

Auf der Grundlage der Koordinatenmesstechnik erfolgt die Erfassung von Messpunkten durch Antasten an der Werkstückoberfläche in Bezug auf ein Referenzkoordinatensystem.

Das folgende Beispiel zeigt eine einfache Messung mit einem Koordinatenmessgerät und die erforderlichen Operationen. Im Bild sind kurz das Messproblem und seine Lösung skizziert. Auf der Ebene des Mobiltelefons sollte die Distanz (der Abstand) zwischen den Schrauben gemessen werden.

Die Messung und die Auswertung können dann wie folgt aussehen:

- Selbstzentrierendes Antasten von sechs Befestigungsschrauben (P1...P6)
- Erfassung der Schrauben Positionen in Bezug auf rechtwinkliges kartesisches Werkstückkoordinatensystem
- Berechnung die Distanz der Schraubmittelpunkte

Die durch KMG ermittelten Daten werden für die Positionierung des Roboters der flexiblen Demontage-Zelle zur Verfügung gestellt. Dieses System ist in der Lage, sich an unterschiedlich positionierte Schraubverbindungen flexibel anzupassen und bietet eine optimale Lösung für Demontageprobleme.

6. Zusammenfassung

In der betrieblichen Praxis verfolgen Managementsysteme als grundsätzliches Ziel die Verbesserung von betrieblichen Abläufen und damit verbunden der Steigerung der betrieblichen Effizienz. Jedes Unternehmen braucht heute grundsätzlich betriebseigene Strukturen und Verfahrensanweisungen, um effektiv und wirtschaftlich zu arbeiten und dem enormen Konkurrenzdruck gewachsen zu sein.

Neben den klassischen Organisationsmechanismen wie Finanzmanagement, Personalmanagement und anderen Managementbereichen rücken zwei Begriffe zunehmend in den Wirkungskreis der Unternehmen, hinter denen bedeutende Instrumente der betriebswirtschaftlichen Effektivitätssteigerung stecken: Qualitätsmanagement und Umweltmanagement.

Die Erkenntnis, dass bessere Qualität zu günstigeren Preisen die Kundenzufriedenheit steigert, die Qualitätsverbesserung zu einem besseren Absatz von Produkten und somit zu einer Steigerung der betrieblichen Effektivität führt, ist nicht neu. Qualitätssicherungssysteme gibt es daher in vielen Betriebsbereichen seit Jahrzehnten in Großunternehmen. Die Vorteile der Einführung und systematischen Anwendung eines auf den Betrieb zugeschnittenen Qualitätsmanagementsystems sind daher in der Regel für jede Unternehmensleitung leicht nachvollziehbar. Entsprechend stark ist die Nachfrage nach zertifizierten Betrieben bezüglich des Qualitätsmanagements. Öffentliche Auftraggeber verlangen heute eine entsprechende Zertifizierung nach ISO 9000 als Zugangsvoraussetzung zum Vergabeverfahren. Aus dieser Konstellation heraus sind auch Umweltmanagementsysteme zu einem nahezu selbstverständlichen Instrument geworden.

Ein Umweltmanagementsystem, kurz UMS, bietet Unternehmen einen strukturierten Prozess und ein systematisches Vorgehen für die Verwirklichung von selbst gesetzten Umweltzielen. Sie können damit sicherstellen, dass gesetzliche und behördliche Vorschriften umgesetzt und beachtet werden. Umweltbetriebsprüfungen durch interne oder externe Fachleute dienen dazu, die Wirksamkeit eines UMS zu überwachen. UMS können nach den Vorgaben der internationalen Norm ISO 14001, der europäischen EG-Öko-Audit-Verordnung-EMAS, der internationalen Qualitätsmanagementnorm ISO 9001 oder nach anderen Vorgaben durchgeführt werden.

Ziel eines Umweltmanagementsystems ist die kontinuierliche Verbesserung der betrieblichen Umweltleistungen, insbesondere der Veränderungen der von einem Unternehmen ausgehenden Umwelteinflüsse.

Die industrielle Produktion wird immer stärker unter dem Fokus der damit verbundenen Umweltwirkungen betrachtet. Die Ökobilanz ist ein Instrument, um Umweltwirkungen abzuschätzen. Die Besonderheit dieses international genormten Verfahrens besteht darin, dass der gesamte Lebensweg der Produkte bilanziert wird. Hierbei werden die Stoff- und Energieflüsse in einem Produktionssystem, einschließlich der Vorketten, und die damit verbundenen Emissionen und Ressourcennutzungen erfasst. Ressourcen und Emissionen, die ähnliche Wirkungen in der Umwelt hervorrufen, werden dabei in Umweltwirkungskategorien zusammengefasst. Je höher das dadurch berechnete Wirkungspotential ist, umso negativer ergeben sich die Umweltwirkungen.

Bei den Verbrauchsmaterialien von Unternehmen gehen technologische Innovationen und ein verantwortungsvoller Umgang mit der Umwelt Hand in Hand.

Die Unternehmen unterstützen branchenführendes und auf die Zukunft ausgerichtetes Konzept für den kompletten Lebenszyklus eines Produktes, das weit über das reine Recycling hinausgeht. Betrachtet man den Lebenszyklus eines Produktes, so ergeben sich die Anforderungen an ein Produkt aus der Summe der Einzelanforderungen der einzelnen Lebenszyklusphasen. Während in der Vergangenheit häufig nur die Phasen Entwicklung, Herstellung, Distribution sowie Nutzung oder Service in die Betrachtung einbezogen wurden, formulieren sich die Anforderungen heute zunehmend aus der vollständigen Betrachtung der Produkte bis hin zu ihrem Lebensende.

Dies bedeutet entsprechend der zusätzlichen Berücksichtigung der End-of-Life Phasen Recycling und Demontage der Produkte sowie Redistribution und Entsorgung.

Die Zusammenstellung von abgeschlossenen und gegenwärtig laufenden Forschungsvorhaben im Bereich „Integrierter Umweltschutz in der Elektro- und Elektronikindustrie“ zeigt einen deutlichen Schwerpunkt der Aktivitäten im Bereich der Endphase eines Produktes, d.h. hinsichtlich Separation und Demontage, werkstofflichem Recycling und übergreifendem End-of-Life-Management.

Vor dem Hintergrund zu berücksichtigender Anforderungen aus der End-of-Life-Phase von Produkten kommt der Bereitstellung geeigneter Hilfsmittel in der Konstruktionsphase, die die Auswirkungen eines Konstruktionsvorschlages hinsichtlich der Demontage- und Recycling-Gerechtigkeit bewerten, eine besondere Bedeutung zu.

Das Anwachsen der Menge an Altgeräten - bedingt durch den schnellen Fortschritt auf dem Elektroniksektor und der damit verbindenden Kurzlebigkeit der Geräte - wird zu einer Automatisierung in der Demontage führen, um ein verbessertes wirtschaftliches Ergebnis zu erzielen.

Eine hohe Qualität von Produkten und Prozessen erfordert angepasste und flexible Messtechnik. Die Anwendung messtechnischer Grundlagen und der richtige Einsatz von Messeinrichtungen unter Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften sind wesentliche Voraussetzungen der Qualitätssicherung im allgemeinen und in der Industrie im besonderen. Die Fertigung von Produkten erhöhter Leistungsfähigkeit und Komplexität stellt Anforderungen an moderne Messgeräte im Bereich der werkstückorientierten Fertigungsmesstechnik. Gleichzeitig wachsen die bereits erhöhten Anforderungen an die industrielle Messtechnik im Rahmen des Qualitätsmanagements und des Umweltmanagements noch weiter an.

