

ECODESIGN-Toolbox for Green Product Concepts

Entwicklung von Werkzeugen zur
nachhaltigen Produktentwicklung

W. Wimmer, M. Huber, et al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

7/2008

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

ECODESIGN-Toolbox for Green Product Concepts

Entwicklung von Werkzeugen zur
nachhaltigen Produktentwicklung

A.o. Univ. Prof. DI Dr. techn. Wolfgang Wimmer,
DI Maria Huber, Dr. DI Peter Judmaier, DI Rainer Pamminer
(Forschungsbereich ECODESIGN, Inst. f. Konstruktionswissen-
schaften und technische Logistik, Technische Universität Wien)

DI Stefan Herzer, Burkhard Riss
(Profactor Produktionsforschungs GmbH)

DI (FH) Ernst Luckner, DI (FH) Marek Stachura, (KERP Consulting)

Martin Bernreiter, Peter Groiss, Vitalis Röck
(ABATEC Electronic AG)

DI Michael Bauer, (ENGEL Austria GmbH)

DI Ratko Grab, Gerhard Podhradsky
(PHILIPS Speech Processing)

Wien, Februar 2008

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT. Sie wurde im Jahr 2000 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT sollen durch Forschung und Technologieentwicklung innovative Technologiesprünge mit hohem Marktpotential initiiert und realisiert werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in FABRIK DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse – seien es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Homepage www.FABRIKderZukunft.at und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG	5
SUMMARY	7
1 EINLEITUNG	9
2 ZIELE DES PROJEKTES	14
3 ERGEBNISSE DES PROJEKTES	16
3.1 Entwicklung der ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts	16
3.1.1 Integration der Methoden zur Produktbeschreibung mit Umweltparametern	17
3.1.2 Methoden für das Life Cycle Thinking	22
3.1.3 Methode zur Ermittlung der Stakeholderanforderungen	26
3.1.4 Anpassung der Methode des ECODESIGN PILOT	31
3.1.5 Adaptierung und Integration der Methode der Holistischen Prozessoptimierung	32
3.1.6 Methode zur Bewertung von Green Product Concepts	41
3.2 Anwendung der ECODESIGN Toolbox zur Entwicklung von innovativen Produktkonzepten	43
3.2.1 Produktbeschreibung	43
3.2.2 Produktanalyse aus Umweltsicht – Life Cycle Thinking	44
3.2.3 Ermittlung der Stakeholderanforderungen	45
3.2.4 Prozessanalyse	46
3.2.5 Produkt- und prozessbezogenen Verbesserung	47
3.2.6 Umsetzbarkeit der gefundenen Green Product Concepts	48
3.3 Ergebnisse ABATEC am Beispiel Golf Swing Analyzer	49
3.4 Ergebnisse ENGEL am Beispiel Spritzgussmaschine	63
3.5 Ergebnisse PHILIPS am Beispiel Diktiergerät	77
3.6 Verbesserung und Verbreitung der Methode ECODESIGN Toolbox	87
ANGABEN IN BEZUG AUF DIE ZIELE DER PROGRAMMLINIE	91
SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DEN PROJEKTERGEBNISSEN	92
LITERATURVERZEICHNIS	95
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	96
TABELLENVERZEICHNIS	97
ANHANG	98

Kurzfassung

Motivation

Die Motivation für Optimierungsmaßnahmen in Unternehmen ist im Allgemeinen Produktivitäts- und Qualitätssteigerung. Aus der Erfahrung mit Betrieben und deren Produkten kann gesagt werden, dass vielfach der Fokus für umweltbezogene Produktverbesserungen sehr eng gewählt wird bzw. oft mit punktuellen und nachträglich gesetzten Massnahmen korrigierend eingegriffen wird. Ein vollständiges Lebenszyklusdenken fehlt oftmals. Die Integration von Umweltaspekten in den Produktentwicklungs- und Produktionsprozess ist in vielen Fällen für Klein- und Mittelbetriebe zu zeit- und kostenaufwendig. Praktikable Lösungen mit schlanken Strukturen und einfacher Abwicklung sind gefragt. Mit vorliegendem Projekt wurde eine Methodik entwickelt, die es Unternehmen erlaubt, in systematischer Weise die Umweltauswirkungen ihrer Produkte und Prozesse zu erfassen und darauf aufbauend Optimierungsmaßnahmen zu identifizieren.

Inhalte und Zielsetzungen

Ziel dieses Projektes war die Entwicklung einer einfach anwendbaren Methodik zur nachhaltigen Produktentwicklung und Anwendung in enger Kooperation mit industriellen Partnern. Diese Vorgehensweise sollte speziell an die Anforderungen an KMUs angepasst werden. Die entwickelte Methodik soll für unterschiedliche Branchen und Firmen anwendbar sein und einem weiteren Nutzerkreis zugänglich gemacht werden.

Weiters sollte diese Methodik zur nachhaltigen Produktentwicklung mit Berücksichtigung des gesamten Produktlebenszyklus mit einer sozial- und umweltverträglichen Produktion kombiniert werden.

Die entwickelte Methodik sollte an hand von drei Firmenbeispielen im Projekt Anwendung finden und für die jeweiligen Beispielprodukte innovative Produktkonzepte – Green Product Concepts – entwickelt werden.

Methodische Vorgehensweise

Umweltbewertungstools ermitteln mit unterschiedlichem Aufwand und Vollständigkeitsanspruch die Umweltauswirkungen von Produkten. Was derzeit fehlt ist das Bindeglied zwischen vergleichbaren Ergebnisdaten und Maßnahmen zur Optimierung. Wo genau muss man nun ansetzen um die Umweltsituation eines Produktes zu verbessern? Wie beeinflussen sich die Gestaltung und die Herstellung eines Produktes? Und wie komme ich zu Verbesserungsideen? Hier setzen die bereits existierenden ECODESIGN Tools an, die in diesem Projekt zu einem umfassenden, breit anwendbaren Toolkit verschmolzen wurden.

Dazu wurde zunächst eine Vorgangsweise in sechs Schritten entwickelt – die ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts. Diese Toolbox umfasst Tools zur:

- Erfassung der Produktcharakteristika (Produktbeschreibung)
- Produktbewertung unter ökologischen Gesichtspunkten
- Ermittlung der unterschiedlichen Stakeholderanforderungen
- ganzheitlichen Betrachtung der Produktionsprozesse
- Generierung von produkt- und prozessbezogenen Verbesserungsmaßnahmen
- Bewertung und Auswahl der Verbesserungsmaßnahmen für ein Green Product Concept,

die im Laufe des Projektes zur ECODESN Toolbox integriert und weiterentwickelt wurden.

Ergebnisse

Als Ergebnis des Projektes liegt einerseits methodenseitig die ECODESIGN Toolbox in sechs Schritten vor, andererseits wurden unter Anwendung derselben drei innovative Produktkonzepte gemeinsam mit Industriepartnern entwickelt. Die Anwendung der ECODESIGN Toolbox erfolgte für die jeweiligen Beispielprodukte: Diktiergerät, Golf Swing Analyzer und Spritzgussmaschine.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Umweltanalyse über den gesamten Lebenszyklus, der produktbezogenen Stakeholderanforderungen und der Prozessanalyse wurden Verbesserungsstrategien für die Produkt- und Prozessoptimierung abgeleitet und konkrete Umsetzungsideen für ein Green Product Concept formuliert.

Die Anwendung der ECODESIGN Toolbox ermöglicht die systematische Erfassung der Produktcharakteristika und die Ermittlung der Lebensphase mit den größten Umweltauswirkungen. Zielgerichtet können mit Hilfe der Tools produkt- und prozessbezogene Verbesserungsmaßnahmen identifiziert werden.

Die Anforderungen der Umwelt sowie die der Stakeholder, wie z. B. Kunden und gesetzliche Vorgaben sollen in die Produktverbesserung mit einfließen und zu nachhaltigen Produkten am Markt führen. Die Verschmelzung der ECODESIGN Tools mit den prozessorientierten Methoden der Holistischen Prozessoptimierung (HPO) ermöglicht die Optimierung des gesamten Produkt/Prozesssystems. Wie die Projektergebnisse der Industriepartner zeigen, fungiert der systematische Ansatz der ECODESIGN Toolbox als Innovationsmotor und setzt ungenützte Optimierungspotentiale hinsichtlich Ressourceneinsparung, Funktionalität, Kosteneinsparung, Verringerung des Abfall- und Emissionsaufkommens, Reduktion des Energieverbrauchs in der Nutzung u.a. frei.

Die erzielten Projektergebnisse fanden teilweise innerhalb des Projektes Umsetzung. Aufgrund des zeitgleich durchgeführten Redesigns des Diktiergerätes durch die Firma PHILIPS konnten ausgewählte Verbesserungsmaßnahmen für das Green Product Concept bereits in der aktuellen, im März 2007 auf den Markt gebrachten Version umgesetzt werden.

Das vorliegende Projekt lieferte wesentlichen Input für die Weiterentwicklung des Golf Swing Analyzers, der sich während der Projektlaufzeit in Entwicklung befand und mit Projektabschluss Prototypstatus erreicht hat. Die Integration von Umweltaspekten in die weitere Entwicklungs- und Umsetzungsphase des Golf Swing Analyzers ist von der Firma ABATEC vorgesehen.

Als zentrales Ergebnis der Projektteilnahme der Firma ENGEL wurde das Arbeiten mit Stoff- und Energiekennzahlen bei der Produktentwicklung erachtet. Tools zur Vorhersage des Energieverbrauches sollen Klarheit über den zu erwartenden Energieverbrauch für KundInnen schaffen. Mit den Ergebnissen der Umweltanalyse wurde zentraler Input für zukünftige Projekte erstellt.

Summary

Motivation

Raising the productivity as well as the quality is usually the main driver for companies to consider optimization tasks for their products. Experiences achieved with companies and products show that the focus on environmental product improvement is usually too tight or that sustainable product improvements are applied to take corrective action. Often, a complete Life Cycle Thinking is missing. Integration of environmental aspects into the product development process is too time-consuming and cost intensive for many small and medium sized enterprises. Practicable and easy to use solutions are needed. Therefore a methodology which facilitates a systematic product description and evaluation of the resulting environmental impact has been developed in this project. Based on the evaluation optimization strategies for products and processes can be identified.

Goals

The project aimed at developing a systematic approach for sustainable product development in cooperation with partners from industry. The approach should be specified to the needs of small and medium sized enterprises and the developed methodology should be applicable for different kinds of companies and branches.

In addition, the methodology for sustainable product development considering the whole life cycle of a product should be combined with a social and environmental conscious production.

The methodology should be applied to three different product examples. Innovative product concepts, viz. Green Product Concepts should be derived for these products by using this methodology.

Methodical approach

Environmental assessment tools evaluate the environmental performance of products with different complexity and different integrity. What is missing currently is the binding element between gaining results and implementing appropriate optimization strategies. How can the environmental performance of the product be improved? Where should we start? How can the design and production of the product be influenced? The ECODESIGN Toolbox consists of several methodical approaches which have been adapted and linked to a consistent six step procedure.

For this a six step approach was developed, the so called "ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts". The ECODESIGN Toolbox includes tools for

- Product description
- Environmental product analysis
- Stakeholder analysis
- Process analysis
- Generation of product and process improvement strategies
- Evaluation and selection of improvement strategies for Green Product Concepts

Results

The ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts - a six step procedure - has been developed and the practicability of the method has been successfully tested within three companies and their products. The considered product examples were: a golf swing analyzer, an injection moulding machine and a digital voice recorder.

Based on the results of the environmental evaluation through the whole life cycle as well as the stakeholder analysis and process analysis specific improvement strategies for the considered products have been derived.

The application of the Toolbox allows systematic collection of the product characteristics as well as determining the life cycle phase with the highest environmental impact.

Stakeholder requirements, e.g. customers or legal requirements should be included into product improvement processes and shall facilitate sustainable products on the market.

The merge of ECODESIGN Tools with the Holistic Process Optimization (HPO) allows the optimization of the whole product and process system. The considered case studies of the industry partners show that the systematic approach of the ECODESIGN Toolbox works as a driver for innovation and detects potentials for reduction of resource consumption as well as costs, waste, emissions and energy.

The Green Product Concepts have already partly been realized. Within the recent product model of the digital voice recorder launched on the market in March 2007 by PHILIPS, selected improvement ideas derived from the project have been implemented.

The project gave important input for the development of the golf swing analyzer. The improvement ideas for the product design as well as the production will be integrated in the continuing development process and further integration of environmental aspects into product development is foreseen at ABATEC Electronic AG.

An important result for ENGEL Austria GmbH was the ability to work with energy ratios during product development. Tools which were able to predict the energy demand of the machine should inform their customers about the expected energy demand of the machines. Based on the results of the environmental analysis important input for further projects has been derived.

1 Einleitung

Allgemeine Einführung in die Thematik

Unter Umweltgerechte Produktentwicklung/Ecodesign versteht man die Gestaltung eines Produktes unter Berücksichtigung der Umweltauswirkungen des gesamten Lebensweges. Dieser Gestaltungsprozess geht hier über die äußere Formgebung hinaus und hinein in die verwendeten Materialien, die Herstellungsprozesse, den Transport, die eigentliche Produktnutzung bis zur Phase des Nach Gebrauchs. Ecodesign hat zum Ziel, mit intelligentem Ressourceneinsatz einen möglichst großen Nutzen zu erzielen – bei minimalen Umweltauswirkungen. Der Ecodesignprozess kann somit als Innovationsmotor für Unternehmen verstanden werden.

Der Ecodesign Prozess beginnt bereits bei der Produktplanung. Hier werden die Weichen gestellt, die späteren Umweltauswirkungen meist unbewusst festgelegt. Daher kommt der konzeptionellen Ausrichtung eines Produktes eine zentrale Bedeutung zu. Die in vorliegendem Projekt entwickelte Methodik setzt hier an und stellt ein geeignetes, praktikables Instrument zur Analyse von Umweltaspekten über den ganzen Produktlebenszyklus dar und bietet systematische Lösungsansätze für die Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in den Entwicklungsprozess. Ergebnis der Anwendung der ECODESIGN Toolbox in Green Product Concept für das jeweilige Beispielprodukt.

Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema

Forschungsbereich ECODESIGN, TU Wien

Seit 1996 wird vom Forschungsbereich ECODESIGN an der TU Wien die Internetplattform „Österreichischer ECODESIGN Informationsknoten“ (www.ecodesign.at), betrieben. Auf ihr sind wichtige Informationen und ein Zugang zu einem internationalen Netzwerk zum Thema ECODESIGN zu finden. Mit dem ECODESIGN PILOT (Quelle: W. Wimmer and R. Züst, ECODESIGN Pilot, Produkt-Innovations-, Lern- und Optimierungs-Tool für umweltgerechte Produktgestaltung mit deutsch/englischer CD-ROM. Zürich: Verlag Industrielle Organisation, 2001) und dem ECODESIGN Assistenten (www.ecodesign.at/pilot) entwickelte der Forschungsbereich ECODESIGN Software-Tools, die das systematisch Auffinden von produktbezogenen Verbesserungspotentialen unterstützen. Der Kern dieser Tools sind Checklisten, mit deren Hilfe nicht nur wesentliche ökologische Produktverbesserungen, sondern oft auch Kosteneinsparungen bei der Produktherstellung erreicht werden können. Für Firmen gibt es aufgrund der spezifischen Unterschiede der Produkte spezielle Anpassungen des ECODESIGN PILOT, die derzeit bei Fischer-Ski (Ried im Innkreis), Steelcase (Strasbourg (F)), Siemens Transportation (Wien) und Hyundai Motors (Südkorea) im Einsatz sind.

Methodische Ideenfindung wird unter Anwendung von Instrumenten wie Quality Function Deployment oder TRIZ im Rahmen von Workshops praktiziert.

Profactor Produktionsforschungs GmbH

Ein Schwerpunkt innerhalb der Gruppe Fertigungstechnologie von Profactor ist seit Jahren der technische Arbeitsschutz und Umwelttechnik. Die Auswirkung von Kühlschmierstoffen, wie sie in der Metallbearbeitung Verwendung finden, auf Mensch und Umwelt ist unter anderem Gegenstand der Tätigkeit. Folgende für das vorliegende Projekt relevante Tätigkeiten seien erwähnt:

- Projekt der 1. Ausschreibung Fabrik der Zukunft „Entwicklung eines ganzheitlichen Vorgehensmodells zur Berücksichtigung von Aspekten des ArbeitnehmerInnen- und Umweltschutzes bei der Gestaltung von Hochgeschwindigkeits-Bearbeitungsprozessen“ (Pr. Nr. 804129)
- Projekt 2. Ausschreibung Programmlinie Fabrik der Zukunft „Bio-Minimum-Lubrication“ (Projekt Nr. 806128)

- Projekt „Kühlschmierstoff-Nebel“ der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA): „Prozessbedingte Faktoren der Nebel-Bildung“
- Ausarbeitung von sicherheitstechnisch relevanten Einflussfaktoren auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Mitarbeitern im Auftrag der Akademie für Arbeitsmedizin Klosterneuburg (AAM)
- Energiebedarfsstudien in einer Aluminium- und Magnesiumgießerei, einer Getriebeerzeugung, und einem Tierfutterhersteller

KERP Consulting

KERP Consulting als Tochterunternehmen des KERP Kompetenzzentrums Elektronik & Wirtschaft beschäftigt sich seit Anbeginn des Kompetenzzentrums mit dem kompletten Lebenszyklus von Elektrogeräten. Damit untrennbar verbunden sind das Monitoring und die Mitarbeit bei der Gestaltung von gesetzlichen und technischen Rahmenbedingungen, die sich auf Elektrogeräte und alle anderen Anwendungen von Elektronik (auch in KFZ) anwenden lassen. Anhand der Vorgaben von EU-Richtlinien wie WEEE (Waste Electric and Electronic Equipment), RoHS (Restriction of certain Hazardous Substances) und der EuP-Richtlinie (Energy using Products) wurden seit 2002 verschiedene Unternehmen betreut, die sich mit der Herstellung von Elektronikprodukten oder deren Materialien, Bauteile und Komponenten beschäftigen.