Mit der Entwicklung der Koordinatenmesstechnik wurde ein wichtiger Schritt in Richtung gesteigerter Effizienz der Produktionsmesstechnik vollzogen. Diese Technologie des Messens eignet sich insbesondere für Werkstücke, bei denen viele unterschiedliche Messaufgaben an einem Teil bezüglich ihrer Maß-, Form- und Lageabweichung von Geometrie-Elementen zueinander zu erfüllen sind. Mit der Rechnerunterstützung können die erfassten Koordinatenwerte zu den eigentlichen Messergebnissen verknüpft werden. Bedingt durch die Eigenschaft der KMG, Punkte an der Oberfläche eines Werkstückes in einem rechtwinklig kartesischen Koordinatensystem zu erfassen, werden auch Werkstücke mit komplexer Geometrie, wie zum Beispiel elektronische Geräte, auf rechnerunterstützten Koordinatenmessgeräten mit größter Genauigkeit gemessen.

Mobiltelefone sind aufgrund des hohen Anteils an Wertstoffen und funktionalen Komponenten als auch wegen der noch immer verwendeten toxischen Materialien kein Produkt für die Mülltonne oder Deponie. Die Verlängerung der Lebensdauer dieser Produkte bzw. deren funktionaler Komponenten ist aus Sicht der Ressourcenschonung und einer nachhaltigen Entwicklung sehr sinnvoll und daher grundsätzlich wünschenswert.

An der der Abteilung "Austauschbau und Messtechnik" des Instituts Fertigungstechnik der TU Wien wurden sowohl die jeweilige Geometrie als auch die exakten Positionen der Befestigungsschrauben an den unterschiedlichen Mobiltelefonen mit einem hochgenauen CNC-Koordinatenmessgerät "UMM 500", sowie durch ein Universal-Messprogramm "UMESS-UX" mit hoher Genauigkeit (Messauflösung: $0,1\mu\text{m}$) erfasst. Die durch das KMG ermittelten Daten werden im Hinblick auf die Positionierung des Roboters der flexiblen Demontage-Zelle ausgewertet. Das Demontage-System ist damit in der Lage, sich beispielsweise unterschiedlich positionierten Schraubverbindungen flexibel anzupassen, und bietet eine optimale und insbesondere wirtschaftliche und ökologische Lösung für Demontageprobleme in diesem Bereich.

7. Anhang

7.1 Literaturverzeichnis

- [1] **Bergbauer, A.:** Die Unternehmensqualität messen - den Europäischen Qualitätspreis gewinnen, Expert -Verlag, 1998, S 15.
- [2] **Pirsig, R.:** Zen und die Kunst ein Motorrad zu warten, Fischer-TB.-Verlag Frankfurt a.M., 1991, S. 185
- [3] **Garvin, D. A.:** What does Product Quality Really Mean? In: Sloan Management Review, Fall 1984, S. 28
- [4] **Oess, A.:** Total Quality Management – die ganzheitliche Qualitätsstrategie, Wiesbaden, Gabler Verlag, 1993, S. 30-31
- [5] **Runge, J.:** Schlank durch Total Quality Management - Strategien für den Standort Frankfurt / New York, Campus, 1994, S. 32
- [6] **Raidl, M.:** Qualitätsmanagement in Theorie und Praxis - eine Verbindung von Instrumenten der empirischen Sozialforschung und der Einsatz und Nutzen für die Praxis. Eine empirische Studie in einer süddeutschen Privatklinik. München, 2001, <http://www.ceval.de>
- [7] **Kastreuz, G.:** Management von Qualität und Zuverlässigkeit im Einkauf, Braunschweig, Verlag Vieweg, 1994, S. 15
- [8] **Seghezzi, H.:** Qualitätsmanagement, Ansatz eines St. Galler Konzepts Integriertes Qualitätsmanagement, Entwicklungstendenzen im Management, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, Zürich: Verlag Neue Züricher Zeitung), 1994, S. 7
- [9] **Stockmann, R.:** Qualitätsmanagement und Evaluation –Konkurrierende oder sich ergänzende Konzepte?, Centrum für Evaluation (CEval) Universität des Saarlandes, 2002, <http://www.ceval.de>
- [10] **LfL:** Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ernährungswirtschaft und Markt (IEM) Internet: <http://www.LfL.bayern.de>
- [11] **Seghezzi, H.:** Qualitätsmanagement: Ansatz eines St. Galler Konzepts, Integriertes Qualitätsmanagement, Stuttgart: Schäffer Poeschel Verlag , 1994, S.17
- [12] **Simon, W.:** Quo vadis Qualitätsmanagement - Zwischenbilanz und Ausblick. Beitrag für das Qualitätsjahrbuch 2000; Hanser-Verlag, München, 2000, www.q-pool-100.de
- [13] **Rechnungswesen und Controlling:** Fachinformationen des Verbandes der Diplom - und Fachausweisinhaber veb.ch, 11. Jahrgang, Ausgabe Herbst 2002, S. 8-10
- [14] **Bondt, R.:** Wie verpflichtet man Manager auf Qualität? Einzug von William Edwards Deming auch in Europa, Neue Züricher Zeitung Samstag/Sonntag, 11./12. Dezember 1999, Nr. 289
- [15] **Schubert, H., Zink, K. (Hrsg.):** Qualitätsmanagement in sozialen Dienstleistungsunternehmen. Neuwied; Krißel/Ts.; Berlin, 1997, S. 171
- [16] **Kamiske, G., Brauer, J. P.:** Qualitätsmanagement von A bis Z: Erläuterungen moderner Begriffe des Qualitätsmanagements, München, Wien, 1999. S. 52.
- [17] **Crosby, P. B.:** Qualitätsmanagement, Wien, Frankfurt, 2000, S. 213ff
- [18] **Bergbauer, A.:** Die Unternehmensqualität messen- den Europäischen Qualitätspreis gewinnen, Expert - Verlag, 1998, S. 15ff
- [19] **RFH Köln :** Was ist QM - Qualitätsmanagement, 2004, www.was-ist-qm.de
- [20] **Boutellier, R., Masing, W (Hrsg.):** Qualitätsmanagement an der Schwelle zum 21. Jahrhundert. München, Verlag Carl Hanser, 1998, S. 53.
- [21] **ISO 8402:1994:** enthält "Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung - Begriffe", Sand März 1994, S. 35
- [22] **Kamiske, Gerd F., Umbreit, G.:** Qualitätsmanagement eine multimediale Einführung, Verlag Carl Hanser, München, 2001, S. 123

- [23] **Hummel, T., Malorny, C.:** Total Quality Management, München; Wien, 1997, S. 5
- [24] **Linnert, P.:** Crössere Markterfolge durch Total Quality Management (TQM), Wien, Service Fachverlag 1992, S.15.
- [25] **Freidinger, R.:** Geschäftsprozesse im Unternehmen optimieren. Manuskript zum Vortrag Arbeitskreis Controlling, 05.12.2003, S. 24 <http://www.cms.fh-pforzheim.de/inhalt/vbfh/images/ct11freidinger1.pdf>
- [26] **Ebel, B.:** Qualitätsmanagement. Herne Berlin, Neue Wirtschafts-Briefe Verlag, 2001, S. 65
- [27] **European Foundation For Quality Management:** Die Leistung steigern mit dem EFQM - Modell für Business Excellence, Brüssel, Eigenverlag, 1998, S. 8-10
- [28] **Krick, U.:** Methodik zur Unternehmensspezifischen Unterstützung des EFQM- Modells (Excellence Scoring), Aachen: Schaker, 2002, S. 8-12
- [29] **Ulrich, H.; Probst, G.:** Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln: ein Brevier für Führungskräfte, Bern, Stuttgart: Haupt Verlag, 1991, S. 39
- [30] **Thaller, G. E.:** Von ISO 9001 zu TQM, Berlin, Offenbach, 2001, S. 24
- [31] **Wagner, K.W.:** PQM - Prozessorientiertes Qualitätsmanagement - Leitfaden zur Umsetzung der ISO 9001:2000. München Wien, Carl Hanser Verlag, 2003, S. 101
- [32] **Osanna, P.H., Durakbasa M.N., Afjehi-Sadat, A.:** Qualitätsicherung und Qualitätsmanagement, TU Wien, S. 15
- [33] **Brunner, F., Wagner, K.:** Taschenbuch Qualitätsmanagement .Leitfaden für Ingenieure und Techniker, 2004, S. 335
- [34] **ÖNORM EN ISO 9000:** Qualitätsmanagementsysteme: Grundlagen und Begriffe, Ausgabe 2000-12-17
- [35] **Seghezzi, H. D.:** Qualitätsstrategien. Anforderungen an das Management der Zukunft Hanser, 1993, S. 28
- [36] **Österreichisches Normungsinstitut:** Das neue ABC des Qualitätsmanagement CONNEX Fachzeitschrift für Nationale, Europäische und Internationale Normen, № 143, November 2005, S. 2
- [37] **Pinter, E.:** ISO und EFQM sind keine Gegensätze. In: Krankenhaus Umschau, Sonderheft EFQM – das Qualitätsmodell der European Foundation for Quality Management. Kulmbach: Baumann, 1999, S. 26
- [38] **Klausegger, C., Scharitzer, D.:** Instrumente für das Qualitätsmanagement in NPOs. In: Eschenbach, Rolf (Hrsg.): Führungsinstrumente für die Nonprofit Organisationen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag. 1998, S. 371, 387
- [39] **Heller, R.:** The Quality Makers. Die Wegbereiter der europäischen Qualitätsrevolution und ihre Konzepte, Zürich 1993, Orell Füssli, S. 17
- [40] **Rötzel-Schwunk, I., Rötzel, A.:** Praxiswissen Umwelttechnik-Umweltmanagement. Technische Verfahren und betriebliche Praxis, Verlag Vieweg, Braunschweig/ Wiesbaden, 1998, S. 379, 387.
- [41] **Dyckhoff, H.:** Umweltmanagement, Verlag Springer, 2000, S. 47
- [42] **Weinzierl, H.:** Das 21. Jahrhundert - Vision von einer Ära des Naturschutzes von Gerd Micheln, Udo E. Simonis, Siegfried de Witt "Ein Grenzgänger der Wissenschaften", Verlag Edition Sigma, BERLN, 2001, S. 12
- [43] **Umwelt Journal.:** Fachzeitschrift für Umwelttechnik, Energie, Abfallwirtschaft, Pb.b Verlagspostamt A-1170, Wien, Ausgabe 3, Mai 2005
- [44] **Osanna, P.H., Afjehi-Sadat, A., Durakbasa, M.N.:** Qualitätsmanagement und Prüfwesen, 2003, TU Wien, AUM, S.157
- [45] **Das 6. Umweltaktionsprogramm:** Marschrichtung bis 2010, (Dok.: A5-0456/2001) <http://www.dihk.de/eic/umwelt/Umweltaktionsprogramm.doc> .
- [46] **Sixth Environment Action Programme:** Environment 2010, Our Future, Our Choice, 2001 <http://europa.eu.int/comm/environment/newprg/index.htm>)

- [47] **UMWELTBUNDESAMT, Österreich:** EU-Handlungsfelder Beeinflussung von Funktionen der Landschaft durch sektorale Planungen, 29.4.2004, <http://www.oerok.gv.at>
- [48] **Lemke, C.:** Internationale Beziehungen. Grundkonzepte, Theorien und Problemfelder, München 2000, S. 75
- [49] **Fröhling, W.:** Umweltschutz: Grundlagen moderner Ökologie, Fortis Verlag FH, Wien, 1998, S. 25
- [50] **Bach, W.:** Klimaschutz für das 21. Jahrhundert, Lit Verlag Münster-Hamburg-London, 2000, S. 287
- [51] **Gründinger, W.:** Öko-Realismus, Schardt Verlag, 2002, S. 30
- [52] **Cubasch, U., Kasang D.:** Anthropogener Klimawandel, Verlag KLETT-Perthes, Gotha und Stuttgart, 2000, S. 40
- [53] **Frank, N (Hrsg.):** Umweltkompetenz als neue Kulturtechnik, Auer Verlag, 2002, S. 33
- [54] **EEA:** Europe's environment.: The third assessment, European Environment Agency (EEA), Copenhagen 2003, www.eea.eu.int
- [55] **Ökologie und Sozialismus.:** Entwurf zur Vorlage an den Weltkongress der IV. Internationale, 2001. <http://www.inprekorr.de/oeko.htm>
- [56] **Pätzold, J.:** Umweltökonomik und Umweltpolitik, http://www.juergen-paetzold.de/umwelt/3_umwelt_Begleiter.html
- [57] **EEA:** Die Umwelt in der Europäischen Union an der Jahrhundertwende, Europäische Umweltagentur, 1999
- [58] **EEA:** Die Umwelt in Europa: Der zweite Lagebericht (<http://reports.de.eea.eu.int/92-828-3351-8/de/page006.html>)
- [59] **UVEK:** Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie, Kommunikation . Energievorlagen: Chancen für die Wirtschaft – starke positive Wirkung auf die Umwelt, Pressemitteilung, Bern, 26. Juli 2000,
- [60] **Hopf, R., Voigt, U.:** Verkehr, Energieverbrauch Nachhaltigkeit, Phusica-Verlag, ein Unternehmen des Springer-Verlags, 2004, S. 149
- [61] **KfW Bankengruppe:** Förderung der Entwicklungsländer, Energie und Umwelt, Frankfurt, September 2003
- [62] **Umweltbundesamt:** Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen.: Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2003, S. 46
- [63] **Ritt, T.:** Soziale Nachhaltigkeit: Von der Umweltpolitik zur Nachhaltigkeit?, Informationen zur Umweltpolitik, , S. 105
- [64] **Osterreichs Internetportal für nachhaltige Entwicklung:** <http://www.nachhaltigkeit.at>
- [65] **EEA:** Die Umwelt in Europa: Der Dritte Lagebericht, Europäische Umweltagentur, 2003, http://www.reports.eea.eu.int/environmental_assessment_report_2003_10sumdekiev_de.pdf
- [66] **Schikorra, U.:** Umweltmanagement in Banken, Deutscher Universität Verlag, 1995, S. 66
- [67] **Wicke, L., Haasis, M., -D., Schlafhausen, F., Schulz, W.:** Betriebliche Umweltökonomie, Eine praxisorientierte Einführung, München, Verlag Vahlen, 2000, S. 41
- [68] **Meffert, H., Kirchgeorg, M.:** Marktorientiertes Umweltmanagement, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart 1998, S. 202
- [69] **Walter, K.:** Wettbewerbsvorteile durch Umweltmanagement, VDM Verlag Dr. Müller, Berlin 2005, S. 79-80
- [70] **Theuer, A.:** Umweltaudit und strafrechtliche Verantwortlichkeit, in Handbuch Umweltaudit, München, 1998, S. 17-19
- [71] **Pischon, A.:** Integrierte Managementsysteme für Qualität, Umweltschutz und Arbeitssicherheit, Springer-Verlag, Berlin, 1999, S. 178