Im Bereich der rechtlichen Rahmenbedingungen (Richtlinien, Gesetze, Verordnungen) und technischen Rahmenbedingungen (Normen) wurden relevante Dokumente herausselektiert, analysiert und hinsichtlich der Praxisrelevanz interpretiert. Aus den vielfältigen einzelstaatlichen Umsetzungen der EU-Richtlinien in den nunmehr 27 Mitgliedsländern wurden allgemeine Guidelines entwickelt, welche die innerbetriebliche Umsetzung der Richtlinien in alle Unternehmensprozesse berücksichtigt. Aus diesen praktischen produkt- und prozessbezogenen Anwendungen entstanden die grundlegenden Überlegungen, aus denen im Rahmen des vorliegenden Projektes unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Industriepartner im Projekt das Stakeholdermodell entwickelt wurde.

Fokus/Schwerpunkte der Arbeit

Der Fokus der Arbeit liegt methodenseitig in der Zusammenführung, Anpassung und Weiterentwicklung bestehender Methoden zu einem umfassenden, praktikablen Toolkit für die Entwicklung von Green Product Concepts.

Im Anwendungsteil wurde die Methodik in drei Unternehmen angewandt und das Feedback wurde in der Überarbeitung eingearbeitet.

Beschreibung der getätigten Arbeiten im Projekt pro Partner

Forschungsbereich ECODESIGN, TU Wien

Das Projektteam des Forschungsbereichs ECODESIGN am Institut für Konstruktionswissenschaften zeichnete sich für die Methodenentwicklung und deren Anwendung in den Firmenworkshops verantwortlich. Darüber hinaus oblag der Großteil des Projektmanagements inklusive Planung und Koordination der Projektschritte und Einhaltung des Zeitplans bei der TU Wien.

Methodenentwicklung

Der methodische Teil des Projektes bestand in der Entwicklung der sechs Schritte der ECODESIGN Toolbox, die in Kapitel 3.1. *Entwicklung der ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts* näher beschrieben werden. Dies umfasste die Entwicklung der einzelnen methodischen Teile, deren Verknüpfung zu einer durchgängigen Methodik und die Erarbeitung der notwendigen Unterlagen zur praxisnahen Anwendung. Nach Anwendung wurde das Feedback aus den Firmenworkshops zur Methodenverbesserung eingearbeitet. Die Schnittstellen zu den vor und nach gelagerten methodischen Teile wurden erarbeitet und abgestimmt, um einen durchgängigen methodischen Ablauf zu gewährleisten.

bei der Anwendung zu ermöglichen. Hierbei war eine intensive Abstimmungsarbeit mit den Projektpartnern notwendig. Die Entwicklungsschritte der Methoden

- zur Produktbeschreibung mit Umweltparametern
- für das Life Cycle Thinking
- zur Ermittlung der Stakeholdern
- des ECODESIGN PILOTS zur Produktverbesserung und die
- zur Bewertung von Green Product Concepts

wurden inhaltlich und organisatorisch abgewickelt.

Anwendung in Firmenworkshops

Die Anwendung der sechs Schritte der ECODESIGN Toolbox wurde in Form von Firmenworkshops in den jeweiligen Unternehmen durchgeführt. Dafür waren, je nach Projektschritt, unterschiedliche Arbeitsschritte zur Vorbereitung und Nachbereitung von Seiten der Firmen- sowie Projektpartner notwendig.

KERP Consulting

Basierend auf die oben genannten Vorarbeiten wurde das Stakeholdermodell entwickelt, in dem das Unternehmen und seine Produkte mit den Kunden und Lieferanten an den rechtlichen und technischen Anforderungen reflektiert wurde. Die Details für das Stakeholder Relationship Model wurden in einer Stakeholderanalyse untersucht und auf Relevanz geprüft. Aus den produktbezogenen gesetzlichen Anforderungen wurden die Requirements und die zu setzenden Handlungen abgeleitet. Die Stakeholderanalyse wurde im Projekt für alle drei beteiligten Industriebetriebe entsprechend der jeweiligen Charakteristik von Unternehmen und Produkten detailliert durchgeführt und dokumentiert.

Als Input für die Umweltbewertung wurde eine Erhebung der Materialdaten von elektronischen und elektrischen Bauteile für die drei Produktbeispiele (digitales Diktiergerät der Fa. PHILIPS, Golf Swing Analyzer der Fa. ABATEC, Kunststoff-Spritzgussmaschine der Fa. ENGEL) durchgeführt. Ziel dieser Erhebung war, einerseits die Identifikation der Produktmaterialien als Basis für die produktspezifische Lebenszyklusanalyse, andererseits aber auch die Ableitung von allgemeingültigen Materialzusammensetzungen für „Elektro(nik)-Standardbaugruppen“ (wie z. B: Leiterplatten, Kabel, elektromechanische Bauteile, etc.). Weiters wurden für die relevanten Herstellungsprozesse der elektronischen Bauteile identifiziert und beschrieben.

Profactor Produktionsforschungs GmbH

Im vorliegenden Projekt wurden die Entwicklungsschritte zur Adaptierung und Integration der Methode der Holistischen Prozessoptimierung und deren Anwendung getätigt. Die relevanten Energie- und Stoffflüsse sowie Arbeitsvorgänge in der Produktion wurden erfasst und als Ausgangspunkt für die produktionsseitige Optimierung herangezogen. Im Rahmen der „Nachhaltigen Prozessoptimierung“ wurde eine Systematik entwickelt, an Hand derer Produktionsprozesse ganzheitlich bewertet und optimiert werden können.

Aufbauend auf den Stoff- und Energiebilanzen wurden Stoff- und Energiekennzahlen zur Prozessbewertung entwickelt und mit einer Toxizitätsanalyse der Hilfs- und Betriebsstoffe kombiniert. Die Anwendung der entwickelten Holistischen Prozessoptimierung zur Prozessanalyse und -verbesserung erfolgte in den drei Unternehmensstandorten der Industriepartner.

Im Sinne der Praktikabilität der entwickelten Methodik vor allem für kleine und mittlere Unternehmen wurde die eingehende Analyse auf jene Prozesse fokussiert, die im unmittelbaren Einflussbereich des Unternehmens liegen.

Einpassung in die Programmlinie

Das vorliegende Projekt verbindet die zwei Bereiche "Produktionsprozesse" und "Produkte". Es ist als Glied einer Entwicklungskette zu sehen, die in weiterer Folge eine breite Verankerung des nachhaltigen Wirtschaftens in der industriellen Produktion vorantreibt. Während das Projekt „Ganzheitliches Vorgehensmodell zur Optimierung eines Hochgeschwindigkeits-Bearbeitungsprozessen (HSC-Prozess)“ die Prozessoptimierung eines spezifischen Fertigungsschrittes zur Aufgabe hatte, gaben im Projekt „Bio-Minimum-Lubrication“ erstmals holistische Ansätze den Weg zur nachhaltigen Technologie- und Komponentenentwicklung vor. Im Sinne des Nachhaltigen Wirtschaftens wurden nun Prozess- und Produktgestaltung anhand der Methoden HPO und ECODESIGN in einer Toolbox miteinander verknüpft und im vorliegenden Projekt exemplarisch in den Unternehmen implementiert.

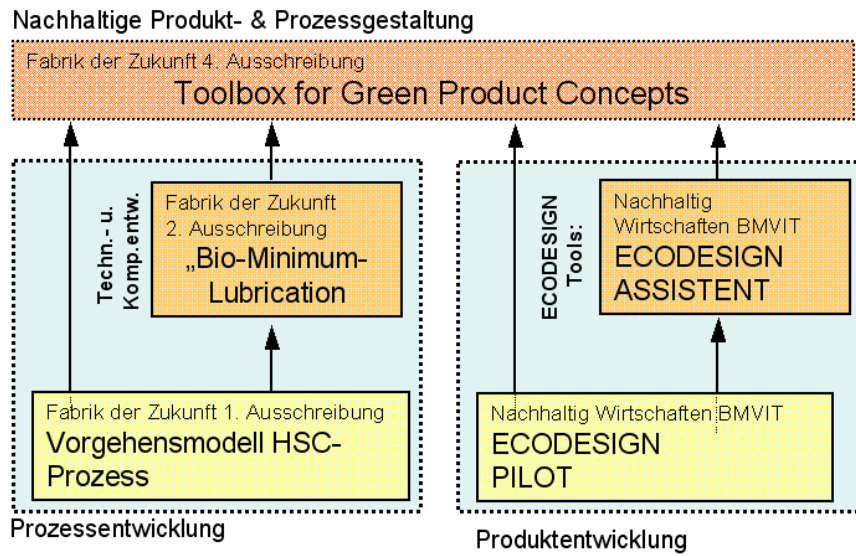


Abbildung 1: Verknüpfung Prozess- und Produktentwicklung

Anhand von Beispielprodukten wurde eine nachhaltige Produktentwicklung unter Berücksichtigung des gesamten Produktlebenszyklus gepaart mit einer sozial- und umweltverträglichen Produktion in eine "Toolbox for Green Product Concepts" gepackt. Diese Toolbox bringt den beteiligten Firmen einen Innovationssprung der in Folge durch die Anwendung in anderen Firmen zu einer Verbreitung von nachhaltigen Methoden in der Produktion in Österreichs Wirtschaft führen soll. Dazu garantieren die unterschiedlichen Branchen der Partnerfirmen und die Berücksichtigung von aktuellen EU-Richtlinien eine breite Einsatzmöglichkeit der Toolbox.

Für die Methodik "Toolbox for Green Product Concepts" kommt es zu einer Weiterentwicklung, Kombination und Anwendung von bereits entwickelten und erfolgreich eingesetzten Designwerkzeugen wie dem ECODESIGN PILOT und weiterentwickelten Methoden für die Produktion wie die Holistische Prozessoptimierung. Dabei wird der gesamte Lebensweges eines Produktes zur Optimierung der Umwelteinwirkungen und in weiterer Folge zur Erzielung von Nachhaltigkeitseffekten herangezogen. Der Produktionsprozess wurde im Rahmen der HPO nicht nur in Hinblick auf die Reduktion des Ressourceneinsatzes optimiert, sondern berücksichtigt auch soziale und ökonomische Komponenten.

Die Kooperation unterschiedlicher industrieller Anwender stellt einerseits einen gewissen breiten Ansatz zur Weiterentwicklung der Methoden sicher, andererseits zeigt die Anwendung der Projektergebnisse in den Unternehmen die Umsetzungsorientiertheit und damit Transdisziplinarität des Forschungsprojektes.

Kurzbeschreibung des Aufbaus (Kapitel) des Ergebnisberichts

Die Ergebnisse des Projekts sind in Kapitel 3 ausführlich dokumentiert und gliedern sich in folgende Teile:

- Entwicklung der Methodik ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts (Kap. 3.1)
- Anwenden dieser Methodik in Firmenworkshops zur Entwicklung von drei innovativen Produktkonzepten (Kap. 3.2)
- Darstellung der Ergebnisse der einzelnen Firmenpartner (Kap. 3.3 – Kap. 3.5)
- Verbesserung auf Basis des erhaltenen Feedbacks aus den Firmenworkshops, Dokumentation und Verbreitung der Methodik (Kap. 3.6)

Entwicklung der Methode ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts

In Kapitel 3.1 sind die erfolgten Arbeitsschritte der Methodenentwicklung und die Ergebnisse daraus beschrieben. Die Methodik besteht aus sechs Teilen, die zu einem umfassenden Toolkit verschmolzen wurden und umfasst Methoden zur Produktbeschreibung mit Umweltparametern, zu Life Cycle Thinking, zur Ermittlung von Stakeholderanforderungen, zur Holistischen Prozessoptimierung, zur Identifizierung von Verbesserungsmaßnahmen und zur Bewertung der Green Product Concepts.

Anwenden der Methode ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts zur Entwicklung von drei innovativen Produktkonzepten

In Kapitel 3.2 ist die Anwendung der ECODESIGN Toolbox bei den beteiligten Firmenpartnern Schritt für Schritt dokumentiert. Die Anwendung umfasst die systematische Erfassung der Produktcharakteristika der Beispielprodukte und die Ermittlung der Lebensphase mit den größten Umweltauswirkungen mittels Umweltanalyse über den gesamten Lebenszyklus. Zielgerichtet wurden mit Hilfe der Tools produkt- und prozessbezogene Verbesserungsmaßnahmen identifiziert und konkrete Umsetzungsideen für die jeweiligen Green Product Concepts abgeleitet.

Die Anwendung erfolgte in den Firmen in Form von Workshops, die nach Abschluss der Entwicklung jedes Teiles der ECODESIGN Toolbox abgehalten wurden. Die Anwendung wird zunächst allgemein beschrieben und die konkreten Ergebnisse pro Firmenpartner sind in den Kapiteln 3.3 bis 3.5 zusammengefasst und übersichtlich dargestellt.

Verbesserung und Verbreitung der Methode ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts

In Kapitel 3.6 sind die Methodenverbesserung und die Aktivitäten zur Methodenverbreitung beschrieben. Die Methodenverbesserung erfolgte laufend unter Einbeziehung des Feedbacks der Wissenschafts- wie Firmenpartner. Die Entwicklung der Methodik erfolgte in einem dynamischen Prozess, wobei das Feedback aus der Methodenanwendung in einem abschließenden Überarbeitungsprozess eingearbeitet wurde. Zur Verbreitung der Methodik wurden zwei öffentliche Veranstaltungen abgehalten, Informationsbroschüren gedruckt und Papers bei nationalen und internationalen Konferenzen vorgetragen. Die Verbreitung vor allem in Klein- und Mittelbetrieben wird durch eine Workshopreihe beginnend mit Februar 2008 Österreich weit durchgeführt.

2 Ziele des Projektes

Ziel dieses Projektes war die Entwicklung einer Methodik zur nachhaltigen Produktentwicklung in enger Kooperation mit industriellen Anwendern. Diese Vorgehensweise sollte speziell für KMUs aus einem umfangreicheren Ansatz abgeleitet und angepasst werden. Die ECODESIGN Toolbox sollte weiterentwickelte, bestehende Methoden zur Gestaltung umweltgerechter Produkte enthalten und diese in praxisgerechter Weise aufarbeiten. Weiters sollte diese Methodik zur nachhaltigen Produktentwicklung mit Berücksichtigung des gesamten Produktlebenszyklus mit einer sozial- und umweltverträglicheren Produktion kombiniert werden.

Diese entwickelte Toolbox sollte dann im Anwendungsteil des Projektes mit Produktentwicklungsteams aus den drei ausgewählten Partnerfirmen erprobt und angewendet werden. Nach Anwendung der Toolbox for Green Product Concepts an den Referenzprodukten sollte das Feedback der Firmen in die Methodenverbesserung einfließen und diese optimiert werden.

Als Ergebnis sollte nach Berücksichtigung des Feedbacks der Firmenpartner die entwickelte Methodik vorliegen, die zur Anwendung in anderen Firmen und Branchen anwendbar ist und zur Verbreitung kommen soll. Das Ergebnis der praktischen Anwendung der Methodik sollen innovative Produktkonzepte für die Beispielprodukte sein.

Dazu wurde zunächst von den Forschungseinrichtungen eine Vorgangsweise in sechs Schritten entwickelt – die ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts. Die Toolbox stellt eine Kombination von weiterentwickelten bestehenden, Methoden dar, die nun verknüpft vorliegen und unter Anleitung in KMUs angewendet werden können. Die systematische Vorgehensweise ermöglicht in sechs Schritten die Erhebung der relevanten Produktcharakteristika, die Analyse der Umweltauswirkungen eines Produktes, der Stakeholderanforderungen und der Produktionsprozesse und die Ermittlung von Verbesserungsideen, die in einem Green Product Concept Einklang finden.

Als Ergebnis des Projektes liegt nun die ausgearbeitete Methodik der ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts vor, die aufgrund der großen Unterschiede der Beispielprodukte nicht auf eine Branche bzw. auf ein spezifisches Produkt zugeschnitten wurde und somit offen für die Anwendung in anderen Bereichen ist.

Mit vorliegenden Projektergebnissen wurden nachfolgende, zu Beginn des Projektes formulierte Fragestellungen beantwortet und die Projektziele wurden in allen Bereichen erfüllt. Die weiter entwickelten Methoden wurden zur ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts zusammengefasst und mit drei industriellen Anwendern erfolgreich angewendet.

Fragestellung 1: Welche technischen Parameter (z.B.: Gewicht, Energieverbrauch, Recyclingrate, ...) sind zur Analyse der Umwelteigenschaften eines Produktes relevant? Welche Produktdaten sind generell für eine Produktverbesserung zu erheben?

Aus der Erfahrung mit Betrieben und deren Produkten kann gesagt werden, dass vielfach der Fokus für umweltbezogene Produktverbesserungen sehr eng gewählt wird. Ein vollständiges Lebenszyklusdenken fehlt oftmals. Mit der Erfassung von technischen Parametern entlang des gesamten Produktlebens soll Abhilfe geschaffen werden. In Form eines Erhebungsbogens wurden alle entlang des Produktlebens relevante Umweltdaten aufgezeigt, um ein Umweltprofil zu erstellen welches die Basis für die weiteren Analyse- und Syntheseschritte darstellt.

Fragestellung 2: Wie ermittelt man praxisgerecht die Umweltauswirkungen eines Produkts?

Grundsätzlich ist bei der Beantwortung dieser Frage immer zwischen dem Anspruch der Vollständigkeit einer Umweltbewertung und dem dafür erforderlichen Aufwand (und damit der Kosten) abzuwägen. Es wurde gezeigt, wie man beides verbinden kann: Hinreichende Vollständigkeit der Bewertung und vertretbarer Aufwand zur Durchführung.

Fragestellung 3: Wie können Stakeholderforderungen (wie z.B. durch neue Umweltgesetze) systematisch erfasst werden?

Neue Umweltgesetze und -verordnungen stellen neue Herausforderungen für Unternehmen dar (z.B.: die Elektroaltgeräteverordnung). Es wurde gezeigt, welche produktbezogenen Umweltaforderungen in manchen Bereichen zu erwarten sind, vor allem aber wie man diese systematisch erfassen und für die Produktentwicklung aufbereiten kann.