- [72] **Meier, S.:** Ökologische Modernisierung, Umweltmanagement und organisationales Lernen. Eine Analyse organisationaler Lernprozesse beim Aufbau eines Umweltmanagementsystems in Kleinbetrieben der Baubranche Dortmund, 2002 <http://www.sfs-dortmund.de>
- [73] **Hopfenbeck, W.:** Öko-Controlling: Umdenken zahlt sich aus!, Landsberg, Lech., 1993, S. 145
- [74] **Butterbrodt, D.:** Integration von Qualität- und Umweltmanagementsystemen und ihre betriebliche Umsetzung, Berlin 1997, S. 33-34
- [75] **Britische Norm BS 7750:** Spezifikation für Umwelttechnische Managementsysteme, 1992
- [76] **Pachomova, N., Endres, A., Richter, K.:** Umwelmanagement, Verlag Piter, Sankt - Petersburg, Russland, 2003, S. 339 – 340
- [77] **Kanzian, R (Hrsg.):** Umwelt-, Gesundheits-, Sicherheits- Managementsysteme, Donau - Universität Krems, Wien, 2001, S. 23
- [78] **Schwalbe, L.:** Optimierung der betrieblichen Abfallwirtschaft auf der Basis der EMAS, Darmstadt, Juni 2002, S. 37
- [79] **Große, H., Ehrig, S, Lehmann, G.:** Umweltschutz und Umweltmanagement in der gewerblichen Wirtschaft: EMAS und ISO 14001 in Praxis und Entwicklung - ein Leitfaden, Expert -Verlag, 2000, S. 33
- [80] **Der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr der Freien: Hansestadt Bremen.:** Implementierung des Umweltmanagementsystems nach EMAS, Umwelterklärung 2003, Bremen, www.EMASBrosch2004.pdf
- [81] **UVM:** Eine Gemeinschaftsinitiative des Bundes, der Länder, der deutschen Wirtschaft, der Gewerkschaften und der Umweltverbände, EMAS und das Logo, www.emas-logo.de
- [82] **UVM:** Ministerium für Umwelt und Verkehr, Baden-Württemberg, EMAS - Umweltorientierte Unternehmensführung, <http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt2/oaudit>
- [83] **UMW Wien:** EMAS - das betriebliche Umweltmanagementsystem. Die EMAS - Verordnung <http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/uvpsupemas/umweltmanagement/>
- [84] **EMAS - Newsletter:** the Eco-Management and Audit Scheme, issue # 02 December 2003, http://europa.eu.int/comm/environment/emas/pdf/newsletter/december_03.pdf
- [85] **Osanna, P.H., Afjehi-Sadat, A., Durakbasa, M.N.:** Qualitätsmanagement und Prüfwesen, TU AuM, 2004, S. 160ff
- [86] **Baumann, W., Kössler, W., Promberger, K.:** Betriebliche Umweltmanagementsysteme, Anforderungen, Umsetzung, Erfahrungen, Linde Verlag, 2003, S. 25-29
- [87] **EN ISO 14001:** Umweltmanagementsysteme - Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung, September 1996
- [88] **ISO 14001:** Umwelt-Management Die Registrierungsstelle für zertifizierte Unternehmen, 2004 www.qm-world.de
- [89] **Paeger, J.:** Vorteile eines Umweltmanagementsystems, Paeger Consulting, 2004, http://www.paeger-consulting.de/html/integrierte_managementsysteme.html,
- [90] **Jubel, S.:** Kaum Neues oder großer Anpassungsbedarf? – Was bringt die DIN EN ISO 14001:2004 dem Umweltmanagement?, http://www.bildung4me.de/tuevakad2/nl8/nl8_11_01.html
- [91] **EN ISO 14001:2004:** Umweltmanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung
- [92] **BMU:** Umwelt Weltweites Umweltmanagement, Novelle der ISO 14001 in Kraft getreten, № 3/2005, S. 13
- [93] **Grün, K:** KMUs: Ambivalentes Verhältnis zum Umweltmanagement, Fachzeitschrift für nationale, europäische und internationale Normen "Connex", 143/ November 2005, S. 7
- [94] **Felix, R.:** Beziehungen und Synergien von Managementsystemen am Beispiel der Integration von Qualitäts- und Umweltmanagementsystemen, Bamberg 1999, S.105

- [95] **ISO 14001:** Die deutsche Website zur Umweltmanagementnorm, Was hat EMAS mit ISO 14001 zu tun?, www.14001news.de
- [96] **Illge, L.:** Integrierte Produktpolitik: Chancen für Umwelt- und Wirtschaftspolitik verstärkt nutzen. Wochenbericht des DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung) Berlin 50/02, www.diw.de
- [97] **Rubik, F.:** Integrierte Produktpolitik, Metropolis Verlag, Marburg, 2002, S. 90
- [98] Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Grünbuch zur integrierten Produktpolitik. Brüssel, den 07.02.2001, <http://europa.eu.int/comm/environment/ipp/>.
- [99] **STMUGV, Bayern:** Bayerisches Staatsministerium Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz. Informationen und Empfehlungen zur Integrierten Produktpolitik (IPP) in Marketingkonzepten Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, 1. Auflage 2005, www.stmugv.bayern.de
- [100] **Baumast, A., Pape, J (Hrsg.):** Betriebliches Umweltmanagement, Theoretische Grundlagen, Praxisbeispiele, Eugen Ulmer GmbH & Co., 2003, S. 234-235
- [101] **STMWIVT, Bayern:** Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie Integriertes Managementsystem. Ein Leitfaden für kleine und mittlere Unternehmen 11/2003, www.stmwivt.bayern.de
- [102] **UMWELTBUNDESAMT:** Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Umweltmanagement in Unternehmen Aserbaidschans, Forschungsbericht 299 19 122, Juli 2002, S 15-16
- [103] **Eyerer, P., Schuckert, M., Beddies, H., Florin, H., Hesselbach, J., Saur, K.:** Life Cycle Engineering als Basis für Produktentscheidungen, Ganzheitliche Betrachtungen im Automobilbau, VDI-Bericht 1307, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1996/2
- [104] BASF Aktiengesellschaft: Ökobilanz und Ökoeffizienz, Instrumente zur nachhaltigen Produktentwicklung, Technische Information für Experten 04/99, Deutschland, www.basf.de
- [105] **Baumast, A., Pape, J (Hrsg.):** Betriebliches Umweltmanagement, Theoretische Grundlagen, Praxisbeispiele, Eugen Ulmer GmbH & Co., 2003., 162-163
- [106] **Grund, S.K.:** Ziele und Rahmenbedingungen von bzw. für Ökobilanzen, in "Nutzen von Ökobilanzen": Der Schriftenreihe GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik, Heft 85, Clausthal-Zellerfeld, 1999, S.13
- [107] **Kensy, R.:** Japanische Wirtschaftsstrukturen und multinationale Unternehmung aus der Sicht der Postmoderne, 1995, S.12
- [108] **Carsten, C.:** Ökobilanzen: Entwurf und Beurteilung einer allgemeinen Regelung, Werner-Verlag, Düsseldorf, 1995, S.8
- [109] **Braunschweig, A.:** Ökobilanz für Unternehmen: Einführung, Ziele, Anforderungen, St. Gallen, 1992, S. 26
- [110] **Bechmann, G., Jörissen, J.:** Technikfolgenabschätzung und Umweltverträglichkeitsprüfung: Konzepte und Entscheidungsbezug. Vergleich zweier Instrumente der Technik –und Umweltpolitik, Kritische Vierteljahresschrift für Gesetzgebung und Rechtswissenschaft 2, 1992, S. 140
- [111] **Adolf von Röpenack.:** Überblick der aktuellen Instrumente zur Stoffstromanalyse und Planung, Vorträge beim 36 Metallurgischen Seminar des Fachausschusses für Metallurgische Aus- und Weiterbildung der GDMB, Heft № 85, Hamburg, 17-19 November, S.11
- [112] **Stahl, B.:** Methodenvergleich und Methodenentwicklung zur Lösung der Bewertungsproblematik in Produktbezogen Ökobilanzen, Dissertation, Bremen, 1998, S.4-11
- [113] **Michaelis, P:** Betriebliches Umweltmanagement. Grundlagen des Umweltmanagements. Verlag Neue Wirtschaft Briefe, Berlin, 1999, S. 96