Fragestellung 4: Wie kombiniert man Umweltanalyse und Stakeholderforderungen und wie kann man daraus Produktverbesserungsmaßnahmen ableiten?

Aus Fragestellung 2 und 3 lässt sich ein Gesamtbild entwickeln mit dem man die gefundenen Verbesserungsansätze in konkrete ECODESIGN Maßnahmen für die Produktentwicklung umwandeln kann. Es soll hier mit ECODESIGN Checklisten gearbeitet werden.

Fragestellung 5: Wie können Produktionsprozesse erfasst, analysiert und bewertet werden und wie können daraus Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden?

Prozessoptimierungen in Unternehmen begründen sich im Allgemeinen durch Produktivitäts- und Qualitätserhöhungen. Umweltauswirkungen werden oft punktuell und im Nachhinein korrigierend bearbeitet, Auswirkungen auf Gesundheit und Arbeitsfähigkeit der Mitarbeiter sowie ergonomische Bedingungen wurden bislang kaum beachtet.

Hier wurden jedoch alle relevanten Energie- und Stoffflüsse sowie Arbeitsvorgänge in der Produktion erfasst und als Ausgangspunkt für produktionsseitige Verbesserungen herangezogen. Im Rahmen der holistischen Prozessoptimierung wurde eine Systematik entwickelt, an Hand derer die Produktionsprozesse ganzheitlich bewertet werden können.

Fragestellung 6: Wie können produkt- und prozessorientierte Verbesserungen zusammengeführt werden und wie kann daraus ein Green Product Concept abgeleitet werden?

Produkt- und Produktionsverbesserungen sollen sich ergänzen und gemeinsam Ansatzpunkte für die Entwicklung von Green Product Concepts liefern. Gemeinsam mit den Industriepartnern wurden drei ECODESIGN Produktkonzepte für die jeweiligen Produkte erarbeitet.

Fragestellung 7: Wie praxistauglich ist der vorgeschlagene Ansatz der ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts?

Zusammen mit drei Firmen wurden die Arbeitsunterlagen, Systematiken und Checklisten, die in der Methodik ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts verwendet werden, getestet und angewendet. Das Feedback floss in die Methodenverbesserung ein und als Ergebnis liegen die entwickelte Methodik und drei innovative ECODESIGN Produktkonzepte für die Beispielprodukte vor.

3 Ergebnisse des Projektes

Die Anwendung der ECODESIGN Toolbox ermöglicht die systematische Erfassung der Produktcharakteristika und die Ermittlung der Lebensphase mit den größten Umweltauswirkungen. Zielgerichtet können mit Hilfe der Tools produkt- und prozessbezogene Verbesserungsmaßnahmen identifiziert und ein Green Product Concept abgeleitet werden.

Die Anforderungen der Umwelt sowie die der Stakeholder, wie z. B. Kunden und gesetzliche Vorgaben sollen in die Produktverbesserung mit einfließen und zu nachhaltigen Produkten am Markt führen. Die Verschmelzung der ECODESIGN Tools mit den prozessorientierten Methoden der Holistischen Prozessoptimierung (HPO) ermöglicht die Optimierung des gesamten Produkt/Prozesssystems. Die ECODESIGN Toolbox umfasst folgende sechs Prozessschritte (Abbildung 2).

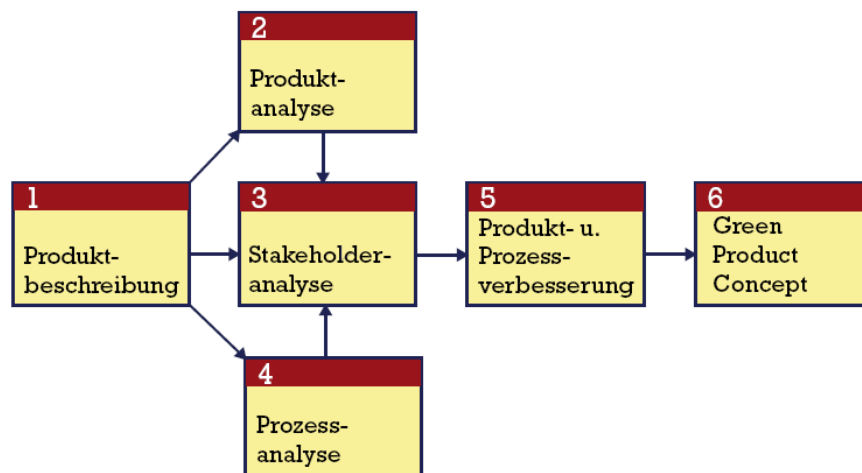


Abbildung 2: Die 6 Schritte der ECODESIGN Toolbox

3.1 Entwicklung der ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts

Im nachfolgenden Kapitel werden die erfolgten Arbeitsschritte der Methodenentwicklung und die Ergebnisse beschrieben (siehe Abbildung 3).

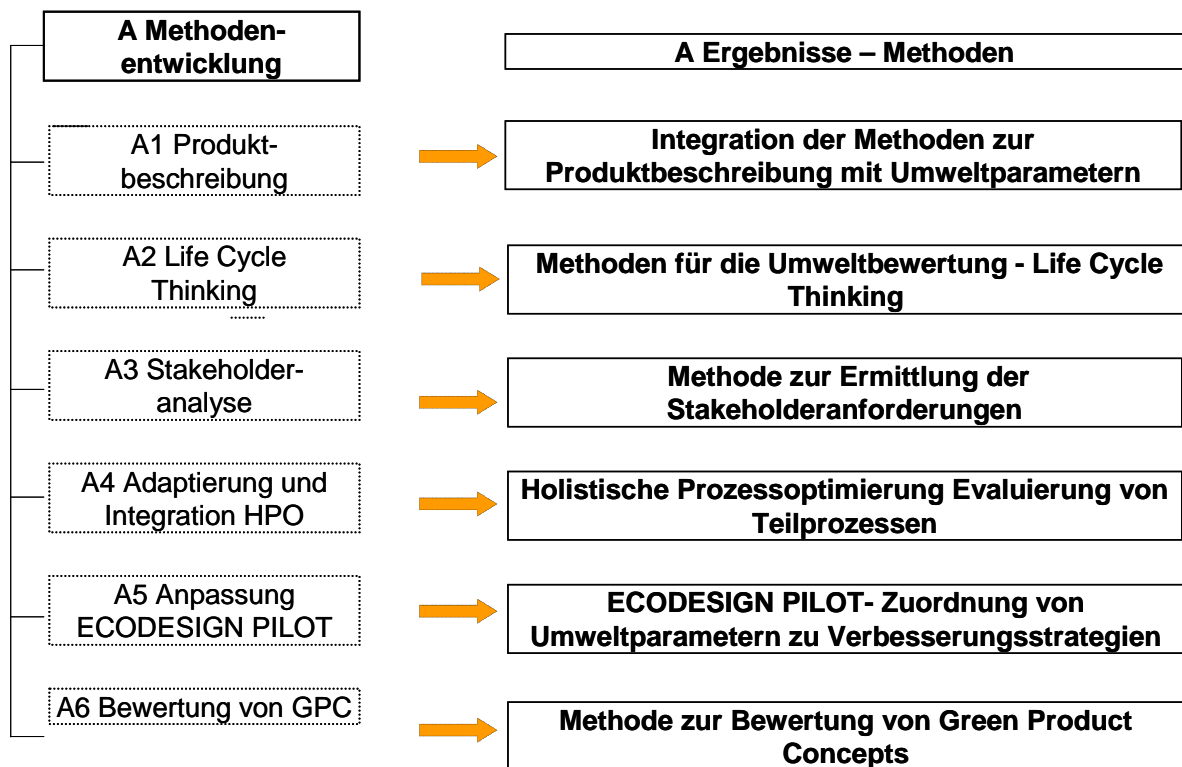


Abbildung 3: Arbeitspakete und Ergebnisse der Methodenentwicklung

3.1.1 Integration der Methoden zur Produktbeschreibung mit Umweltparametern

Im ersten Arbeitsschritt erfolgte die Erarbeitung von Arbeitsblättern zur Systemabgrenzung, zur systematischen Erfassung von Umweltparametern und zur Produktbeschreibung mit diesen Umweltparametern. Die zu untersuchenden In- und Outputgrößen wurden eingangs diskutiert und fest gelegt. Für die Erfassung der relevanten Umweltparameter eines Produktes ist die Systemgrenze von zentraler Bedeutung. Um den Aufwand für die Datenrecherche begrenzen zu können, wurde als Systemgrenze der Unternehmensstandort gewählt. Die Datenrecherche gestaltete sich in manchen Bereichen schwieriger als geplant, z. B. in Falle von Zulieferteilen, da die Informationen begrenzt und sehr schwer erhältlich sind.

Arbeitsaufgaben in diesem Arbeitsschritt:

- Recherche der Methoden und der Vorgehensweise zur
 - Festlegen der Systemgrenze
 - systematischen Erfassung von Umweltparametern
 - Produktbeschreibung mit den ermittelten Umweltparametern (Gewicht, Energieverbrauch, Recycling-Rate, Lebensdauer...)
- Erstellung von Arbeitsblättern zu den genannten Methoden
- Erarbeiten der Schnittstelle zu den nach gelagerten Methoden

Ergebnis:

- Arbeitsblätter zur Erfassung der Produktcharakteristika und Umweltparameter (Abbildung 4)
- Charakterisierung der Zusammensetzung und Herstellungsprozesse ausgewählter elektronischer Bauteile als Input für die Umweltbewertung

ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts
 Entwicklung von Werkzeugen zur nachhaltigen Produktentwicklung



Datum	Produkt	Bezeichnung	BearbeiterIn
09.06.2006			

A1 Produktbeschreibung: Allgemein und mit Umweltparameter

In diesem Schritt geht es darum, die wesentlichen Daten für das zu optimierende Produkt zu erfassen. Eine Produktbeschreibung umfasst u. a. Informationen wie Produktfunktionen, Angaben zu Materialien, Herstelltechnologien, Betriebsstoffe in der Nutzungsphase, ...

Die Umweltparameter werden entlang des gesamten Produktlebens (Rohstoffgewinnung, Herstellung, Distribution, Nutzung, Nach Gebrauch) erfasst.

Start / A1-1 / A1-EH1 / A1-EH2 / A1-EH3 / A1-EH4 / A1-EH5 / A1-EH7_8 / A1-F1 / A1-EH9 / A1-ZT6 / A1-ZT10

Abbildung 4: Deckblatt der Datenblätter zur Produktbeschreibung

Gliederung der Arbeitsblätter	
A1-1	Allgemeine Angaben zum Produkt
A1-PB	Prozessbeschreibung für Pulverbeschichtung
A1-EH1 bis A1-EHxy	Pro Hauptkomponente: Erfassung der Rohstoffe und Herstellungsprozesse für die eigene Herstellung der Komponente im Betrieb
A1-ZT1 bis A1-ZTxy	Erfassung der extern gefertigten Zulieferteile
A1-3	Je Produkt: Erfassung der Daten zu den Phasen Distribution, Nutzung und Nach Gebrauch

Abbildung 5: Beispiel für Gliederung der Arbeitsblätter zur Produktbeschreibung

Bei der Erfassung der Produktcharakteristika müssen folgende Arbeitsblätter ausgefüllt werden:

- Start: Deckblatt mit Produktname und Firmenname, Übersicht
- A1-1: Allgemeine Angaben zum Produkt
 - Allgemeine Information: Art des Produktes, Modell, Gewicht...
 - Hauptkomponenten (HK) des Produktes: Gehäuse, Leiterplatte,...
 - Funktionen des Produktes: Haupt- und Nebenfunktion
- A1-EH1 bis A1-EHxy: Pro Hauptkomponente: Erfassung der Rohstoffe und Herstellungsprozesse für die eigene Herstellung der Komponente im Betrieb
- A1-ZT1 bis A1-ZTxy: Erfassung der extern gefertigten Zulieferteile
 - Rohstoffe

- Herstellprozesse
- Verpackung
- Transport
- A1-3: Montage im Unternehmen
 - Montage im Unternehmen: Prozesse wie z. B. Löten
 - Hilfs- und Betriebsstoffe zur Montage
 - Energieverbrauch im Unternehmen
 - Abfälle und Emissionen bei der Montage z. B. Verpackung, Reststoffe
 - Physikalische Einwirkungen z. B. Lärm, Vibrationen
- A1-4: Je Produkt: Erfassen der Daten zu Distribution, Nutzung und Nach Gebrauch
 - Distribution: Art und Menge der Verpackung, Transportart- und Entfernung
 - Nutzung: Energiebedarf, Abfälle, Wartung, ...
 - Nach Gebrauch: Entsorgungsart, gefährliche Abfälle, Demontageaufwand...
 - Sonstiges z. B. Zubehör

Die Beschreibung des Produktes erfolgt in Komponenten gegliedert. Eine Komponente ist ein Bauteil z. B. Gehäuse oder eine Bauteilgruppe, die sich hinsichtlich Charakteristik und Funktion zusammenführen lässt z. B. Motoren, elektronische Bauteilgruppen, Spindeln etc. Teile mit mehr als 5 Gew.-% wurden berücksichtigt.

Hinsichtlich Fertigungsort wird zwischen Komponenten die am Unternehmensstandort gefertigt werden „Eigene Herstellung – EH“ und zwischen „Zulieferteilen – ZT“ unterschieden. Die Komponenten aus eigener Herstellung können auf Grund der Datenlage und Recherchemöglichkeit vor Ort genauer beschrieben werden, für Zulieferteile werden die Rohstoffe und die Herstellungsprozesse sowie Angaben zur Verpackung und Transport abgefragt, die im Bedarfsfall auch abgeschätzt werden müssen.

Zusammensetzung der elektronischen Komponenten:

Ein wesentlicher Teil der Beschreibung von produktspezifischen Umweltparametern ist die Bestimmung und Auflistung der Inhaltstoffe, die im Produkt vorkommen. Dies geschieht mit einer Zerlegung (virtuell oder manuell) des Produktes auf Baugruppen (erste Zerlegungsebene mit dem niedrigsten Detaillierungsgrad der Informationen), Bauteile, Werkstoffe (Materialien) und Rohstoffe (Substanzen, die in dem Fall die höchste Informationsdetaillierungsebene darstellen). Die nachstehende Abbildung zeigt die schematische Darstellung der Informationsebenen bei der Zerlegung eines Produktes (Abbildung 6).

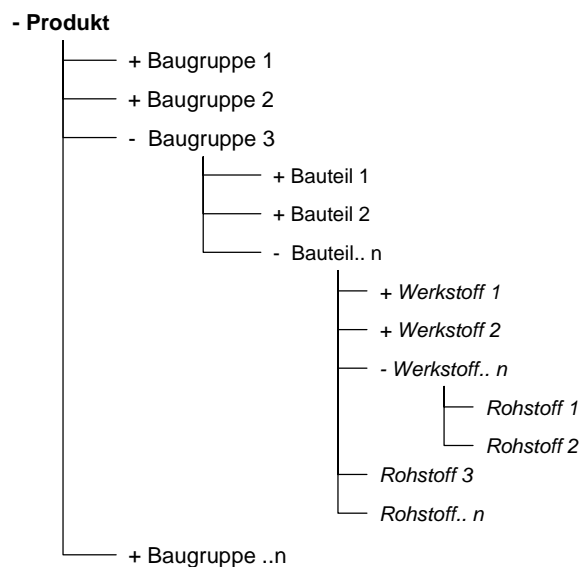


Abbildung 6: Produktstruktur – Detaillierungsebenen

Die Grundlage für die Identifizierung der Baugruppen und Bauteile bietet die Produkt-Stückliste des Produktentwicklers. Für die „mechanischen“ Bauteile wie Gehäuseteile, Druckknöpfe, Abdeckungen, etc. sind die Materialangaben in den meisten Fällen seitens Entwickler bekannt. Ein spezielles Gebiet bilden die elektronischen Bauteile und Komponenten, die heutzutage fast in jedem technischen Produkt zu finden sind. Auf Grund der Komplexität und Materialvielfalt dieser Bauteile ist die Bestimmung der genauen Materialzusammensetzung in der Praxis mit einem sehr hohen Aufwand verbunden und in vielen Fällen finanziell nicht tragbar. Aus diesem Grund wurden die elektronischen Bauteile auf Basis der Produktstücklisten der untersuchten Produktfälle gesondert untersucht und für eine breitere Nutzung verallgemeinert.

In Rahmen dieses Projektschrittes wurde die Erhebung der Materialdaten von elektronischen und elektrischen Bauteile für die drei Produktbeispiele (digitales Diktiergerät, Golf Swing Analyzer, Kunststoff-Spritzgussmaschine) durchgeführt. Ziel dieser Erhebung war, einerseits die Identifikation der Produktmaterialien als Basis für die produktspezifische Lebenszyklusanalyse, andererseits aber auch die Ableitung von allgemeingültigen Materialzusammensetzungen für „Elektro(nik)-Standardbaugruppen“ (wie z. B: Leiterplatten, Kabel, elektromechanische Bauteile, etc.). Die Ausarbeitung von allgemeinen Standardbaugruppen und Bauteilen ermöglicht die weitere Nutzung bei der Anwendung der ECODESIGN -Toolbox für die Umweltbewertung anderer Produkte.

Die Datenrecherchen haben gezeigt, dass die bei den Bauteilherstellern zur Verfügung stehenden Materialangaben sehr unterschiedliche Qualität aufweisen. So verfügen zum Beispiel die Produzenten von aktiven Elektronikbauteilen (wie z.B. Infineon, ON-Halbleiter oder PHILIPS-Halbleiter) mittlerweile über sehr detaillierte Materialangaben, wobei die Datenlage auf Seite der Hersteller von passiven Bauteilen hingegen immer noch in vielen Fällen lückenhaft ist. Die wenigsten Materialangaben konnten für die elektromechanischen Bauteile gewonnen werden wie Relais, Schütze, Schalter und Schaltautomaten, etc., die für das Fallbeispiel Spritzgussmaschine von Relevanz sind. In solchen Fällen wurde auf Literaturangaben oder auf manuelle Zerlegeversuche zurückgegriffen.

Die Abbildung von Standardbaugruppen umfasst folgende Bauteile:

- Standardleiterplatte (bestückt mit aktiven und passiven SMD¹-Bauteilen): relevant für alle drei Produktfallbeispiele
- Herkömmliche verdrahtete Bauteile (die in Relation zu der Leiterplatte eine bedeutende Masse besitzen): relevant für alle drei Produktfallbeispiele
 - Elektrolytkondensatoren
 - LEDs
 - Steckverbinder, Klemmen und Schalter
- Batterien und Akkus: relevant für Diktiergerät und Golf Swing Analyzer
- LCDs: relevant für Diktiergerät
- Mikrophon und Lautsprecher: relevant für Diktiergerät
- Leitungen und Drähte für Nachrichtentechnik und Elektronik: relevant für Diktiergerät und Golf Swing Analyzer
- Starkstromleitungen: relevant für die Spritzgussmaschine
- Elektromotoren: relevant für die Spritzgussmaschine

Für die oben genannten Gruppen wurden durchschnittliche Materialzusammensetzungen definiert (als Prozentanteile der Gesamtmasse), die für andere Produktbewertungen anwendbar sind, was sich als eine sehr praxisorientierte Methode für die Verwendung der ECODESIGN-Toolbox erwiesen hat. Als Beispiel wird in der Tabelle 1 die Zusammensetzung einer SMD-bestückten Leiterplatte (Type FR4, mit 2 Layer) eingefügt. In ähnlicher Form wurden die Daten für alle untersuchten Bauteile aufbereitet.

Materialbezeichnung	Gewichtsanteil [%]
---------------------	--------------------

¹ SMD (Surface Mounted Devices): Oberflächen-montierbare Bauteile, die eine extrem kleine Bauform besitzen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Bauteilen wird SMD direkt auf die kupferkaschierte Oberfläche der Platine (automatisiert) gelötet.

Glasfaser		37,25
Bromiertes Epoxidharz		27,41
Acrylat / Novolack		0,99
Kupfer	Cu	13,71
Zinn	Sn	2,04
Ceramik	Al ₂ O ₃ / BaTiO ₃	6,50
Gold	Au	0,03
Blei	Pb	0,07
Nickel	Ni	2,40
Palladium	Pd	1,60
Silicium	Si	2,00
Silber	Ag	6,00

Tabelle 1: Inhaltstoffe: SMD-bestückte Leiterplatte (Type FR4, mit 2 Layer)

Beschreibung der Herstellungsprozesse der elektronischen Bauteile:

Als Basis für die Umweltanalyse der Beispielprodukte wurden die relevanten Herstellungsprozesse der elektronischen Bauteile identifiziert. Diese Untersuchungen wurden ergänzend zu denen im LCA-Tool (SimaPro) vorhandenen Prozessdaten durchgeführt. Ziel dieses Schrittes war, ähnlich wie im Falle der Erhebung der Bauteilmaterialdaten die Beschreibung der relevanten Teilprozesse als Grundlage für die Ermittlung der kumulierten Energieaufwände für die Umweltanalyse.

Die elektronischen Bauteile werden in der Regel zugekauft, somit findet auch die Herstellung dieser Bauteile außerhalb der Produktionsstätte des Endproduktherstellers statt. Da die Elektronikprodukte eine breite Palette von sehr unterschiedlichen Bauteilen beinhalten, bilden die in Frage kommenden Herstellungsprozesse ein sehr breites und komplexes Gebiet. Im diesem Projektabschnitt wurden die relevanten Produktionsprozesse für die im Projekt analysierten Produktfallbeispiele untersucht und abgebildet.

Die Prozessdaten wurden auf Grund der allgemeinen Literaturangaben und in Einzelfällen mit Hilfe von durchschnittlichen Herstellerangaben ausgearbeitet. Somit wurden universellen Angaben für die allgemeine Anwendung der ECODESIGN Toolbox erstellt.

Die untersuchten Herstellungsprozesse für die einzelnen Bauteilgruppen im Zusammenhang mit den drei Produktbeispielen umfassten:

- Herstellungsprozesse von aktiven Bauteilen (Halbleiter): relevant für alle Produktbeispiele
- Produktion von Leiterplatten (relevant für alle Produktbeispiele) inklusive:
 - Herstellung des Trägermaterials
 - Herstellung der Leiterbahnen
 - Komponentenbestückung
- Herstellung von Leuchtdioden: relevant für Diktiergerät und Golf Swing Analyzer
- Herstellung von Batterien und Akkus: relevant für Diktiergerät und Golf Swing Analyzer
- Herstellung von LCD-Display: relevant für Diktiergerät und Spritzgussmaschine
- Herstellung von Cameramodulen: relevant für Golf Swing Analyzer
- Herstellung von Elektromotoren: relevant für Spritzgussmaschine

3.1.2 Methoden für das Life Cycle Thinking

Mittels Lebenszyklusdenken (Life-Cycle-Thinking) wird das Referenzprodukt einer systematischen Beurteilung unter Umweltaspekten unterzogen. Das Produkt wird mit Hilfe eines Produktmodells entlang seiner Lebensphasen umfassend analysiert und unter ökologischen Gesichtspunkten beurteilt.

Dazu wurde eine Methodenkombination aus kumuliertem Energieaufwand und ECODESIGN Assistent zur Ermittlung der Umweltperformance eines Produktes entlang des gesamten Produktlebenszyklus erstellt. Zu einer ersten groben Abschätzung kann auch eine Material-Energie-Toxizitätsmatrix (MET-Matrix) herangezogen werden, die in diesem Projekt auf Nachhaltigkeitsaspekte ausgedehnt wurde.

Arbeitsaufgaben in diesem Arbeitsschritt:

- Recherche ausgewählter Methoden zur Ermittlung der Umweltperformance eines Produktes
 - Material-Energie-Toxizitätsmatrix (MET-Matrix)
 - Kumulierter Energieaufwand (KEA)
 - Assistent des ECODESIGN PILOT
- Erarbeiten von Kombinationen dieser Methoden zur einfachen Anwendung
- Erarbeiten von Arbeitsblättern, Demonstrationsbeispielen und Unterlagen (z. B. Energiewerte) zum Anwenden der Methodenkombination in den Firmen
- Anpassen der ausgewählten Methodik an das gemeinsame Green Tool Box - Layout
- Erarbeiten der Schnittstellen vor- und nach gelagerter Methoden

Ergebnis:

- Erweiterte Funktionalität des ECODESIGN Assistent zur Ermittlung der Umweltauswirkungen
- Erweiterte MET-Matrix zu einer Nachhaltigkeitsmatrix

Der Assistent, das Hilfsprogramm zum ECODESIGN PILOT, unterstützt bei der Charakterisierung des zu verbessernden Produktes. Anhand des so genannten Produkttyps können die wesentlichen Umweltaspekte erkannt und die am besten geeigneten ECODESIGN Strategien zur Produktverbesserung gefunden werden.

Als Datenbasis des Assistenten dient die in A1 erstellte Produktbeschreibung. Anhand von in sechs Formularen eingegebenen Produktdaten identifiziert der Assistent die besonderen Eigenschaften und kritischen Aspekte des zu untersuchenden Produktes. Beispielsweise müssen im zweiten Formular die Rohmaterialien deklariert werden (Abbildung 7).

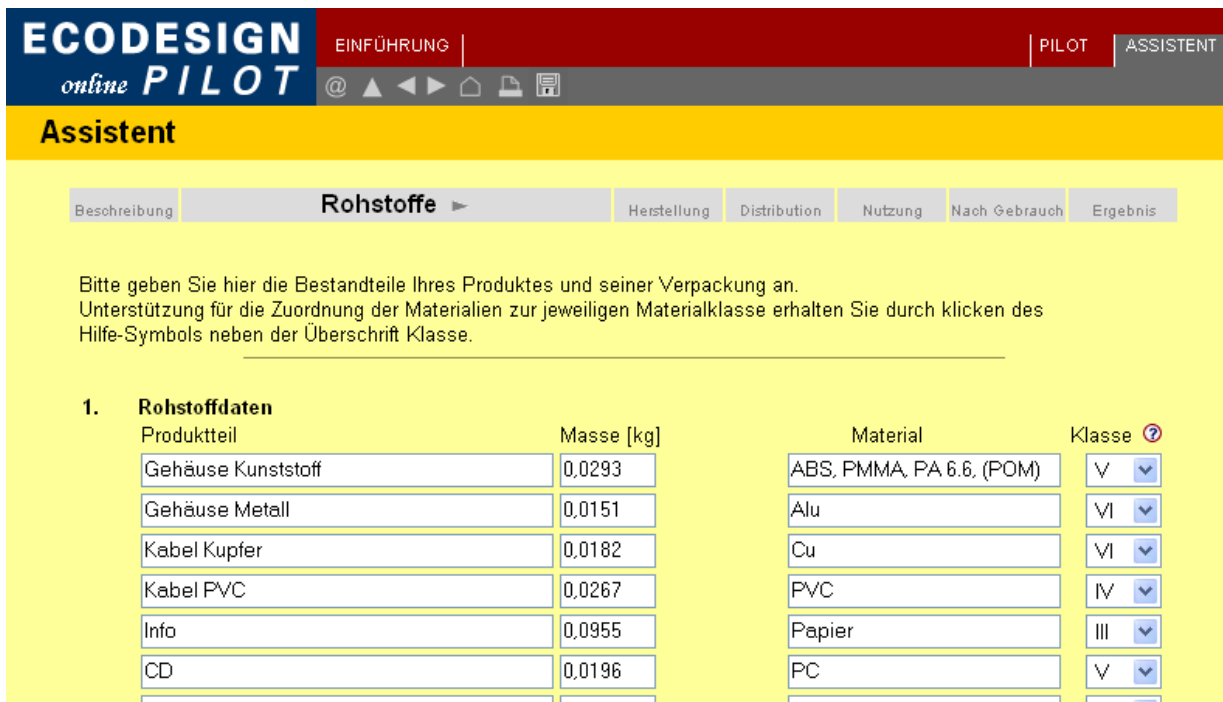


Abbildung 7: ECODESIGN Assistent: Rohstoffe

Der Assistent empfiehlt die am besten geeigneten Strategien zur Produktverbesserung. Die dazugehörigen ECODESIGN Checklisten können dann anschließend, im fünften Schritt der Toolbox, im ECODESIGN-PILOT durchgearbeitet werden. Der Assistent zum ECODESIGN PILOT ist online verfügbar unter www.ecodesign.at/assistent.

In diesem Arbeitsschritt wurde die Grundlage der Bewertung des Ecodesign Assistent umgestaltet. Für die bisher verwendeten Eco-Indikatoren liegen keine aktuellen Datenbanken vor, andererseits sind Indikatoren bei fehlenden Daten für spezifische Materialien bzw. Prozesse aufwändig zu berechnen. Daher wurden Energiewerte zur Ermittlung des Kumulierten Energieaufwandes (KEA) als Bewertungsgrundlage für die Umweltauswirkungen herangezogen.

Dabei musste in die Systematik des Assistenten eingegriffen werden, wodurch die Einfachheit der Dateneingabe für die NutzerInnen gleich bleibt und das Ergebnis deutlich verbessert wurde.

Verbesserungen

- Direkte Auswahl von Materialien bzw. Materialgruppen (siehe Abbildung 8)
- Möglichkeit der Auswahl von Prozessen
- Möglichkeit der Auswahl verschiedener Entsorgungsszenarien für verschiedene Materialien
- Graphische Ausgabe des Umweltprofils über den gesamten Lebenszyklus (siehe Abbildung 9)
- Ausgebaute Datenbank mit den speziell für die im Projekt verwendeten Produkte der Projektpartner

ECODESIGN
online **PILOT**

EINFÜHRUNG | PILOT | ASSISTENT

Assistent

Beschreibung | **Rohstoffe** ▶ | Herstellung | Distribution | Nutzung | Nach Gebrauch | Ergebnis

Bitte geben Sie hier die Bestandteile Ihres Produktes und seiner Verpackung an.
Unterstützung für die Zuordnung der Materialien zur jeweiligen Materialklasse erhalten Sie durch klicken des Hilfe-Symbols neben der Überschrift Klasse.

1. Rohstoffdaten

Produktteil	Masse [kg]	Material	Klasse ?
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

2. Verpackungdaten

Verpackungsteil	Masse [kg]	Material	Klasse ?
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Materialauswahl:

- Metalle**
- Leichtmetalle**
 - Alu
 - Kupfer
 - andere (Durchschnittswert)
- Schwermetalle**
 - Stahl
 - Eisen
 - andere (Durchschnittswert)

Abbildung 8: Materialauswahl

Durch das Ausfüllen von fünf Formularen – eines zu jeder Phase des Produktlebens (Rohstoffe, Herstellung, Distribution, Nutzung und Nach Gebrauch) – erhält man in wenigen Schritten mit überschaubarem Aufwand den Produkttyp des eingetragenen Produktes. Anhand der eingegebenen Produktdaten identifiziert der Assistent die besonderen Eigenschaften und kritischen Aspekte Ihres Produktes.

Der Assistent empfiehlt anschließend die am besten geeigneten Strategien zur Produktverbesserung. Die dazugehörigen ECODESIGN Checklisten können dann in der Online-Version des ECODESIGN PILOT durchgearbeitet werden.

Die Produkttypen reflektieren den Hauptanteil der Umweltauswirkungen eines Produktes:

- Typ A – rohstoffintensives Produkt
- Typ B – herstellungsintensives Produkt
- Typ C – transportintensives Produkt
- Typ D – nutzungsintensives Produkt
- Typ E – entsorgungsintensives Produkt

Das Resultat der Umweltbewertung mit dem ECODESIGN Assistent ist beispielhaft in Abbildung 9 zu sehen.



Abbildung 9: Ergebnis des ECODESIGN Assistent mit Ausgabe des Umweltprofils

Das Ergebnis eines Durchlaufs mit dem Assistent ist der Produkttyp sowie eine Strategieempfehlung in drei Kategorien:

1. Hauptstrategien sind besonders Ziel führend. Hier befindet sich die größte Hebelwirkung für umweltrelevante Produktverbesserungen. Eine rasche Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen wird empfohlen.
2. Bei den Nebenstrategien ist ebenfalls große Umweltrelevanz gegeben und Verbesserungen zu erwarten.
3. Zusatzstrategien werden empfohlen, wenn der Assistent weitere Verbesserungsmöglichkeiten erkannt hat.

3.1.3 Methode zur Ermittlung der Stakeholderanforderungen

Bei der umweltgerechten Produktgestaltung geht es nicht nur um das Einbeziehen von Umweltfaktoren in die Produktentwicklung. Bei einem nachhaltigen unternehmerischen Leitbild, kommt auch den Mitarbeitern, Aktionären, Endkunden, Zulieferern und dem Gesetzgeber - allen Stakeholdern - eine wesentliche Bedeutung zu. Für Unternehmen ist es nicht immer einfach die Anforderungen der Kunden zu berücksichtigen und so wird die Verwendung der Planungsmethode Quality Function Deployment (QFD) zur Übersetzung der Kundenanforderungen in Designparameter als Ziel führend angesehen.

Hinsichtlich der gesetzlichen Umweltauflagen ist zwischen Elektro(nik)- und sonstigen Produkten zu unterscheiden. Für erstere gibt es bereits strenge Umweltauflagen für zweitere ist das in ähnlicher Form zu erwarten. Es wurde daher eine Vorgangsweise entwickelt, die es ermöglicht, diverse produktbezogenen Umweltauflagen von Stakeholderseite zu identifizieren.

Dazu wurde als Methodik das Quality Function Deployment (QFD) eingesetzt. Als Ergebnis liegt eine Zuordnungsmatrix von möglichen Umweltforderungen der Stakeholder zu technischen Designparameter eines Produktes vor.

Arbeitsaufgaben in diesem Arbeitsschritt:

- Recherche und Analyse von Quality Function Deployment
- Auswahl der Elemente, die aus dem QFD verwendet werden sollen
- Erstellung von Arbeitsblättern zur Anwendung von QFD an den Referenzprodukten

Ergebnis:

- Liste von Stakeholderanforderungen mit Umweltrelevanz
- Liste von Technischen Parametern zur Umsetzung dieser Stakeholderanforderungen
- Liste von Ecodesign Maßnahmen passend zu den Technischen Parametern
- Arbeitsblätter zur umfassenden Ermittlung der Stakeholderanforderungen

Stakeholder Relationship Modell

Das Stakeholder Relationship Modell wurde entwickelt, in dem das Unternehmen und seine Produkte mit den Kunden und Lieferanten an den rechtlichen und technischen Anforderungen reflektiert wurde (Abbildung 10). Die Details für das Stakeholder Relationship Model wurden in einer Stakeholderanalyse untersucht und auf Relevanz geprüft (Abbildung 11).

Folgende Detailgruppen werden untersucht:

- Stakeholder Modell
 - Unternehmen
 - Produkt
 - Service
- Relationen zwischen den Stakeholdern
 - Das Unternehmen im Mittelpunkt
 - Lieferanten
 - direkte Kunden
 - Endkunden
 - Nationale Behörden
- Produktbezogene gesetzliche Anforderungen
- Details zur Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen

Aus den produktbezogenen gesetzlichen Anforderungen werden die zutreffenden Anforderungen und die zu setzenden Handlungen abgeleitet. Die Stakeholderanalyse wurde im Anwendungsteil des

Projekts für alle drei beteiligten Industriebetriebe entsprechend der jeweiligen Charakteristik von Unternehmen und Produkten detailliert durchgeführt und dokumentiert.