- [114] **Rötzel-Schwunk, I., Rötzel, A.:** Praxiswissen Umwelttechnik-Umweltmanagement. technische Verfahren und betriebliche Praxis, Verlag Vieweg, Braunschweig/ Wiesbaden, 1998, S. 347-348
- [115] **UMW:** Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt, Handbuch Umweltcontolling, 2 Ausgabe, Verlag Franz Vahlen München, 2000, S. 201.
- [116] **Prösler, M.:** Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Bundesverband der Deutschen Industrie e.V., Umweltbundesamt, Prösler Kommunikation, www.proesler.de
- [117] **ISO 14040:** Umweltmanagement – Ökobilanz Grundsätze und Rahmenbedingungen, (ISO/DIS 14040:2005), S. 9
- [118] **Freimann, J (Hrsg.):** Werkzeuge erfolgreichen Umweltmanagements. Ein Kompendium für die Unternehmenspraxis, Wiesbaden: GABLER, 1999, S. 116
- [119] **UMW:** Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt, Handbuch Umweltcontolling, 2 Ausgabe, Verlag Franz Vahlen München, 2000, S. 302
- [120] **Frischknecht, P., Schmied, B.:** Umgang mit Umweltsystemen. Methodik zum Bearbeiten von Umweltproblemen unter Berücksichtigung des Nachhaltigkeitsgedankens, Ökom Verlag, München, 2002, S. 127
- [121] **ISO 14044:2005:** Umweltmanagement – Ökobilanz, Anforderungen und Anleitungen S. 15-16
- [122] **Ackermann, R .:** Ökonomische Beurteilung auf Basis von Sachbilanzen, Vorträge beim 36 Metallurgischen Seminar des Fachausschusses für Metallurgische Aus- und Weiterbildung der GDMB, Heft № 85, Hamburg, 17-19 November, S. 31
- [123] **Darko, C.:** "Umweltmanagementsysteme", Dissertation TU - Wien, 2000, S. 132
- [124] **Baumast, A., Pape, J. (Hrsg.):** Betriebliches Umweltmanagement. Theoretische Grundlagen, Praxisbeispiele, 2003, Verlag Eugen Ulmer GmbH &Co, S. 166-167
- [125] **ISO 14040:2005:** Umweltmanagement – Ökobilanz Grundsätze und Rahmenbedingungen, S. 20
- [126] **Klöpffer, W., Renner, I.:** Life cycle impact categories: the problem of new categories and biological impacts, Part I: Systematic approach. Abstract and Presentation at SETAC Europe 13th Annual Meeting. Hamburg: SETAC, 2003
- [127] **Lundie, S.:** Ökobilanzierung und Entscheidungstheorie: praxisorientierte Produktbewertung auf der Basis gesellschaftlicher Werthaltungen, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 1999, S. 256
- [128] **Bohnacker, J.A.:** Einfluss von Recyclingverfahren auf die umweltliche Produktbilanz“ Shaker Verlag, Aachen 1998, S. 27
- [129] Bundesministerium und Umweltbundesamt. Handbuch Umweltkontrolling, 2 Ausgabe, Verl. Franz Vahlen München, S. 309
- [130] ISO 14044:2005: Umweltmanagement – Ökobilanz, Anforderungen und Anleitungen, S. 9
- [131] **Klöpffer, W., Kurth, S., Renner, I., Schüler, D.:** Entwicklung eines Modells zur Berücksichtigung der Risiken durch nicht bestimmungsgemäße Betriebszustände von Industrieanlagen im Rahmen von Ökobilanzen, Forschungsbericht, Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin, August 2004, <http://www.umweltbundesamt.de>
- [132] **ISO 14044:2005:** Umweltmanagement – Ökobilanz, Anforderungen und Anleitungen, S. 33-34.
- [133] **ISO 14044:2005:** Umweltmanagement – Ökobilanz, Anforderungen und Anleitungen, S. 39
- [134] **Lundie,S.:** Ökobilanzierung und Entscheidungstheorie: praxisorientierte Produktbewertung auf der Basis gesellschaftlicher Werthaltungen“, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 1999, S. 36



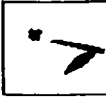
- [135] **Schaltegger, S.**: Einführung und normatives Umweltmanagement, in: Stefan Schaltegger (Hrsg.): Studium der Umweltwissenschaften. Berlin: Verlag Springer, 2000, S. 113-133.
- [136] **Lang, C., Springer, S., Beucker, S.**: Life Cycle e-Valuation Produkt, Service, System, Nova-net Konsortium, Stuttgart Juni 2004, novanetbscw.ivm.iao.fhg.de/pub/bscw.cgi/d1896/Life_Cycle_e-Valuation-Final.pdf
- [137] **Weidenhaupt, A.**: Simplifying LCA: Just a Cut? , Nachbearbeitung des 4. Diskussionforum Ökobilanzen vom 20.5.1997 der ETH Zürich 1997, S. 3
- [138] **EEA**: Report to the European Environment Agency, Life Cycle Assessment (LCA) - A guide to approaches, experiences and information sources, Copenhagen, Denmark, 1997, S. 32
- [139] **Carsten, C.**: Ökobilanzen: Entwurf und Beurteilung einer allgemeinen Regelung, Werner-Verlag, Düsseldorf, 1995, S. 73-74
- [140] **Schwister, K.**: „Taschenbuch der Umwelttechnik“, Fachbuchverlag Leipzig, 2003, S. 114
- [141] Bundesministerium und Umweltbundesamt, Handbuch Umweltcontrolling, 2. Ausgabe, Verl. Franz Vahlen München, S. 228
- [142] **Priewasser, R.**: Das Konzept der Nachhaltigkeit und seine Anwendung in den Bereichen Energienutzung und räumliche Mobilität; Peter Lang GmbH Europäische Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main, 2003, S. 95-96)
- [143] **Böning, J. A.**: Methoden betrieblicher Ökobilanzierung. Metropolis, Marburg, 1994, S. 191f.
- [144] **BUWAL**: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.): Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit. Schriftenreihe Umwelt Nr. 297. Selbstverlag. Bern, 1998, S. 16-17
- [145] **Ahbe, S., Braunschweig, A., und Müller-Wenk, R.**: Methodik für Ökobilanzen auf der Basis der ökologischen Optimierung, Schriftenreihe des BUWAL; Bern 1990, S. 24
- [146] **Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie**, Ökobilanzen in Unternehmen, Wien, 1999, S. 3
- [147] **Frischknecht, R.**: Umweltverträgliche Technologien: Analyse und Beurteilung. Ökobilanzen (Life cycle assessment, LCA), Skript ETH Zürich Studiengang Umweltnaturwissenschaften, 2005, www.esu-services.ch/download/Altreifen_SS05_050401_v1.0.pdf
- [148] **Umweltbundesamt**: Methodik der produktbezogenen Ökobilanz – Wirkungsbilanz und Bewertung S 55-62, Umweltbundesamt (Eigenverlag), 1995.55-60
- [149] **Müller-Wenk, R.**: Evaluation und Weiterentwicklung von Bewertungsmethoden für Ökobilanzen - Erste Ergebnisse, St. Gallen: Institut für Wirtschaft und Ökologie der Hochschule St. Gallen (Eigenverlag), 1994.,S.19
- [150] **Schmidt-Bleek, F., Liedtke, C.**: Umweltpolitische Stichworte u.a. zu Ökobilanzen, Audit und erneuerbaren Ressourcen, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal Papers, 1996
- [151] **VDI**: Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Richtlinie 4600 (Entwurf), Kumulierter Energieaufwand - Begriffe, Definitionen, Berechnungsmethoden, Berlin: Beuth Verlag, 1995.]
- [152] **Goedkoop M.**: The Eco-indicator 95, Final Report 9523; Amersfoort (Niederlande) 1995, S. 27
- [153] **RIVM** (National Institute of public health and environmental protection): The environment in Europe: a global perspective. Report 481505001, Bilthoven, 1992]. www.springerlink.com/index/W783G63208512416.pdf
- [154] **Umweltbundesamt**: Umweltbundesamt: Methodik der produktbezogenen Ökobilanzen - Wirkungsbilanz und Bewertung, Texte 23/95, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1995, S. 55-60

- [155] **Knopp, Lothar**:. Novellierung der EG-Umwelt-Audit-Verordnung (EMAS II), EWS 2000, 329 ff.;
- [156] **BDI**: Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. Die Durchführung von Ökobilanzen zur Information von Öffentlichkeit und Politik Eine Orientierungshilfe für den Umgang mit Ökobilanzen in Unternehmen und Verbänden Köln April 1999, S. 12
- [157] **Strebel, H.**: Umwelt und Betriebswirtschaft - Die natürliche Umwelt als Gegenstand der Unternehmenspolitik, Berlin, Schmidt, 1980.
- [158] **Rogall, H.**: Ökologische Produktgestaltung, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Werkstattbericht № 5, Berlin, S.10
- [159] **Poschmann, H.**: WEEE, RoHS, Bleiablösung: Weltweite schrittweise Umprofilierungen der Elektro- und Elektronikindustrie in Richtung umweltgerechterer Produkte und Prozesse, Oktober 2004, Internet www.fed.de
- [160] **Schemmer, M., Körner, G.**: Umweltorientierte Produktgestaltung, in: UWF, 1994 S. 24-30
- [161] **WEEE** : Richtlinie 2002/96/Eg des Europäischen Parlaments und des Rates über Elektro- und Elektronik-Altgeräte, vom 27. Januar 2003
- [162] **Bericht Elektronikschrottsorgung in der Steiermark**: Fachabteilung 19D Abfall- und Stoffflusswirtschaft, Stand: September 2004
- [163] **Stelzer, V.**: Auswirkungen umweltrechtlicher Vorgaben an Produkte und Produktionsprozesse auf die Produktgestaltung Umweltgesetze und Umweltmanagement in: Ökologische Produktgestaltung. Berlin, 1999, S. 7
- [164] **European Commission Directorate General Environment**:. Directorate A- Sustainable Development And Policy Support: Study On External Environmental Effects Related To The Life Cycle Of Products And Services, Final Report, February 2003, P. 37
- [165] **HP Produkt Recycling** Umweltbewusstsein vom Design bis zum Recycling – Verbrauchsmaterialien von HP sind für den gesamten Lebenszyklus optimiert, www.hp.com/recycle
- [166] **Herter, R.N.**: Controlling in Recyclingprozessen, o.O. Wangenheim 1994, S 428
- [167] **VDI-Berichte 1695 (Hrsg.)**: Elektronikschrott - Recyclig - Wirtschaftsfaktor oder Flop?, Tagung, Frankfurt 17 Oktober 2002, Hrsg.: VDI-Kompetenzfeld Betrieblicher Umweltschutz und Umweltmanagement.- Düsseldorf: VDI Verlag, 2002
- [168] **Huber,A.**: Primärbedarfsplanung im Rahmen on-demand orientierter Demontageplanung, Otto-von-Guerike Universität-Magdeburg, Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme, 21.02.02, S. 39
- [169] **Dinge, A.**: Demontage komplexer Produkte in einer Kreislaufwirtschaft, Josef EUL Verlag, Lohmar-Köln, 2000, S. 70-71
- [170] **Hesselbach, J, Herrmann, C, Westernhagen, K.**: Datenbanken als Informationsträger von der Produktentstehung bis zur Demontageplanung, Technische Universität Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF), S. 333-334
- [171] **Eurostat Jahrbuch**: Europa in Zahlen Kapitel 4, Wissenschaft und Technologie, 2005, <http://europa.eu.int/comm/eurostat>
- [172] **Mobilkom Austria**: The study report is published in the proceedings of International Electronics Recycling Congress, Davos, Switzerland, January 9-11, 2002
- [173] **Osanna, P.H., Krsek, A.**: Qualität und Fertigungsmesstechnik, TU Wien Abteilung Austauschbau und Messtechnik, 1998, S. 243ff.
- [174] **Osanna, P.H., Weseslindtner., H, Durakbasa M.N., Tahirova, H.**: TQM, LCA and Sustainability in European Industry by Intelligent Flexible Disassembly and Recycling of Used Products; Innovation-Technics-Education, BUDAPEST TOP, 2005, S. 317

-
- [175] **Kopacek, P., Kopacek, B.:** Robotized Disassembly of Mobile Phones, IFAC, International Workshop on Intelligent Assembly und Disassembly , Bucharest, Romania, 2003, S. 142-144
- [176] **A.Weckenmann.:** Koordinatenmesstechnik, Carl Hanser Verlag München Wien, 1999, S 48f

7.2. Übersicht der Wirkungskategorien

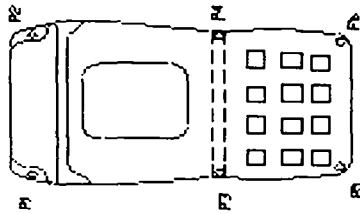
Wirkungskategorie (ökologische Problemfelder)	Messparameter	Berechnung des Wirkungspotenzial	Einheit	Berechnung des Wirkungspotenzial	Recht weite (geogr. Zuordnung)
Ressourcenver a) fossile Energien b) mineralische Rohstoffe		Verbrauch erneuerbarer und nicht erneuerbarer Ressourcen (Erdöl, Kohle, Mineralien, Holz u.a.)	J Energieverbrauch kg bzw. L- Wasserverbrauch, (t) x Vorkommens-häufigkeit - nichtenergetische Rohstoffverbrauch	$R = \sum_s m_s \cdot R_{App,s}$ $R = \sum_s m_s \cdot \frac{1}{R_{Str,s}}$ (m_s = Verbrauch)	global 
Treibhauseffekt	Globales Er-wärmungs-potenzial (GWP)	Kohlendioxid (CO ₂), Methan (CH ₄), Lachgas (N ₂ O) u.a.	kg CO ₂ -Äquivalent	$GWP = \sum_s (m_s \cdot GWP_s)$ (m_s = Treibhausgasfracht)	Global 
Ozonabbau	Ozonstö-rungs-potenzial (Ozon Depletion Potenzial ODP)	FCKW, bromierte und halogenierte Kohlenwasserstoffe u.a.	kg FCKW11-Äquivalent	$ODP = \sum_s (m_s \cdot ODP_s)$ (m_s = Frachten ozonabbauender Emissionen)	global 
Versauerung	Versauerungs-potential (Acidification Potential AP)	Schwefeldioxid (SO ₂), Stichoixide (NO _x), Ammoniak (NH ₃), Salzsäure (HCL), Fluorwasserstoff (HF) u.a.	kg SO ₂ -Äquivalent	$AP = \sum_s (m_s \cdot AP_s)$ (m_s = Emissionsfrachten)	regional 
Eutrophierung	Eutrophierungspotential (Nutrification Potential NP)	Stickstoff und Phosphor	kg PO ₄ -Äquivalent	$NP = \sum_s m_s \cdot NP_s$ (m_s = Nährstofffracht)	regional 
Photochemische Ozonbildung (Sommersmog)	Photochemisches Ozonbildungspotential (Photochemical Ozone Creation Potential POCP)	Stickoxide (NO _x), flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC) u.a.	kg Äthylen C ₃ H ₄ - Äquivalent	$POCP = \sum_s (m_s \cdot POCP_s)$ (m_s = Frachten ozonbildender Stoffe)	regional 

<p>Beeinträchtigung der Gesundheit des Menschen (Humantoxizität)</p>	<p>Humantoxisches Potential (Human Toxicity HT)</p>	<p>Schwermetallverbindungen (Arsen, Cadmium, Quecksilber, Blei, Nickel etc.), organische Lösemittel, flüchtige organische Lösemittel (VOC), Schwebstaub, Benzol, Schwefeldioxid (SO₂), Stichoide (NO_x), Fluoride, Fluorwasserstoff, Chlorwasserstoff, Kohlenmonoxid (CO), Ruß u.a.</p>	<p>kg Körpergewicht</p>	$HT = \sum_s (m_s \cdot \frac{1}{UQN_s})$	<p>Local-global</p> 
<p>Direkte Schädigung von Organismen und Ökosystemen (Ökotoxizität) a) bedingt durch atmosphärische Emissionen b) bedingt durch wasserseitige Emissionen</p>	<p>Ökotoxisches Potential (Ecotoxicity ET)</p>	<p>a) Schwefeldioxid (SO₂), Stichoide (NO_x), Fluoride, Fluorwasserstoff, Chlorwasserstoff. u.a. b) Blei (Pb), Cadmium (Cd), Kupfer (Cu), Quecksilber (Hg), Zink (Zn), Chrom (Cr), Nickel, adsorbierbare organische Halogene (AOX)</p>	<p>kg Boden m³ Wasser</p>	$ET = \sum_s m_s \cdot \frac{1}{UQN_s}$	<p>Lokal-global</p> 
<p>Naturrauminanspruchnahme</p>		<p>Rohstoffgewinnung (z.B. Kohle- und Erzabbau), Inanspruchnahme von Flächen einer bestimmten ökologischen Qualität (z.B. Landwirtschaft)</p>	<p>Flächebeanspruchung (zeitbewertet)</p>		<p>Lokal</p> 
<p>Lärm</p>	<p>Noise Exposure Time</p>	<p>Lärmpegel</p>	<p>$\frac{\text{Schalldruck}(Pa)}{\text{Grenzwert}(Pa)} \cdot t$</p>	<p>$NET = \frac{\text{Schalldruck}(Pa)}{\text{Grenzwert}(Pa)} \cdot t$</p>	<p>lokal</p>
<p>Geruch</p>	<p>Odour Threshold Value</p>		<p>m³ Luft</p>	<p>Volumen übel riechende Luft $[m^3] = \sum_i \frac{m_i [mg]}{OTV_i [mg/m^3]}$ <i>m_i</i> = Emissionsfracht</p>	<p>lokal</p>