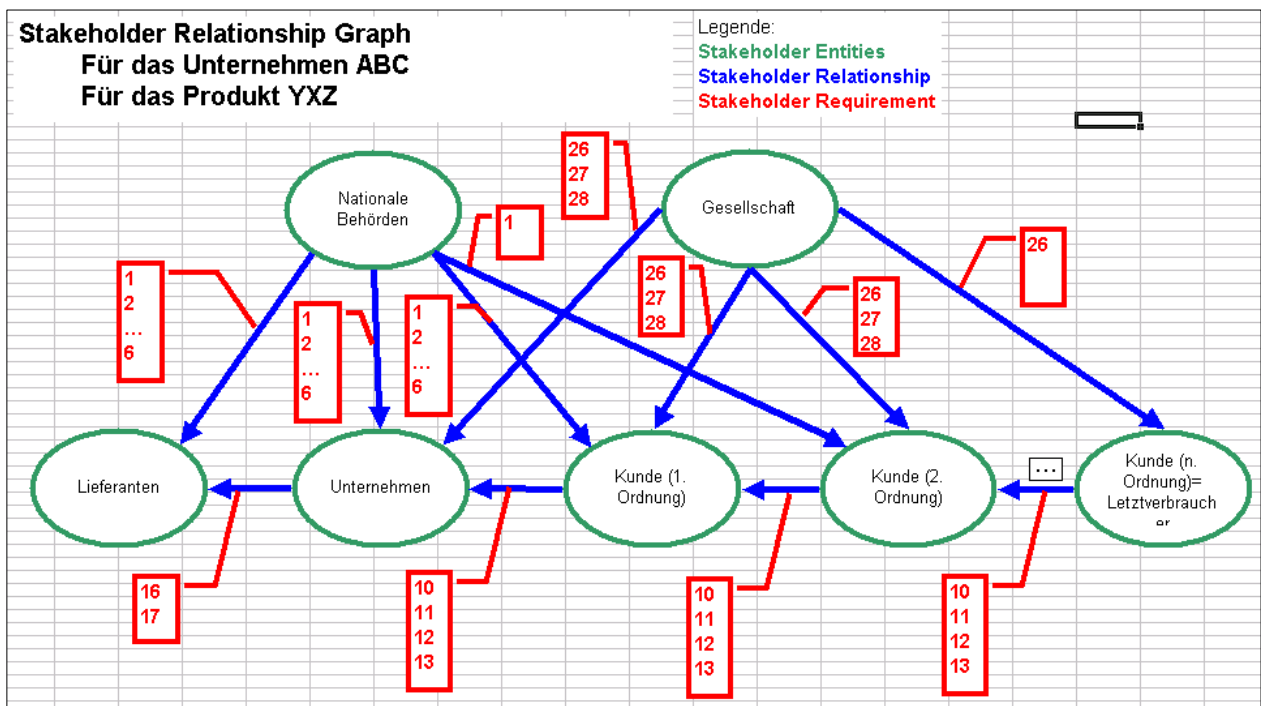


Abbildung 10: Übersicht Stakeholder Relationship Model

Nr.	Stakeholder	Requirement	Priority	Unternehmensbereich	Dokument	Beschreibung
1	Nationale Behörden	EAG-Verordnung (WEEE- Richtlinie, RoHS-Richtlinie)	1	GF, (n-1), Kunde	Verordnungstext Managementhandbuch	Erfüllung der Verpflichtungen EAG-Verordnung (Registrierung, Stoffverbote, ..., Rücknahme)
2	Nationale Behörden	CE-Kennzeichnung	1	GF, Zeichnungsberechtigter	Konformitätserklärung	Erfüllung der Anforderungen zutreffender Einzelrichtlinien
3	Nationale Behörden	EMV-Richtlinie	1	GF		Erfüllung der Anforderungen zutreffender Einzelrichtlinien
4	Nationale Behörden	Maschinenrichtlinie	1	GF		Erfüllung der Anforderungen zutreffender Einzelrichtlinien
5	Nationale Behörden	Elektrotechnikgesetz	1	GF		
6	Nationale Behörden	Gewerbeordnung	1	GF, Beauftragte		z.B. Abfallbeauftragter, ...
7						
8						
9						
10	Kunde 1. Ordnung	Funktionierendes Produkt	2	Entwicklung, Produktion, ...	Pflichtenheft, Lastenheft	
11	Kunde 1. Ordnung	Einkaufsbedingungen	2		Allg. Geschäftsbedingungen	
12	Kunde 1. Ordnung	Ökologisches Produkt	2	Entwicklung, Produktion, ...	Öko-Designrules	Entwicklerunterstützende Tools
13	Kunde 1. Ordnung	Erfüllung von Normen	2	Entwicklung, Produktion, ...	Normen	Normen dienen der Beschreibung des technischen State of the Art
14						
15						
16	Unternehmen	Qualität von Zulieferteilen	?	Einkauf, QM	Einkaufsrichtlinien, Qualitätspolitik	Lieferantenvereinbarung, Lieferantenbewertung
17	Unternehmen	Verfügbarkeit von Zulieferteilen	?	Einkauf, QM	Produktpolitik, Ersatzteilpolitik	Lieferantenvereinbarung, Lieferantenbewertung
18						

Abbildung 11: Stakeholder Relationship Model - Details

Quality Function Deployment

Das oberste Ziel des Quality Function Deployment ist auf die Qualitätsanforderungen der Kunden ausgerichtet. Die geeignete Produktqualität findet man dann in der Kundenzufriedenheit, in dem Grad der Erfüllung der Kundenansprüche bezüglich einer Problemlösung durch Produkteigenschaften (Quelle: Akao, Y., QFD – Quality Function Deployment, Wie die Japaner Kundenwünsche in Qualitätsprodukte umsetzen, 1992).

Im ersten Schritt werden mit einer Kundenbefragung die vom Kunden gestellten Anforderungen ermittelt. Anschließend wird eine Gewichtung der Kundenanforderungen vorgenommen. Unter Zuhilfenahme der Kundenanforderungen und vergleichbarer Produkte sollen nun die geforderten Eigenschaften des Produktes formuliert werden. Dieser Teil des House of Quality entsteht durch die Vernetzung der Kundenanforderungen mit den technischen Merkmalen des Produktes (Abbildung 12). Die Beziehungsmatrix ist die Grundlage für die Berechnung der Gewichtung der technischen Produktmerkmale.

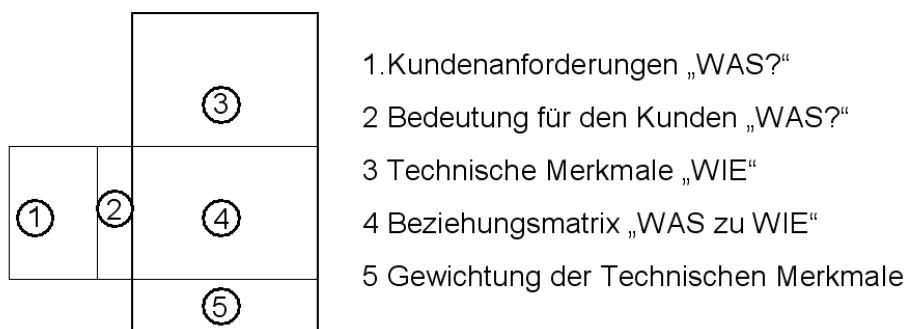


Abbildung 12: Schema Beziehungsmatrix des House of Quality aus QFD

Liegen die Stakeholderanforderungen aus z. B. Kundenbefragungen bzw. Marktrecherchen vor, werden diese in die Beziehungsmatrix eingetragen (1) und können dann ihrer Bedeutung für den Kunden entsprechend gewichtet werden (2). Dazu stehen Werte von 1 = weniger wichtig bis 5 = sehr wichtig zur Auswahl. Die Berechnung dieser Gewichtung erfolgt beispielsweise durch das Verfahren des paarweisen Vergleichs. Auf der anderen Seite müssen auch die technischen Parameter formuliert werden (3). In Zusammenarbeit sollen Entwickler sich die Frage stellen: „Welche Eigenschaften und Fähigkeiten soll das Produkt besitzen?“. Unter Zuhilfenahme der Kundenanforderungen und vergleichbarer Produkte sollen nun die Eigenschaften formuliert werden. Es sollen je Kundenanforderung 1-2 Parameter formuliert werden. Technische Parameter lassen sich sehr leicht aus dem Lasten- bzw. Pflichtenheft ableiten.

Diktiergerät Philips

Stakeholder Forderungen		Design-Parameter										
		Kundengewichtung: sehr wichtig (5), weniger wichtig (1)	Gewicht	Formgebung/Design	Dimensionen h, b, l	Oberflächengestaltung	Art des Materials	Materialvielfalt	Lebensdauer Jahre	Modularer Aufbau	Tonqualität / Spracherkennung	Leuchtstärke Display
1	Optimierungsrichtung	2	↓	-	-	-	-	↓	↑	-	↑	↑
	Einheit		kg		cm				a		Hz	Lumen
K	leicht zu gebrauchen - Bedienbarkeit	5	3	9	9	3	1	0	1	0	0	1
K	hohe Funktionsgüte - Performance	5	0	0	0	0	0	0	3	0	9	1
K	gut leserliches Display	2	0	3	3	1	1	0	0	0	0	3
K	lange Diktierzeit	3	3	3	3	0	0	0	3	0	0	1
K	ansprechende optische Gestaltung	4	3	9	3	9	3	1	3	0	9	1
MA	einfach montierbar	3	1	3	9	0	0	3	0	9	0	0
RL/B	zielgerichtete Materialwahl	4	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
RL	leicht wiederverwendbar/rezyklierbar	2	3	0	0	3	9	9	0	9	0	0
	%		4,3	5,6	5,7	3,9	6,9	2,7	5,7	4,3	2,5	1,6

Abbildung 13: Ausschnitt Beziehungsmatrix QFD

Im Nächsten Schritt erfolgt die Vernetzung der umweltrelevanten Kundenanforderungen mit den technischen Designparametern (4). Ziel ist es, die dem Kunden wichtigsten technischen Designparameter aufzuzeigen. Es wird angegeben, welche Kundenanforderungen mit welchen technischen Parametern in Beziehung stehen und wie stark diese ist (Abbildung 13). Für die Intensität der Beziehungen wird ein überproportionaler Maßstab (1 – 3 – 9) gewählt. Es stehen also die Beziehungsstärken „1“, „3“ und „9“, die den Aussagen, „schwach“, „mittel“ und „stark“ entsprechen, zur Verfügung. Beispielsweise hat der Technische Parameter „Dimensionen l, h, b“ eine starke Beziehung zur Kundenanforderung „leicht zu gebrauchen“.

Am Ende wird die Gewichtung der Technischen Parameter rechnerisch ermittelt (5).

Vorgehensweise zur Gewichtung:

- Die Beziehungsstärken (siehe Schritt 4) werden mit der Gewichtung der Kundenanforderungen (siehe Schritt 2) multipliziert.
- Die erhaltenen Werte werden Spaltenweise aufsummiert.
- Diese Summen können in eine Reihenfolge oder in Prozentwerte übergeführt werden.

Als Ergebnis liegt eine Liste der dem Kunden am wichtigsten technischen Parameter vor. Die den Kundenanforderungen entsprechenden Designparameter, die am höchsten bewertet wurden, dienen zur Optimierung des Gestaltungsprozesses zur Befriedigung der Kundenwünsche.

Die technischen Parameter sollen in weiterer Folge zur Verbesserung des Produktes führen. Um dies zu erreichen, wurden die gängigsten technischen Parameter mit den ECODESIGN-PILOT-Maßnahmen verbunden.

Jeder Produkteigenschaft (technischer Parameter) sind also im QFD eine Reihe von Maßnahmen zugeordnet (Tabelle 2). Die vollständige Liste der Zuordnung der Ecodesign Verbesserungsmaßnahmen ist im Anhang zu finden. Auf der zugehörigen Html-Seite im PILOT ist eine Checkliste zu finden, die als Leitinstrument auf dem Weg zu neuen Lösungen hilfreich sein soll. Die Checkliste weist auf Analogien hin und dient als Ideengenerator.

Technischer Parameter	Ecodesign Verbesserungsmaßnahmen
Produkt Gewicht	Erforderliche Materialmenge durch festigkeitsoptimierte Gestaltung reduzieren
	Erforderliche Materialmenge durch Funktionsintegration reduzieren
	Materialmenge für die Verpackung des Produktes reduzieren
Dimensionen l, b, h	Platzbedarf zur Bereithaltung des Produktes minimieren
Anzahl der Bauteile	Einstoffteile anstreben bzw. Anzahl unterschiedlicher Werkstoffe gering halten
	Variantenübergreifende Wiederholteile verwenden
	Einfache Montage durch hierarchische Baustruktur sicherstellen
Oberflächengestaltung	Einfache Montage durch Reduktion der Teilevielfalt sicherstellen
	Möglichst robuste Ausführung anstreben
	Oberflächen gebrauchstauglich gestalten
	Korrosion verhindern

Tabelle 2: Auszug aus der Zuordnung Ecodesign Verbesserungsmaßnahmen zu technischen Parametern

3.1.4 Anpassung der Methode des ECODESIGN PILOT

In diesem Schritt sollen Umweltparameter ECODESIGN Verbesserungsstrategien zugeordnet werden. Sobald ein Umweltparameter als kritisch erkannt wurde z. B. der Energieverbrauch, wird direkt zu möglichen ECODESIGN Verbesserungsstrategien samt den dazugehörigen ECODESIGN Checklisten weitergeleitet. Jede Checkliste enthält wiederum produktbezogene Verbesserungsmaßnahmen, welche dann evaluiert und für die Umsetzung ausgewählt werden können.

Arbeitsaufgaben in diesem Arbeitsschritt:

- Definition von Umweltparametern unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Produktbeschreibung (siehe Kap. 3.1.1)
- Zuordnung von ECODESIGN Verbesserungsstrategien und Checklisten zu den Umweltparametern
- Erweiterung des ECODESIGN PILOT

Ergebnis:

- Ausweisung von Verbesserungsstrategien bezogen auf Umweltparameter

ECODESIGN PILOT

Der ECODESIGN PILOT ist ein praxisgerechtes, einfach anzuwendendes Software-Tool für das Finden und Umsetzen von ECODESIGN Maßnahmen in einem Produkt. PILOT steht für Produkt-Innovations-, Lern- und Optimierungs-Tool. Produktentwickler und Konstrukteure werden im Innovations- und Produktentwicklungsprozess unterstützt, indem geeignete Strategien und konkrete Maßnahmen zur umweltrelevanten Verbesserung von Produkten vorgeschlagen werden. Der PILOT ist frei zugänglich unter: www.ecodesign.at/pilot.

Der ECODESIGN PILOT führt gemeinsam mit dem ECODESIGN Assistent in drei Schritten zu einem verbesserten Produkt (Abbildung 14).

1. Bei der Charakterisierung des Produktes wird festgestellt, in welcher Phase des Produktlebenszyklus die wesentlichen Umweltwirkungen stattfinden – Ausweisen des Produkttyps (siehe auch Kap. 3.1.2).
2. Der so ermittelte Produkttyp führt zu geeigneten Ecodesign Strategien und dazu gehörige Checklisten.
3. Durch die Bearbeitung der ECODESIGN Checklisten werden schließlich konkrete und leicht umsetzbare Maßnahmen zur Produkt- und Prozessverbesserung gefunden.

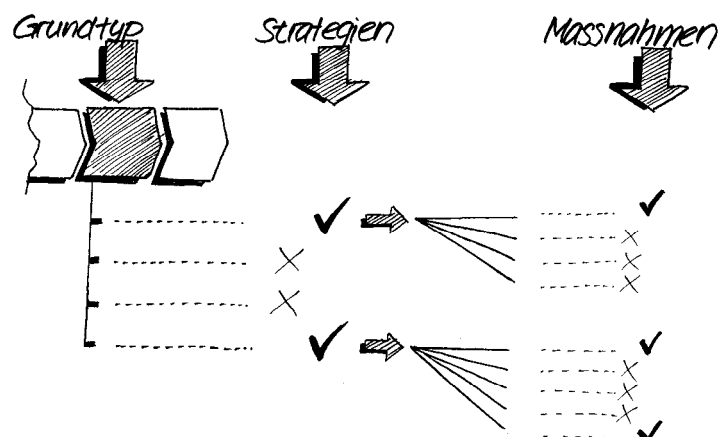


Abbildung 14: Vorgehensweise ECODESIGN PILOT

Mit den Ergebnissen aus Prozess und Stakeholderanalyse kann man direkt in die Produktverbesserung mittels ECODESIGN PILOT einsteigen, da auch dort die passenden Ecodesign Strategien ausgegeben werden.

Mit den Checklisten des ECODESIGN PILOT werden die einzelnen Maßnahmen zur Umsetzung der Verbesserungsstrategien auf Relevanz und Erfüllung geprüft. Mit dieser einfachen Vorgehensweise identifiziert man jene ECODESIGN Maßnahmen, die einerseits sehr wichtig und andererseits noch nicht umgesetzt sind, also jene, die eine hohe Priorität besitzen. Auf diese Maßnahmen mit der höchsten Priorität sollte bei der Produktverbesserung der Fokus gerichtet sein, da sie die höchsten Verbesserungspotentiale in Bezug auf die Umweltauswirkungen besitzen.

Im Projekt wurden gemeinsam mit den Unternehmen in Kreativitätsworkshops die Checklisten ausgefüllt und Ideen für deren Umsetzung diskutiert. Für das Diktiergerät wurde für die Strategie „Verbrauchsreduktion in der Nutzung“ vom Assistent ausgewählt. Die in der zugehörigen Checkliste angeführte Maßnahme „Energiebedarf in der Nutzungsphase durch Wahl eines geeigneten Funktionsprinzips minimieren“ wurde mit einer hohen Priorität bewertet und führte zur Idee als alternative Beleuchtungsart LEDs zu verwenden (Abbildung 15).