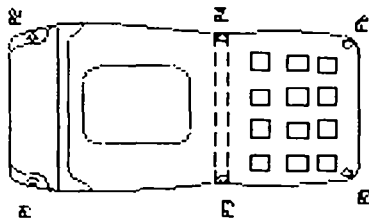
7.3. Zusammenfassung der Bewertungsmethode

Methoden	Zielrichtung	Bewertung	Ergebnis	Referenz
ABC/XYZ-Analyse	Unternehmensinternes Bewertungsrastrer	Anwendungsspezifisch, Zielerfüllung	Verbalargumentative	1970 IÖW-Berlin
Modell der kritischen Belastungsmengen	Kritische Belastung für Luft und Wasser nach Umweltstandards (Grenz- und Richtwerte, Richtlinien), Gesamtenergieverbrauch, Deponievolumen für feste Abfälle	Schwellenwert, Gewichtung mit Grenzwerten <i>Grenzwertorientiert</i>	4 Kennzahlen Abfall Energie Wasser Luft	BUWAL, Schweiz (1984), Habersatter (1991)
Ansatz der ökologischen Knappheit (Stoffflussmethode)	Kritische Belastung (ökologische Knappheit)	Belastbarkeit einer Umweltressource <i>Stoffflussorientiert</i>	monetärer Wert	Braunschweig/Müller-Wenk (1990)
EPS Methode	Schutzziele (Artenvielfalt, Produktion, menschliche Gesundheit, Ressourcen, Ästhetische Werte)	Monetisierung von Ressourcen-, Energieverbrauch und Schadstoffemissionen (Analyse des willingness pay) <i>Kostenorientiert</i>	monetärer Wert	1990/1991, Schweden, Bengt Steen und Sven Olav-Ryding
Tellus Methode	Bewertung von Entsorgungsalternativen unter ökologischer Gesichtspunkt	Vermeidung von Kosten <i>Kostenorientiert</i>	monetärer Wert	1991, Tellus Institut, Boston (USA)
CML	Agglomerate der Wirkkategorien (Ozonbau, Treibhauseffekt, Versauerung, Entrophierung, Ressourcen, Photooxidantien, Humantoxizität)	Niederländische Grundbelastung und Umweltpolitikziele <i>Auswirkungsorientiert</i>	Umweltindex	1991, Centrum voor Milieukunde“ (CML), Universität Leiden Niederlanden
MIPS	Ökologische Rücksäcke der eingesetzten Werkstoffe und Energieträger nach SMI - Erhebungskategorien	Materialverbrauch <i>Stoffflussorientiert</i>	Materialintensität pro Serviceeinheit	1992/1993, Schmidt-Bleek, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie
KEA	Energieaufwand	Verbräuche an Energieressourcen und Energiebereitstellungsemissionen <i>Stoffflussorientiert</i>	Energieaufwand	VDI-Richtlinie 4600
UBA Methode	Wirkkategorien (Rohstoffverbrauch, Ozonbau, Treibhauseffekt, Human- und Ökotoxikologie, Bildung von Photooxidantien, Versauerung von Boden und Gewässern, Flächenverbrauch, Lärmbelästigung)	Äquivalenzfaktoren in Bezug auf eine Referenzsubstanz und abschließende Gewichtung <i>Auswirkungsorientiert</i>	verbalargumentative	1999, UBA
Eco Indikator 95	Treibhauseffekt; Ozonabbau Potenzial, Wintersmog, Sommersmog, Säurebildungspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Schwermetalle, Pestizide, Karzinogenität (Krebsrisiko).	Normalisierung (Europa) <i>Auswirkungsorientiert</i>	Umweltindex	1995, UBA

7.4. Messergebnisse des Mobiltelefons



Distanz	NOKIA 3220 M-0519853	NOKIA 1100 M-0522849	NOKIA 7250 M-0511061	NOKIA 7610 M-0518600	NOKIA 3300a M-0510213	NOKIA 7600 M-0512549	NOKIA 5100 M-0511084	NOKIA 2100 M-509587
P1-P2	30,086	28,061	31,321	29,137	44,497	61,259	31,437	35,104
P3-P4	36,675	37,175	37,266	46,189	104,054	65,446	37,001	15,455
P5-P6	32,031	27,437	30,388	32,246	52,092	61,151	31,382	32,733
P1-P3	50,270	49,546	48,430	65,964	36,115	33,485	53,172	48,232
P3-P5	50,314	49,597	49,150	67,020	35,873	24,953	53,256	41,923
P2-P4	41,017	45,421	42,904	46,189	37,494	28,275	37,790	48,391
P4-P6	40,770	45,453	42,580	33,344	37,830	33,642	37,748	41,737
P1-P6	96,253	98,616	96,274	106,241	67,813	95,358	96,080	94,511
P2-P5	96,316	98,435	96,477	101,344	67,642	74,644	96,087	94,540



Distanz	NOKIA 8310 M-0507789	NOKIA 6610 M-0516165	NOKIA 7260 M-0517380	NOKIA 8310 M-0507789	NOKIA 2300 M-0513411	NOKIA 6610 M-0508816	NOKIA 2600 M-0518492	NOKIA 5140 M-0519722
P1-P2	32,093	31,352	29,922	32,098	27,903	31,461	27,854	31,531
P3-P4	32,063	37,450	36,711	32,062	36,681	37,669	36,766	37,436
P5-P6	31,294	30,584	27,943	31,293	27,461	30,842	27,705	31,199
F1-P3	51,983	49,033	60,226	51,985	49,284	49,034	49,375	49,124
F3-P5	26,735	42,760	48,640	26,733	45,245	42,864	45,180	38,433
P2-P4	52,028	48,966	50,379	52,026	49,273	49,112	49,308	49,178
P4-P6	26,523	42,749	42,695	26,525	45,187	42,764	45,274	38,251
P1-P6	84,749	96,471	95,716	84,739	98,096	96,614	98,180	92,655
P2-P5	84,809	96,765	90,121	84,820	98,009	96,986	98,126	92,829

	Nokia 1100		
	X	Y	
P1-P2	28,0605	0,0000	28,0605
P3-P4	37,1745	0,0671	37,1746
P5-P6	27,4370	0,1364	27,4373
P1-P3	4,6422	49,3281	49,5461
P2-P4	4,4718	49,3952	49,5972
P3-P5	5,0429	45,1405	45,4213
P4-P6	4,6945	45,2098	45,4529
P1-P6	27,8378	94,6050	98,6157
P2-P5	27,6598	94,4686	98,4347

	Nokia 3220		
	X	Y	
P1-P2	30,0759	0,7919	30,0863
P3-P4	36,6664	0,7991	36,6751
P5-P6	32,0199	0,8356	32,0308
P1-P3	1,8925	50,2345	50,2701
P2-P4	4,6436	50,0992	50,3139
P3-P5	3,4736	40,8700	41,0173
P4-P6	1,0609	40,7557	40,7695
P1-P6	33,6777	90,1686	96,2526
P2-P5	28,5758	91,9792	96,3159

	Nokia 7250		
	X	Y	
P1-P2	31,3214	0,0000	31,3214
P3-P4	37,2580	0,7710	37,2660
P5-P6	30,3861	0,3710	30,3884
P1-P3	3,3715	48,3123	48,4298
P2-P4	2,5651	49,0833	49,1503
P3-P5	2,9718	42,8012	42,9042
P4-P6	3,9001	42,4012	42,5802
P1-P6	29,9864	91,4845	96,2736
P2-P5	31,7211	91,1135	96,4774