Wurde für das Produkt ein energieeffizientes Funktionsprinzip gewählt?							
	Was ist die Hauptfunktion des Produktes? Wie erfolgt die Energiebereitstellung? Welche Transformationsprozesse durchläuft die Energie in dem Produkt? Ist die Energieumwandlung effizient? Welche anderen Wirkprinzipien könnten für die Funktionserfüllung in Frage kommen? Wie sieht es hier mit der Energiebilanz aus?						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Relevanz (R)</th> <th>Erfüllung (E)</th> <th>Priorität (P)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <input checked="" type="radio"/> sehr wichtig (10) <input type="radio"/> weniger wichtig (5) <input type="radio"/> nicht relevant (0) </td> <td> <input type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> eher ja (2) <input type="radio"/> eher nein (3) <input checked="" type="radio"/> nein (4) </td> <td style="text-align: center;"> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> <b style="color: red; font-size: 24px;">40 </div> $P = R * E$ </td> </tr> </tbody> </table>	Relevanz (R)	Erfüllung (E)	Priorität (P)	<input checked="" type="radio"/> sehr wichtig (10) <input type="radio"/> weniger wichtig (5) <input type="radio"/> nicht relevant (0)	<input type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> eher ja (2) <input type="radio"/> eher nein (3) <input checked="" type="radio"/> nein (4)	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> <b style="color: red; font-size: 24px;">40 </div> $P = R * E$	
Relevanz (R)	Erfüllung (E)	Priorität (P)					
<input checked="" type="radio"/> sehr wichtig (10) <input type="radio"/> weniger wichtig (5) <input type="radio"/> nicht relevant (0)	<input type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> eher ja (2) <input type="radio"/> eher nein (3) <input checked="" type="radio"/> nein (4)	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> <b style="color: red; font-size: 24px;">40 </div> $P = R * E$					
Maßnahme	Energiebedarf in der Nutzungsphase durch Wahl eines geeigneten Funktionsprinzips minimieren <small>LERNEN</small>						
Idee zur Realisierung	Verwendung ener alternativen Beleuchtungsart: LEDs						

Abbildung 15: Checkliste - Verbrauchsreduktion in der Nutzung

Nach Ausfüllen aller zutreffenden Checklisten und Generierung von Ideen für jene mit hoher Priorität erhält man eine Liste von Verbesserungsideen zur weiteren Umsetzung.

3.1.5 Adaptierung und Integration der Methode der Holistischen Prozessoptimierung

In diesem Arbeitsschritt wurde die Holistische Prozessoptimierung (HPO) für die Einbindung in das Green Product Concept modifiziert. Nach dieser Methodik werden Teilprozesse hinsichtlich ihrer ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Aspekte untersucht. Für alle erhobenen Aspekte wurde die Dringlichkeit von Maßnahmen anhand einer Prioritätenklassifizierung festgestellt. Aufgrund des Evaluierungsergebnisses wurden prozessbezogene Verbesserungsmaßnahmen erarbeitet, die schließlich in die Gestaltung des Produktionsprozesses für ein Green Product einbezogen werden.

Damit die Methode der HPO zielführend und erfolgreich durchgeführt wird, müssen Kriterien definiert werden, welche die Aspekte des ArbeitnehmerInnen- und Umweltschutzes berücksichtigen. Neben der Recherche in gültigen Gesetze, Normen, etc. wird auch das Know-how von Experten herangezogen. Im Rahmen einer Recherche wurde ermittelt, welche Instrumente für eine Überprüfung und Bewertung von Arbeitsschutz- und Umweltaforderungen geeignet sind. Die Methode soll einfach anwendbar, flexibel und trotzdem nachvollziehbar sein um in der Praxis auch für Klein- und mittelständische Unternehmen umsetzbar zu sein.

Aus den erhaltenen Informationen aus den obigen Recherchen wurden Arbeitsblätter abgefasst, die im Projektteil B für die direkte Methodenanwendung der HPO in den drei Unternehmen Verwendung

fanden. Die Arbeitsblätter dienen für die Erhebung und Bewertung von quantitativen und qualitativen Daten wie z.B. Energie- und Stoffströme und Arbeitsbedingungen.

Arbeitsaufgaben in diesem Arbeitsschritt:

- Recherche relevanter Faktoren zur Berücksichtigung der Aspekte des ArbeitnehmerInnen- und des Umweltschutzes
- Literaturrecherche über spezifische Methoden zur Überprüfung und Bewertung von Arbeitsschutz- und Umweltauflagen
- Erstellung von Arbeitsblättern und Ablaufdiagrammen zur Anwendung der HPO

Ergebnis:

- Arbeitsblätter zur Erfassung der Prozessdaten

Im vorliegenden Projektteil wurden alle relevanten Energie- und Stoffflüsse sowie Arbeitsvorgänge in der Produktion erfasst und als Ausgangspunkt für die produktionsseitige Optimierung herangezogen. Im Rahmen der „Nachhaltigen Prozessoptimierung“ wurde eine Systematik entwickelt, an Hand derer Produktionsprozesse ganzheitlich bewertet und optimiert werden können.

Zu Beginn stellt sich die Frage der Abgrenzung für die Untersuchung der Produktionsprozesse: Dabei muss dem Umstand Rechnung getragen werden, dass die Produktionstiefe eines Produktes innerhalb des Unternehmens stark variieren kann und somit der durch das Unternehmen direkt beeinflussbare Anteil am gesamten Produktionsprozess in unterschiedlichem Ausmaß gegeben ist. Trotzdem sind für das betrachtete Unternehmen die Produktionsprozesse „vor Ort“ jene, die einerseits unmittelbar kostenrelevant sind. Andererseits liegen aber auch die Einhaltung von umwelt- und arbeitsschutzrechtlichen Rahmenbedingungen, von gesetzlichen Auflagen und nicht zuletzt die Erhaltung und Verbreiterung der öffentlichen Akzeptanz in der direkten Verantwortlichkeit des Unternehmens.

Im Sinne der Praktikabilität der entwickelten Methodik vor allem für kleine und mittlere Unternehmen wurde daher die eingehende Analyse auf jene Prozesse fokussiert, die im unmittelbaren Einflussbereich des Unternehmens liegen.

Methodenbeschreibung

Die Nachhaltige Prozessoptimierung erfolgt in den folgenden Phasen (Abbildung 16)

1. Systemabgrenzung
2. Datenerhebung: Stoff- und Energieflüsse auf Prozessebene; Bestimmung gefährlicher Arbeitsstoffe und Emissionen
3. Datenauswertung: Erstellung von Kennzahlen aus Stoff- und Energiebilanzen; Darstellung der Arbeitsplatzbelastungen
4. Schwachstellenanalyse
5. Entwicklung von Optimierungsvorschlägen

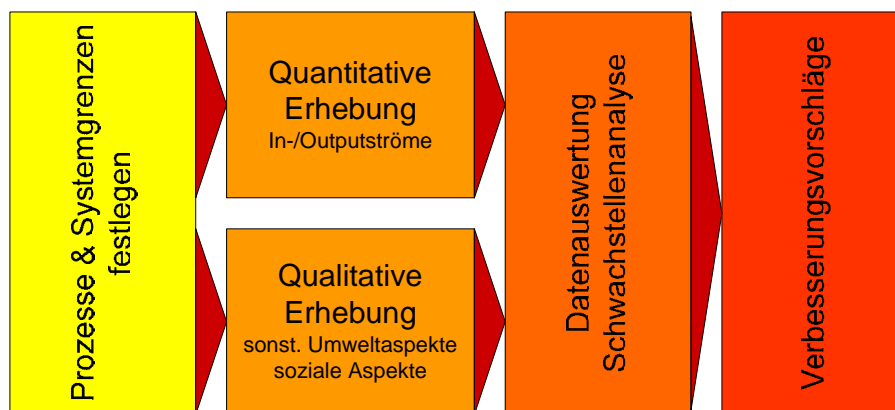


Abbildung 16: Phasen der Nachhaltigen Prozessoptimierung

Im Folgenden werden die einzelnen Phasen detaillierter beschrieben:

1. Systemabgrenzung:

Für die Definition der Systemgrenzen müssen zuerst alle für das Produkt relevante Prozesse identifiziert und definiert werden. Hierfür bietet sich die Bearbeitungsreihenfolge als Prozesskette und die einzelnen Maschinen als Einzelprozesse an. In einem weiteren Schritt erfolgt die Auswahl der zu untersuchenden Prozesse anhand folgender Fragestellungen:

Welche Produktionsprozesse leisten einen wesentlichen Beitrag auf die Nachhaltigkeitsperformance des Produktes? Dafür müssen im Groben die folgenden Aspekte beachtet werden:

- stofflicher Ressourceneinsatz (Rohstoffe, Betriebs- und Hilfsstoffe)
- energetischen Ressourcenverbrauch
- Umwelt-, Brand- und Explosionsgefahren
- Belastungen und Gefährdungen für Mitarbeiter

Welche vor- oder nachgelagerten externen Produktionsprozesse müssen mitbewertet werden?

Obwohl für die umfassende Prozessbewertung alle Produktionsprozesse eingeschlossen werden sollten, muss hier dem Umstand Rechnung getragen werden, dass für das Unternehmen der Zugriff auf externe Daten nur mit erheblichem Aufwand oder gar nicht möglich ist. Man wird sich daher in vielen Fällen darauf beschränken, die Prozessoptimierung ausschließlich für die eigene Produktion durchzuführen.

2. Datenerhebung:

Bei der Datenerhebung muss man zwischen quantitativer und qualitativer Erhebung unterscheiden. Die quantitative Datenerhebung ermöglicht die mengenmäßige Erfassung von Stoff und Energieströme der einzelnen Prozesse. Im Rahmen der Erhebung der Mengenströme werden die Prozessinputs an Roh-, Hilfs- bzw. Betriebsstoffen und Energie dem Prozessoutput an Produkten, Abfällen und Emissionen gegenüber gestellt (Stoff- und Energiebilanzen). Parallel werden mittels der qualitativen Erhebung die Eigenschaften der gefährlichen Arbeitsstoffe und Emissionen erfasst. Die Aufzeichnung der Daten erfolgt mittels eines standardisierten und leicht verständlichen Arbeitsblattes. Dadurch wird es den Unternehmen erleichtert, die erforderlichen Daten in einheitlicher und für die Weiterbearbeitung geeigneter Form anzugeben.

Für die Datenerhebung werden die folgenden Abfragen in den Arbeitsblättern aufgenommen:

- Detaillierung gemäß der in der Produktbeschreibung vorgenommenen Unterteilung in Produktkomponenten
- Genaue Unterscheidung zwischen zugelieferten Teilen, eigener Produktion und extern vergebene Fertigungsschritte
- Beschreibung der eigenen Produktionsprozesse, erste Einschätzung von kritischen Prozessen
- Detaillierte Erhebung der Energie- und Stoffverbräuche für die Einzelprozesse der Produktkomponenten
- Detaillierte Erhebung über Einsatz und Verbrauch gefährliche Arbeitsstoffe
- Menge und Art der Abfälle (fest od. flüssig)
- Menge und Art der Emissionen (in Luft und Wasser)
- Menge und Art gesundheitsgefährlicher Emissionen (in Luft und Wasser)

Als Datenquellen stehen die folgenden Möglichkeiten zur Verfügung:

- Stücklisten
- Konstruktionsunterlagen
- Einkauf
- Maschinenspezifikationen und Datenblätter (Anschlussleistung, Betriebsmittelverbrauch,...)
- Abfallwirtschaftskonzept

- Vorhandene Messergebnisse (Sub-Stromzähler, MAK-Wert² Messungen, Verbrauchsmessungen, Emissionsmessungen ...)
- Arbeitsplatzevaluierungen
- Sicherheitsdatenblätter
- Schätzungen durch betriebsinterne Experten (Maschinenauslastung, Bearbeitungszeit,...)

Ergänzend zu den Arbeitsblättern können gezielte Interviews mit Fachkräften aus dem Unternehmen sinnvoll sein. (Abfallbeauftragter, Sicherheitsfachkraft, Arbeitsmediziner, Produktionsleiter, ...)

3. Datenauswertung:

Zur Beurteilung von Produktionsprozessen ist eine rein quantitative Bewertung nicht immer ausreichend. Es wurden daher Bewertungskriterien für die Prozessanalyse entwickelt, die sich aus einer quantitativen Beurteilung der Stoff- und Energiebilanzen mittels Kennzahlen und einer qualitativen Beurteilung mit Hilfe der Arbeitsplatz- und Toxizitätsbewertung zusammensetzen.

Für die Stoff- und Energiebilanz können je nach vorliegender Datenlage und Aussagekraft der Ergebnisse die folgenden Bezugssysteme herangezogen werden

- Betriebliche Ebene,
- Produkt- bzw. Komponentenebene oder
- Prozessebene

Kennzahlen aus den Stoff- und Energiebilanzen

Im folgenden Abschnitt werden die Bildung der Kennzahlen aus den Stoff- und Energiebilanzen sowie die Methode der Arbeitsplatz- und Toxizitätsbewertung näher erläutert.

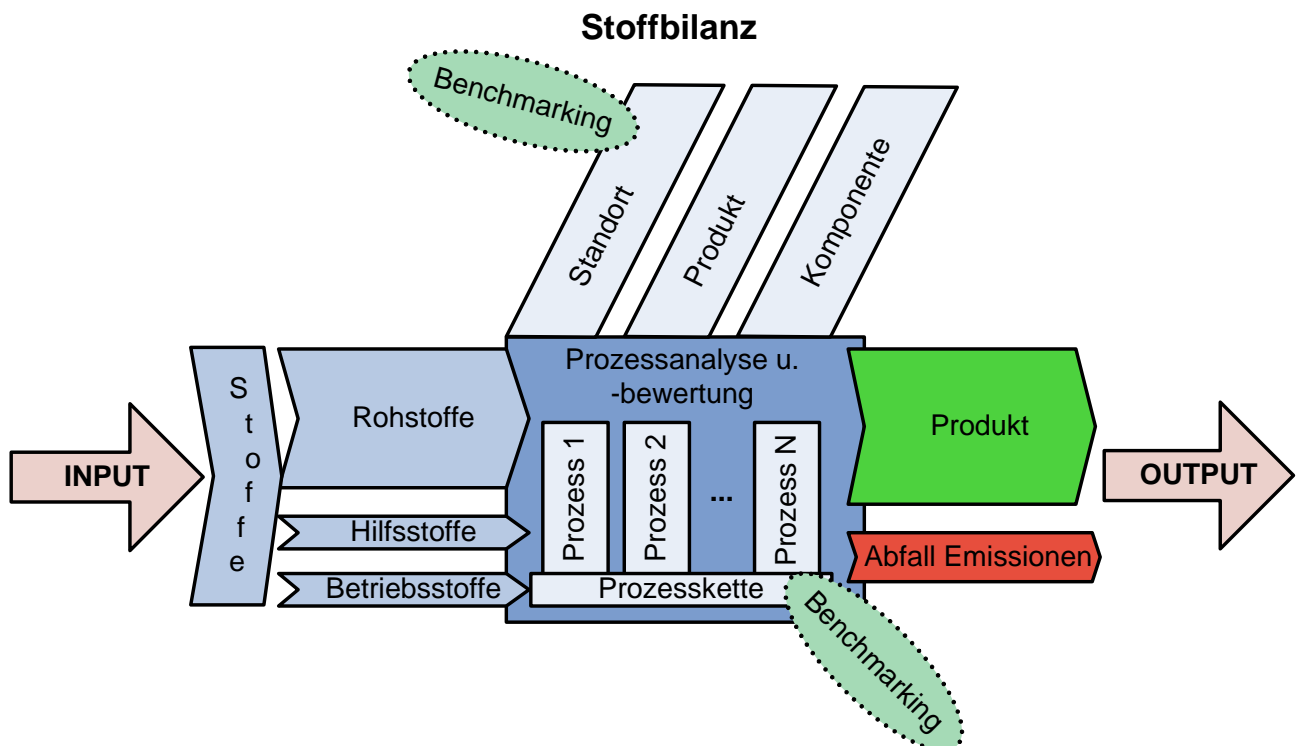


Abbildung 17: Schema der Stoffbilanz

Stoffe werden, wie in der betrieblichen Organisation gebräuchlich, begrifflich unterschieden zwischen Rohstoffen, Hilfsstoffen und Betriebsstoffen. Roh- und Hilfsstoffe gehen zumindest teilweise in das Produkt ein. Betriebsstoffe werden im Prozess benötigt, verbleiben jedoch nicht im Produkt. Abfall,

² MAK: Maximale Arbeitsplatzkonzentration

Abwasser und Abluft mit ihren Frachten (Emissionen) sind ebenfalls Teil der Stoffbilanz und errechnen sich aus der Differenz zwischen Stoff-Input und Produkt-Output. Stoffliche Umweltkennzahlen sollen verschiedene Produkte bzw. Prozesse untereinander vergleichbar machen und Aussagen über die Stoffeffizienz geben. Analog zur Definition von Wirkungsgraden werden die Stoffkennzahlen auf den Produkt-Output bezogen. Hieraus ergeben sich die ersten Kennzahlen, die sich aus der Einsatzmenge der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe auf die Produktmasse errechnen. Lediglich bei spezifischen Prozesskennzahlen müssen prozessspezifische Produktionskenngrößen als Bezugsgröße herangezogen werden um sinnvolle Aussagen über die Umwelteffektivität des Prozesses treffen zu können (z.B. Spanmasse bei der Zerspanung; lackierte Oberfläche beim Lackieren etc.). Für eine gezielte Prozessanalyse empfiehlt es sich eingesetzte Gefahrenstoffe extra auszuweisen und durch eine zusätzliche Kennzahl zu bewerten.

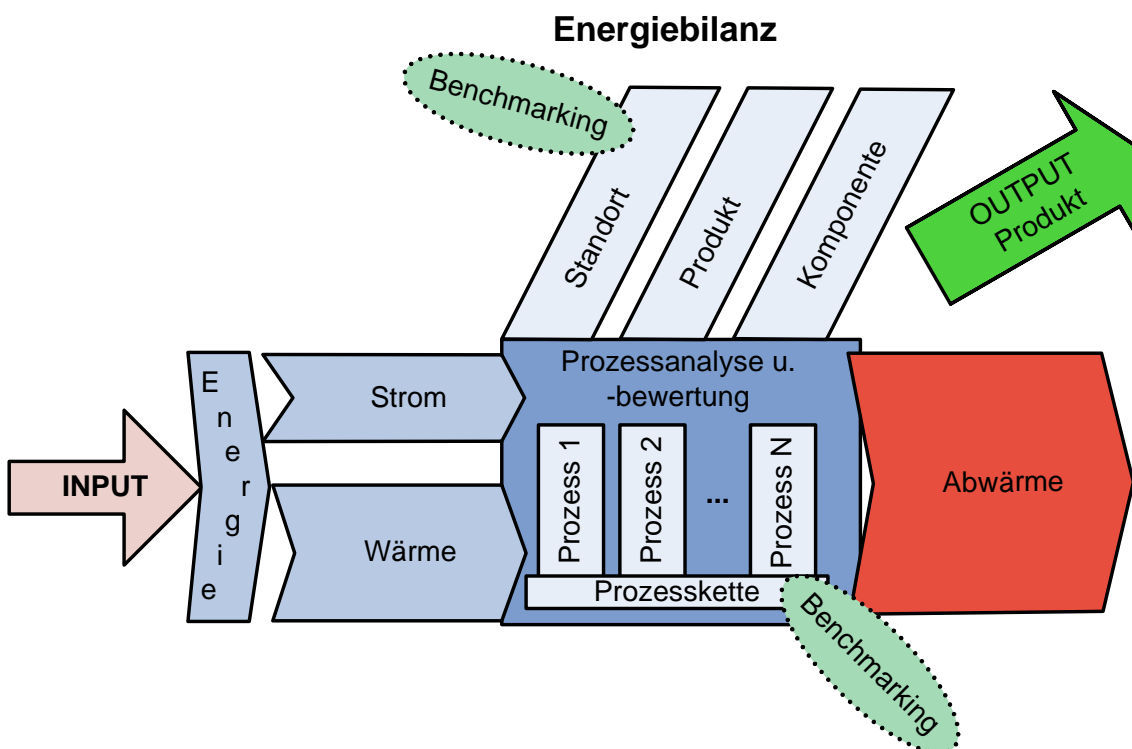


Abbildung 18: Schema der Energiebilanz

Analog zu den Materialkennzahlen können die Energieverbrauchsmengen pro produzierte Einheit oder Masse dargestellt werden. Als weitere Kennzahl kann der Anteil eines einzelnen Prozesses oder eines bestimmten Bearbeitungsverfahrens auf den Gesamtenergieverbrauch bezogen werden. Eine andere Kennzahl stellt der spezifische Energieverbrauch bezogen auf eine prozessspezifische Größe z.B. kg Späne dar (Abbildung 19). Bei den Energieformen wird prinzipiell zwischen Strommenge und Prozesswärmemenge unterschieden.

Als Bezugssysteme können wiederum Standort, Produkt/Komponente oder Prozess gewählt werden. Beim Gesamtenergieverbrauch sollte zuvor entschieden werden ob der Energieverbrauch verursacht durch Gebäude und Infrastruktur (Overhead) mit berücksichtigt wird oder nicht. Besonders beim Vergleich mit Branchenkennzahlen ist darauf Rücksicht zu nehmen.

Prozesse													
Komponente	Material	Fertigteil	Rohteil	Kommentar	elekt. Energie	therm. Energie	Bearbeitungszeit	Späne/ Verschnitt	Rel. Verschnitt	Rohstoffeffizienz	Rohstoffanteil am Produkt	Energiekommas	
		[kg]	[kg]		[kWh]	[kWh]	[h]	[kg]	[%]	[-]	[%]	[kWh]	
Mechanische Bearbeitung													
FAP-BGR	GJS400	806	990	mech. Bearbeitung	460		3,7	184	22,8%	1,23	8,48%	0,5	
BAP-BGR	GJS400	855	950	mech. Bearbeitung	386		3,1	95	11,1%	1,11	9,00%	0,4	
LSP-BGR	GJS400	765	850	mech. Bearbeitung	337		7,5	85	11,1%	1,11	8,05%	1,2	
Hebel-Guß	GJS400	218	244	mech. Bearbeitung	376		4,6	26	11,9%	1,12	2,29%	1,7	
Hebel-Stahl	1.1191, 1.7225	111	164	mech. Bearbeitung	386		12,2	53	47,7%	1,48	1,17%	3,4	
Mech. Bearb. gesamt		2755	3198		2545			443	16,1%	1,16	29,00%	0,9	
Lasern + Schweißen													
Rahmen Schließ- u. Spritzseite	10037, 10330	1580	1760	Lasern & Schweißen; Zu- & Abluft	408		31,37	180	11,4%	1,114	16,63%	0,2	
Schutzblechgitter	10037, 10330	460	575	Lasern; Zu- & Abluft Schweißen	299		14,89	115	25,0%	1,250	4,84%	0,6	
Lasern + Schweißen gesamt		2040	2335		707			295	14,5%	1,145	21,47%	0,3	
Komponenten mit eigener Bearbeitung													
Zulieferteile		4795	5533		3252				15,4%	1,154	50,5%		
Pulverlackieren													
Schutzblechgitter	10037, 10330	460	460	Pulverlackieren; Trocknen	364	759						2,4	
Nasslackieren													
FAP-, BAP-, LSP-BGR, Hebel-Guss	GJS400	2644	2644		221	538						0,2	
Montage													
alle Komp. + Zulieferteile		9500	9500	Druckluft	48							0,0	
Gesamt													
Aufteilung el./therm. Energie					3885	1297						1,0	
					75,0%	25,0%							

Abbildung 19: Arbeitsblatt zur Ermittlung Rohstoff- und Energiekennzahlen

Arbeitsplatz- und Toxizitätsbewertung

Für die Arbeitsplatz- und Toxizitätsbewertung wurde ein Verfahren gewählt, welches die Methode der Risikomatrix der AUVA³ und das so genannte „Spaltenmodell“ der BGIA⁴ verknüpft. Anhand der Risikomatrix wird die Gesundheitsgefahr beim Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen gemäß Evaluierung E4 "Chemische Arbeitsstoffe"⁵ bestimmt.

Dabei wird die Toxizität eines Arbeitsstoffes einerseits durch:

- seine akute und chronische Stoffwirkung,
- sein Freisetzungsverhalten (fest, flüssig, gasförmig),
- und andererseits durch Feststellung der Verhältnisse am Arbeitsplatz aufgrund der:
- technischen Rahmenbedingungen (Ausrüstung, Augen- bzw. Hautkontakt, Schadstoffkonzentration),
- organisatorischen Rahmenbedingungen (Expositionszeit, Anzahl der exponierten Mitarbeiter, erforderliche PSA, eingesetzte Mengen), und
- personenbezogenen Rahmenbedingungen (Ausbildung, Arbeitsschwere, Arbeitszufriedenheit) definiert.

Während mit Hilfe des Spaltenmodells eine Beurteilung des Stoffes auf mögliche:

- Umweltgefahren, und
- Brand- bzw. Explosionsgefahren
- stattfindet.

Das Ergebnis aus der Arbeitsplatz- und Toxizitätsbewertung ist eine Einstufung des Arbeitsstoffes in die jeweilige Risikoklasse für folgende Kriterien:

- Toxizität,
- Umweltgefahren und
- Brand- bzw. Explosionsgefahren

³ Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, Wien

⁴ Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, St. Augustin.

⁵ HUB – E4 – 0206 aktualisierte Auflage: Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, Adalbert-Stifter-Straße 65, 1201 Wien

Es wird zwischen 5 Risikoklassen unterschieden:

- Risikoklasse 1: vernachlässigbare Gefährdung; unauffällige Arbeitssituation
- Risikoklasse 2: geringe Gefährdung; langfristig sind Maßnahmen erforderlich
- Risikoklasse 3: mittlere Gefährdung; mittelfristig sind Maßnahmen erforderlich
- Risikoklasse 4: hohe Gefährdung; kurzfristig sind Maßnahmen erforderlich
- Risikoklasse 5: sehr hohe Gefährdung; Ersatz des Arbeitsstoffes und Änderung des Arbeitsverfahrens sind vordringlich

Die Toxizitätsbewertung wird in der so genannten Toxizitätsmatrix dargestellt, die in Abbildung 20 beispielhaft ausgewertet ist. Die Auswertung erfolgt über ein MS-Excel-Sheet, das im Zuge des Projektes programmiert wurde:

Für den Stoff A liegt hier eine unauffällige Arbeitssituation vor (Risikoklasse/RK 1). Der Stoff B besitzt ein hohes Stoffrisiko, das Arbeitsplatzrisiko ist aber gering (RK 2). Einer Stoffsubstitution ist daher erste Priorität einzuräumen. Stoff C hingegen hat ein geringes Stoffrisiko, wird jedoch unter ungünstigen Bedingungen eingesetzt (RK 2). Hier müssen in erster Linie die Verarbeitungsbedingungen verbessert werden. Für Stoff D (RK 5) ist sowohl an eine Stoffsubstitution als auch an Arbeitsplatzoptimierung zu denken. Die Pfeile im Diagramm kennzeichnen somit die grundlegende Optimierungsrichtung.

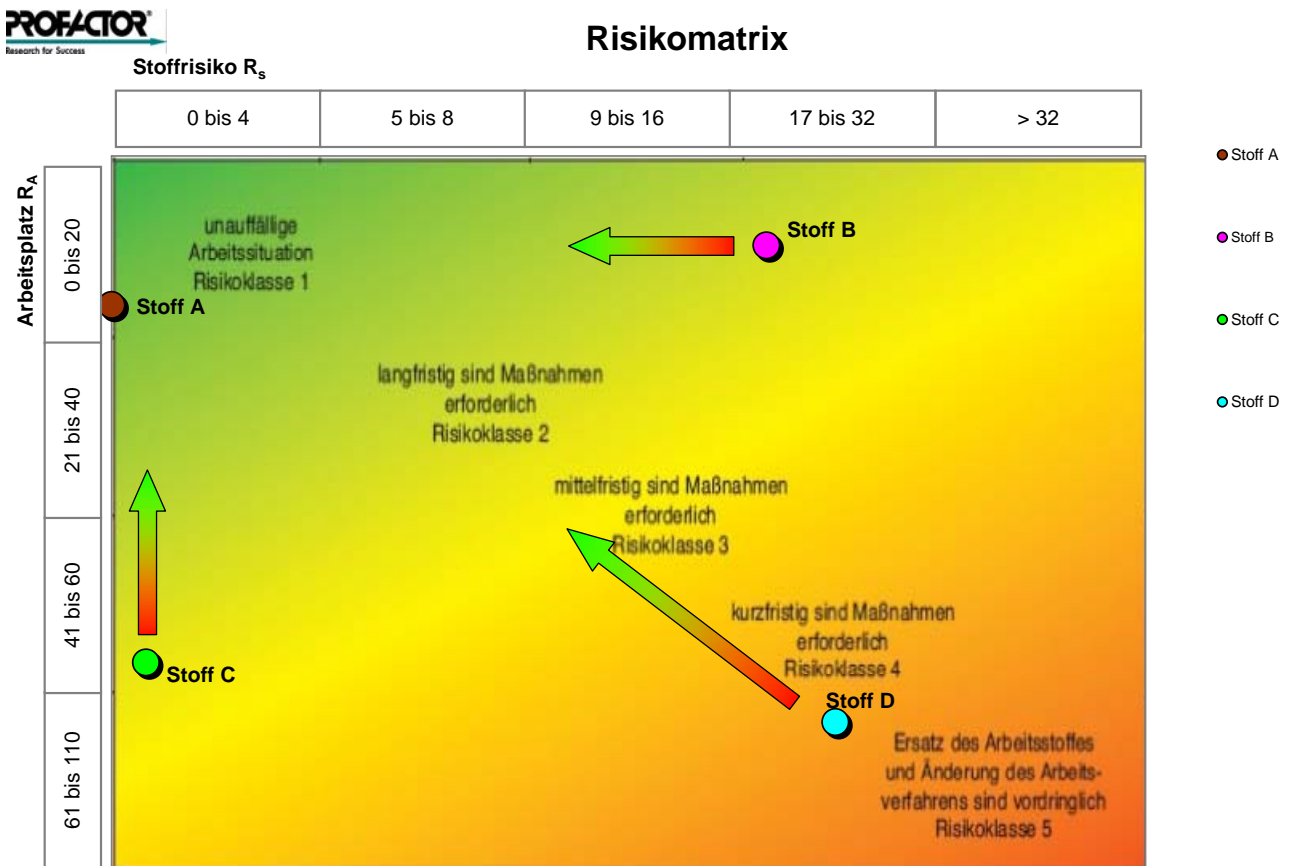


Abbildung 20: Beispielhafte Auswertung der Toxizitätsmatrix

Eine zusammenfassende Darstellung von Toxizitätsrisiko, Umweltgefährdung und Brand- & Explosionsrisiko gibt die folgende Tabelle:

Produkt	Hersteller	Arbeitsplatz	Risikoklasse Toxizität		Umweltgefährdung		Brand- und Explosionsgefahr	
Stoff A	Firma A		RK1	unauffällige Arbeitssituation	2	gering	0	vernachlässigbar
Stoff B	Firma B		RK2	langfristig sind Maßnahmen erforderlich	5	sehr hoch	3	mittel
Stoff C	Firma C		RK2	langfristig sind Maßnahmen erforderlich	3	mittel	0	vernachlässigbar
Stoff D	Firma D		RK4	kurzfristig sind Maßnahmen erforderlich	3	mittel	4	hoch

Tabelle 3: Zusammenfassung der Risikoklassen und Gefährdungen

Hier ist zu erkennen, dass von Stoff C und D eine mittlere und von Stoff B eine sehr hohe Umweltgefährdung ausgeht. Stoff D besitzt eine hohe, Stoff B eine mittlere Brand- & Explosionsgefahr.

Mit dieser kombinierten Vorgehensweise ist es möglich, die Bewertung eines Arbeitsstoffes rasch, einfach und weitgehend durch Sicherheitsdatenblätter, Herstellerangaben oder innerbetriebliches Know-How (z.B. Sicherheitsfachkräfte, ArbeitsmedizinerInnen, Brandschutz- und/oder Umweltbeauftragte) abzudecken. Vor allem Sicherheitsdatenblätter, die der EU-Richtlinie entsprechen, können wesentliche Auskünfte über die eingesetzten Gefahrstoffe geben.

Neben der Arbeitsplatz- und Toxizitätsbewertung erfolgt zusätzlich eine Gefahrenevaluierung der Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz. Die Evaluierung erfolgt durch Arbeitsplatzmessungen, die Risikobeurteilung anhand der MAK-Wert-Liste bzw. Grenzwertverordnung in ihrer gültigen Fassung.

4. Schwachstellenanalyse:

Material bzw. Energie

Anhand der ermittelten Material- und Energiekennzahlen können Schwachstellen oder so genannte „Hot Spots“ identifiziert werden. Folgende Fragen sollten hiermit geklärt werden:

- Können hohe Materialverbräuche identifiziert werden?
- Gibt es bisher nicht entdeckte Materialverluste in relevanten Mengen?
- Treten vermeidbare Emissionen oder Abfälle auf?
- Welche Fertigungsschritte für welche Produktkomponente sind für den Energieverbrauch dominant?
- Können „Stromfresser“ identifiziert werden?
- Gibt es herausragende Wärmeverluste?

Gefährdungen, Belastungen durch Arbeitsstoffe

Mit Hilfe der ermittelten Risikoklassen aus der Arbeitsplatz- und Toxizitätsbewertung und den Arbeitsplatzmessungen lässt sich die Dringlichkeit des Handlungsbedarfs ableiten. Vordringlich sind Maßnahmen dort zu setzen, wo ein Stoff mit hoher Risikoklasse eingestuft wurde bzw. bei den Arbeitsplatzmessungen dort, wo Werte nahe des Grenzwertes auftreten oder es zu Überschreitungen kommt.

Zusätzlich kann mit der obigen Bewertung festgestellt werden, ob der Arbeitsstoff selbst und/oder dessen Verarbeitung am Arbeitsplatz die Ursache für das hohe Risiko birgt. Somit können gezielt Maßnahmen (stofflich/technisch) gesetzt werden, um das vorhandene Risiko zu minimieren.

5. Entwicklung von Optimierungsvorschlägen:

Für jene Prozesse, die aufgrund ihrer Priorität mit einem hohen Handlungsbedarf eingestuft sind, wird ein entsprechender Maßnahmenkatalog mit dem Unternehmensteam erarbeitet. Der Maßnahmenkatalog beinhaltet Verbesserungsvorschläge als auch das Verbesserungspotential (Optimierungsausmaß) für den konkreten Prozess.

Verbesserungen sind durch folgende Maßnahmen möglich:

- Sorgsamer Betrieb (Good Housekeeping):

z.B. abschalten von Apparaten und Maschinen außerhalb der Betriebszeiten (z.B. Kompressor); absenken der Heiztemperatur von Apparaten und Maschinen außerhalb der Betriebszeiten (z.B. Ofen); zeitlich gestaffeltes Anfahren, wenn hohe Leistungsspitzen auftreten; getrennte Abfallsammlung

- Wahl anderer Roh-, Hilfs-, und Betriebsstoffe:
z.B. Vermeidung von Materialien in Produktionsprozessen, welche abfall- bzw. emissionsintensive sind oder schwer entsorgbare Abfälle verursachen; Verwendung eines Alternativprodukt mit besserer Wirkung; Verwendung eines Stoffes mit bessere Recyklierbarkeit
- Substitution gefährlicher Arbeitsstoffe
z.B. Verwendung von Ersatzstoffen mit geringerer Toxizität bzw. Brand- und Explosionsgefahr; Verwendung von wässrigen Lösemittel anstatt organischen
- Einsatz neuer Technologien:
z.B. energieeffizienter Antriebe; Verbesserung der Prozessbedingungen (z.B. Druck, Temperatur, Verweilzeiten); Veränderungen an Apparaten und Maschinen zur Gefahrenminimierung; Erhöhung der Energieeffektivität durch Wärmerückgewinnung und – integration; Wahl alternativer Energieträger

Die Umsetzung der Maßnahmen teilt sich in folgende Phasen ein:

- Ausarbeitung von Verbesserungsvorschlägen: wie können die erkannten Schwachstellen behoben werden? (unbewertet, Brainstorming)
- Abschätzung der Hebelwirkung des Optimierungsvorschlages (Aufwand, Wirkung)
- Analyse der Wechselwirkung von Maßnahmen mit anderen Bereichen oder Zielgrößen (win-win-Situation versus Zielkonflikt)
- Unterteilung in kurz-, mittel- und langfristigen Umsetzungshorizont
- Erstellung einer Prioritätenliste für die Umsetzung

3.1.6 Methode zur Bewertung von Green Product Concepts

Im letzten Schritt wurde eine Vorgangsweise erarbeitet, die es erlaubt, gefundene produkt- und prozessbezogene Verbesserungsmaßnahmen für ein Green Product Concept hinsichtlich der Umsetzbarkeit zu bewerten.