	Nokia 7610		
	X	Y	
P1-P2	29,1368	0,0000	29,1368
P3-P4	46,1887	0,1130	46,1888
P5-P6	32,2454	0,1033	32,2456
P1-P3	3,9731	65,8446	65,9644
P2-P4	13,0789	65,7316	67,0202
P3-P5	46,1887	0,1130	46,1888
P4-P6	3,4114	33,1689	33,3439
P1-P6	38,8042	98,9005	106,2406
P2-P5	22,5779	98,7973	101,3443

	Nokia 3300a		
	X	Y	
P1-P2	0,0000	-44,4973	44,4973
P3-P4	0,9359	104,0493	104,0535
P5-P6	0,2936	52,0914	52,0922
P1-P3	20,6849	29,6050	36,1154
P2-P4	19,7490	29,9470	35,8726
P3-P5	26,9445	26,0723	37,4936
P4-P6	27,5868	25,8856	37,8298
P1-P6	47,3359	48,5587	67,8132
P2-P5	47,6294	48,0300	67,6420

	Nokia 7600		
	X	Y	
P1-P2	61,2592	0,0000	61,2592
P3-P4	64,6995	9,8595	65,4464
P5-P6	61,0628	3,2773	61,1507
P1-P3	6,0658	32,9307	33,4847
P2-P4	9,5061	23,0712	24,9529
P3-P5	9,9741	26,4572	28,2748
P4-P6	6,3374	33,0394	33,6417
P1-P6	77,1026	56,1106	95,3583
P2-P5	45,2193	59,3879	74,6439

	Nokia 5100 NPM-6		
	X	Y	
P1-P2	31,4367	0,0000	31,4367
P3-P4	37,0010	0,0771	37,0011
P5-P6	31,3822	0,0191	31,3822
P1-P3	2,7140	53,1023	53,1716
P2-P4	2,8503	53,1793	53,2556
P3-P5	2,7026	37,6927	37,7895
P4-P6	2,9161	37,6347	37,7475
P1-P6	31,3708	90,8140	96,0797
P2-P5	31,4481	90,7950	96,0870

	Nokia 5140 NPL- 5		
	X	Y	
P1-P2	31,5306	0	31,5306
P3-P4	37,4361	0,0581	37,4361
P5-P6	31,1986	0,1317	31,1989
P1-P3	2,9845	49,0331	49,1238
P2-P4	3,0761	38,3103	38,4336
P3-P5	2,921	49,0912	49,1780
P4-P6	3,1614	38,1206	38,2515
P1-P6	31,2902	87,2117	92,6550
P2-P5	31,439	87,3434	92,8293

	Nokia 83102600 NHM-7		
	X	Y	
P1-P2	32,0934	0	32,0934
P3-P4	32,0636	0,0448	32,0636
P5-P6	31,2942	0,1659	31,2946
P1-P3	0,0965	51,9837	51,9838
P2-P4	0,4292	26,7316	26,7350
P3-P5	0,0667	52,0285	52,0285
P4-P6	0,3403	26,5209	26,5231
P1-P6	31,8199	78,5494	84,7497
P2-P5	31,5677	78,7153	84,8093

	Nokia 6610 NHL-4U		
	X	Y	
P1-P2	31,4605	0	31,4605
P3-P4	37,669	0,078	37,6691
P5-P6	30,8419	0,0938	30,8420
P1-P3	3,0968	48,9357	49,0336
P2-P4	2,9667	42,7611	42,8639
P3-P5	3,1117	49,0136	49,1123
P4-P6	3,8603	42,5894	42,7640
P1-P6	30,7118	91,603	96,6143
P2-P5	31,5906	91,6968	96,9859

	Nokia 2600 RH-59		
	X	Y	
P1-P2	27,8544	0	27,8544
P3-P4	36,7663	0,0556	36,7663
P5-P6	27,7053	0,0533	27,7054
P1-P3	4,5222	49,1679	49,3754
P2-P4	4,6025	44,945	45,1800
P3-P5	4,3896	49,1123	49,3081
P4-P6	4,4585	45,054	45,2741
P1-P6	27,7856	94,1662	98,1800
P2-P5	27,7742	94,1129	98,1257

	Nokia 2100 NAM-2		
	X	Y	
P1-P2	35,1037	0	35,1037
P3-P4	15,4548	0,1449	15,4555
P5-P6	32,7325	0,1028	32,7327
P1-P3	9,7819	47,2299	48,2322
P2-P4	8,5026	41,0518	41,9231
P3-P5	9,867	47,3748	48,3914
P4-P6	8,7751	40,8041	41,7370
P1-P6	34,0118	88,1789	94,5110
P2-P5	33,8244	88,2817	94,5397

	Nokia 7260 RM-17		
	X	Y	
P1-P2	29,9226	0	29,9226
P3-P4	36,7109	0,1014	36,7110
P5-P6	26,8437	7,7609	27,9431
P1-P3	33,1641	50,2728	60,2263
P2-P4	34,5501	34,2354	48,6392
P3-P5	3,2408	50,2751	50,3794
P4-P6	7,7058	41,994	42,6951
P1-P6	25,4577	92,2691	95,7167
P2-P5	31,3086	84,5082	90,1214

	Nokia 2300 RM-4		
	X	Y	
P1-P2	27,9036	0	27,9036
P3-P4	36,6817	0,0252	36,6817
P5-P6	27,4618	0,0494	27,4618
P1-P3	4,3119	49,0957	49,2847
P2-P4	4,7721	44,9927	45,2451
P3-P5	4,4662	49,0705	49,2733
P4-P6	4,4479	44,9685	45,1879
P1-P6	27,9219	94,0389	98,0966
P2-P5	27,4435	94,0884	98,0090

	Nokia 6610i RM-37		
	X	Y	
P1-P2	31,3525	0	31,3525
P3-P4	37,4497	0,0786	37,4498
P5-P6	30,5836	0,1439	30,5839
P1-P3	2,9597	48,9439	49,0333
P2-P4	3,0971	42,6484	42,7607
P3-P5	3,1375	48,8653	48,9659
P4-P6	3,769	42,5831	42,7496
P1-P6	30,7211	91,4484	96,4707
P2-P5	31,2151	91,5923	96,7653

	Nokia 6610i RM-37		
	X	Y	
P1-P2	31,3525	0	31,3525
P3-P4	37,4497	0,0786	37,4498
P5-P6	30,5836	0,1439	30,5839
P1-P3	2,9597	48,9439	49,0333
P2-P4	3,0971	42,6484	42,7607
P3-P5	3,1375	48,8653	48,9659
P4-P6	3,769	42,5831	42,7496
P1-P6	30,7211	91,4484	96,4707
P2-P5	31,2151	91,5923	96,7653

LEBENS LAUF



ANGABEN ZUR PERSON

Name **TAHIROVA HALIMA**
Adresse **23-27/11-1 Tigergasse A-1080 Wien, Austria**



Staatsangehörigkeit **Aserbaidshan**
Geburtsdatum **12. 05. 1970**

BERUFSERFAHRUNG

2002-1994 Akademie der Wissenschaften, Institut der Kybernetik, Aserbaidshan.
Wissenschaftliche Mitarbeiterin.
Spezialgebiet: wissenschaftliche Forschung von Problemen der Öl und Gas
Industrie.

1994-1992 Gymnasium № 86, Baku, Aserbaidshan. Lehrerin der Physik

AUSBILDUNG

2003 Doktoratsstudium an der TU Wien, Maschinenbau
Oktober 2003-April 2006: EZA-Projekt 894/03-Nord-Süd-Dialog-Stipendium
(Österreichische Entwicklungszusammenarbeit)

1992 Bakuer Staatliche Universität, Aserbaidshan
1987 Studium Physik.

1977-1987 Schule №3, Nachitschevan, Aserbaidshan
Abschluss mit Reifeprüfung, Auszeichnung mit der Silbermedaille für guten
Studienerfolg.