Arbeitsaufgaben in diesem Arbeitsschritt:

- Recherche und Analyse von Bewertungsmethoden für die Umsetzung z. B. Morphologischer Kasten
- Kriterien zur Auswahl erstellen und festlegen z. B. Realisierbarkeit, sicherheitstechnische Aspekte, Verbesserung der Umweltperformance
- Auswahl einer Bewertungsmethode bzw. einer Kombination
- Erstellung von Arbeitsblättern zur Anwendung dieser Methode/n

Die Verbesserungsmaßnahmen werden nach Nutzen und Aufwand sowie dem Umsetzungsrisiko (Größe der Kugeln) bewertet. Der Nutzen kann Nutzen für die Umwelt oder für die Sicherheit sein, Aufwand hinsichtlich Kosten oder Zeitaufwand und das Risiko kann das unternehmerische Risiko ein Produkt zu verändern oder die Kundenakzeptanz sein (Abbildung 21).

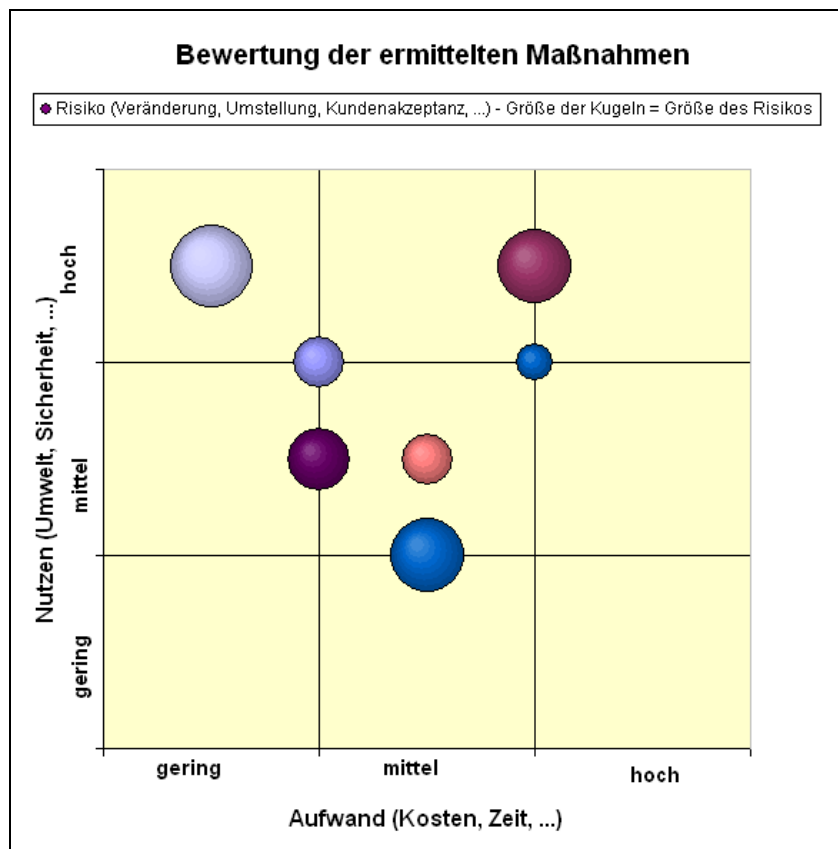


Abbildung 21: Bewertung der ermittelten Verbesserungsmaßnahmen

Jene Verbesserungsmaßnahmen mit einem guten Verhältnis von Nutzen zu Aufwand mit einem vertretbaren Risiko sollen für ein Green Product Concept verwendet werden. Die ausgewählten Verbesserungsideen werden in einer Tabelle zusammengefasst und dort deren Nutzen, Aufwand und Risiko für die weitere Verwendung dokumentiert (Abbildung 22).

Datum	Produkt	Unternehmen	Name	
08.11.2007	Diktiergerät	Philips	Hr. Phodradsky	
B6 Auswahl der Maßnahmen für das Green Product Concept Begründung für die Auswahl der Maßnahmen				
verbale Beschreibung der Maßnahme deren Aufwand, Nutzen und Risiko				
Nr	Maßnahme	Aufwand	Nutzen	Risiko
M1	Stromaufnahme reduzieren	hoch, da Optimierungen in Assembler notw.	Reduktion der benötigten Batterien	Verbesserungspotential schwer abschätzbar
M2	...	...	...	...
M3	....	...	...	...
M4	...	...	...	...

Abbildung 22: Begründung der Auswahl der Maßnahmen für das Green Product Concept

3.2 Anwendung der ECODESIGN Toolbox zur Entwicklung von innovativen Produktkonzepten

Im folgenden Teil werden die Arbeitsschritte und Ergebnisse der Anwendung der entwickelten Methodik beschrieben (Abbildung 23). Die Anwendung der zuvor entwickelten methodischen Teile erfolgte in Form von Workshops in den jeweiligen Firmen.



Abbildung 23: Arbeitsschritte und Ergebnisse der Methodenentwicklung

3.2.1 Produktbeschreibung

Im ersten Schritt wurde gemeinsam mit den Firmenpartnern ein geeignetes Produkt ausgewählt. Nach der Systemabgrenzung wurden nach einer Vorbereitungszeit die Arbeitsblätter zur Erfassung von relevanten Umweltparametern ausgefüllt und gemeinsam in Workshops mit den jeweiligen Herstellern überarbeitet und diskutiert.

Arbeitsaufgaben in diesem Arbeitsschritt:

- Produktauswahl mit den Projektpartnern in firmeninternen Gesprächen
- Systemabgrenzung zur Festlegung der zu untersuchenden Größen und Prozesse
- Systematische Erfassung von relevanten Umweltparametern
- Beschreibung des Produktes: Allgemein und mit Umweltparametern

Eine grobe Produktauswahl erfolgte bereits durch die Wahl der Industriepartner mit der Absicht, sehr unterschiedliche Produkte zu untersuchen, um die Anwendbarkeit der zu entwickelnden ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts für eine breite Anwendung sicherzustellen. Die Detailabstimmung, welches Produktmodell nun tatsächlich untersucht werden soll, erfolgt in diesem Arbeitsschritt.

Zunächst ist eine Systemabgrenzung erforderlich, d.h. es ist die Frage zu klären, welche Bereiche und Aspekte Gegenstand der Untersuchung sind. Hierbei sind folgende Fragen zu klären:

- Welche Input- und Outputgrößen werden betrachtet und in welcher Qualität?
- Welche Umweltprobleme – lokal, regional und global – werden betrachtet?
- Wo wird die Umwelt durch welche Umwelteinwirkung beeinflusst? Welcher Zeitpunkt wird betrachtet?
- Wie werden die verursachten Umwelteinwirkungen auf die unterschiedlichen Produkte verteilt (Allokation)?

In einem nächsten Schritt ging es darum, die wesentlichen Daten für das zu optimierende Produkt zu erfassen. Eine generelle Produktbeschreibung umfasst u. a. Informationen wie Produktfunktionen, Angaben zu Materialien, Herstelltechnologien, Betriebsstoffe in der Nutzungsphase, Marktsituation, Normen...

Unter Berücksichtigung der in der Systemabgrenzung definierten Umwelteinwirkungen wurden die entsprechenden Umweltparameter zugeordnet und das Produkt charakterisiert. Die detaillierte Umweltbewertung erfolgte im Arbeitsschritt A2, wobei die erfassten Umweltparameter in die Methoden zur Bewertung einfließen.

Ergebnis:

- Produktbeschreibung der drei Beispielprodukte mit den ermittelten Umweltparametern (Gewicht, Energieverbrauch, Recycling-Rate, Lebensdauer...) entlang des Produktlebens

3.2.2 Produktanalyse aus Umweltsicht – Life Cycle Thinking

In diesem Arbeitsschritt wurden die Methoden des Life Cycle Thinkings an den drei Industrieprodukten angewendet und die produktbezogenen Schwachstellen aus Umweltsicht ermittelt. Die Produktlebensphasen mit den anteilig größten Umweltbelastungen wurden identifiziert und die jeweiligen Ursachen dafür wurden ausgewiesen.

Arbeitsaufgaben in diesem Arbeitsschritt:

- Anwendung der MET-Matrix und des KEA zur Umweltbewertung des Produktes
- Verifizieren der Ergebnisse mit dem ECODESIGN Assistenten und
- Finden der wichtigsten ECODESIGN Strategien zur Verbesserung des Produktes
- Lebensphasenmodell mit Hilfe der Umweltparameter erstellen

Beim Life Cycle Thinking wird das Referenzprodukt mit Hilfe eines Produktmodells entlang seiner Lebensphasen umfassend analysiert und unter ökologischen Gesichtspunkten systematisch beurteilt.

Dazu wird eine Methodenkombination aus Material-Energie-Toxizitätsmatrix, kumuliertem Energieaufwand und ECODESIGN Assistent zur Ermittlung der Umweltperformance eines Produktes entlang des gesamten Produktlebenszyklus angewendet.

Bei der Entwicklung eines adäquaten Produktmodells wurden alle Produktlebensphasen wie auch alle relevanten Prozesse und deren Einwirkungen auf die Umwelt hinsichtlich der Aspekte Materialeinsatz, kumulierter Energieverbrauch und Toxizität dargestellt. Dieses Modell stellt dann die Basis dar, um Umweltschwachstellen zu identifizieren. Bei der MET-Matrix werden Hot-Spots ausgewiesen, die einen groben Überblick über die Umweltperformance des Produktes geben. Um die Lebensphase mit dem größten Potential an Umwelteinwirkungen identifizieren zu können, wird eine Bewertung mit dem Kumulierten Energieaufwand durchgeführt und die Ergebnisse mit Hilfe des Assistenten zum ECODESIGN PILOT verifiziert. Der ECODESIGN Assistent generiert anschließend Vorschläge für Verbesserungsstrategien für das jeweilige Referenzprodukt.

Nach dem Erstellen einer Umweltbewertung liegen nun Resultate über die bedeutenden Umweltaspekte des Referenzproduktes vor. Diese ökologischen Schwachstellen müssen in

die Verbesserungsstrategien des Produktes einfließen und bilden die Grundlage für die weitere Vorgangsweise im Arbeitsschritt: „Finden von Produkt- und Prozessverbesserungsmaßnahmen“ (siehe Kap. 3.2.5).

Ergebnis:

- Ergebnisse der Umweltanalyse basierend auf Energieaufwänden für alle drei Beispielprodukte
- Strategieempfehlungen zur Produktverbesserung als Input für die Workshops zur produkt- und prozessbezogenen Verbesserungsmaßnahmen

3.2.3 Ermittlung der Stakeholderanforderungen

Die drei ausgewählten Produkte wurden hinsichtlich möglicher Umweltforderungen der Stakeholder analysiert und kritische technische Umweltparameter wie z. B. Materialverbrauch wurden abgeleitet. Die Parameter wurden im Weiteren zur Produktverbesserung herangezogen.

Für die zu untersuchenden zwei Elektronikprodukte wurde mit dem Kompetenzzentrum für Elektro(nik)altgeräte-Recycling und nachhaltige Produktentwicklung zusammengearbeitet. Die Arbeit mit den Firmen erfolgte in Form von Workshops, eingebunden wurden hier u. a. die kundennahen Aufgabenbereiche der Firmen z. B. Vertrieb etc.

Arbeitsaufgaben in diesem Arbeitsschritt

- Definition der Stakeholder
- Anforderungen der jeweiligen Stakeholder ermitteln
- Designparameter definieren
- Übersetzen der Kundenanforderungen in Designparameter mittels QFD

Als erstes müssen die Stakeholder definiert werden. Als Stakeholder kann eine Person oder Institution verstanden werden, die Anteil oder Interesse an einem Produkt haben und demnach Anforderungen an dessen Gestaltung stellen. Als Stakeholder gelten dabei z. B. die Mitarbeiter (Anspruch auf Beschäftigung), die Kunden (Anspruch auf Qualität), die Lieferanten, der Staat (umwelt- und arbeitsschutzrechtlichen Bestimmungen).

In diesem Arbeitsschritt erfolgen eine Analyse der definierten Stakeholder und deren Anforderungen an die Produkte und Produktionsprozesse. Diese Erhebung erfolgt einerseits durch eine direkte Befragung der Kunden und andererseits durch eine Analyse der geltenden Verordnungen und Richtlinien.

Anschließend wurden die geforderten Eigenschaften der Produkte zusammen mit den Produktentwicklern festgelegt. Diese technischen Designparameter sollen quantifizierbar bzw. messbar sein, wobei pro Kundenanforderung zwei bis drei Produktmerkmale angeführt werden sollen. Anschließend wurden die Kundenanforderungen in Designparameter für die Produktgestaltung übersetzt. In einer Matrix wird dabei eingetragen, wie stark ein Designparameter eine Kundenanforderung unterstützt.

Ergebnis:

- Relevante Designparameter aus Stakeholdersicht für die Beispielprodukte
- Übersicht über die Stakeholderbeziehungen
- Detaillierte Anforderungsliste an die jeweiligen Unternehmen
- Stakeholder Relationship Model zur Darstellung der Stakeholderbeziehungen für die einzelnen Firmen

Die Kunden der jeweiligen Unternehmen wurden zur Vorbereitung der Workshops eingeladen. Zentrales Anliegen ist sowohl die Einbeziehung mehrerer Akteure entlang der Wertschöpfungskette als auch deren Input zur Methodenentwicklung.

In der Stakeholderanalyse wurden die Anforderungen an die Unternehmen und Ihre Produkte analysiert und die zu tätigen Handlungen festgelegt. In den Workshops wurden das Stakeholder Modell vorgestellt, die Charakteristika der Produkte besprochen und die Ergebnisse der Stakeholderanalyse vorgestellt. Anschließend wurden die daraus resultierenden Aufgaben für die Unternehmen vorgeschlagen und deren Umsetzung diskutiert.

3.2.4 Prozessanalyse

Die ausgewählten Produktionsprozesse wurden unternehmensspezifisch nach Schwachstellen untersucht. Im Zuge von firmeninternen Workshops wurden individuelle Verbesserungen für den Green Product-Prozess entwickelt und in einem Maßnahmenkatalog zusammengefasst, der im nächsten Schritt konkretisiert wurde (siehe Kap. 3.2.5).

Arbeitsaufgaben in diesem Arbeitsschritt

- Eingrenzung und Auswahl relevanter Produktionsprozesse
- Detailerhebung der Prozesse mittels Input/Output-Analyse von Energie- und Stoffströmen, Arbeitsplatzanalyse sowie Logistikanalyse
- Prioritätenklassifizierung
- Anforderungen an den Produktionsprozess (für ein „Green Product“) nach technischen, ökologischen, sozialen und ökonomischen Gesichtspunkten
- Erstellung eines Maßnahmenkatalog

Im Rahmen einer Voruntersuchung wurden eine systematische Darstellung der Verfahren/Tätigkeiten, Prozessabläufe und vorhandene Inputs und Outputs für die ausgewählten Produktionsprozesse vorgenommen, um

1. der Aufgabenstellung entsprechende sinnvolle Systemgrenzen zu definieren, und
2. in Diskussion mit den betroffenen Experten aus den Unternehmen jene relevanten Prozesse einzugrenzen, die einer detaillierten Analyse zugeführt werden sollen.

Gefolgt wird diese Voruntersuchung von einer Detailerhebung, die sich aus der Erfassung von Energie- und Stoffströmen mittels Input/Output-Analyse, einer Arbeitsplatzanalyse und einer Logistikanalyse zusammensetzt. Ziel dieser Analysen ist es, sich einen quantitativen und qualitativen Überblick innerhalb der Systemgrenze eines Prozesses über die verwendeten Materialien, der Emissionsmengen und der gegenwärtigen Arbeitsbedingungen zu schaffen. An die Bestandserhebung schließt die Prioritätenklassifizierung der erhobenen Prozesse an. Dabei werden die aus der Input/Output-Analyse, Arbeitsplatzanalyse und Logistikanalyse gewonnenen Daten einer Bewertung und anschließenden Reihung unterzogen.

Aus den ermittelten Ergebnissen lassen sich erste Verbesserungsvorschläge ableiten, die im nächsten Schritt zu konkreten Verbesserungsmaßnahmen ausgestaltet werden.

Ergebnis:

- Energie- und Stoffflüsse für die Einzelprozesse auf Komponentenebene
- Kennzahlen zur Bewertung der Energie- und Stoffbilanz
- Arbeitsplatz- und Toxizitätsanalyse
- Verbesserungsvorschläge aus Prozesssicht

3.2.5 Produkt- und prozessbezogenen Verbesserung

Die Ergebnisse der Umwelt-, Stakeholder- und Prozessanalyse stellen den Input für das Finden von produkt- und prozessbezogenen Verbesserungsstrategien dar. In Workshops wurden anschließend gemeinsam mit Produktentwicklern Verbesserungsmaßnahmen zur Umsetzung der zuvor ausgewählten Verbesserungsstrategien für die drei Referenzprodukte generiert. Damit wurden erste Ideen zur nachhaltigen Produkt- und Prozessgestaltung der Beispielprodukte entwickelt.

Arbeitsaufgaben in diesem Arbeitsschritt

- Auswahl der vom ECODESIGN Assistenten empfohlenen Verbesserungsstrategien bzw. Generieren von neuen Strategien
- Anwenden von ECODESIGN Checklisten zur Herleitung einer Maßnahmenliste zur konkreten Umsetzung der Verbesserungsstrategien am Produkt

Die im Arbeitsschritt „Produktanalyse aus Umweltsicht – Life Cycle Thinking“ (siehe Kap. 3.2.2) identifizierten Strategien zur Produktverbesserung mussten anschließend einer Auswahl unterzogen werden, da es zweckmäßig sein kann, sich auf einige wenige Strategien zu konzentrieren. Die geeigneten Maßnahmen zur Umsetzung der Verbesserungsstrategien wurden mit Hilfe der Checklisten auf Relevanz und Durchführbarkeit geprüft. Dabei fand das Ausmaß der Umweltbelastungen in quantitativer und qualitativer Hinsicht Berücksichtigung. Mittels Durcharbeitung der ECODESIGN Checklisten wurden schließlich konkrete und leicht umsetzbare Maßnahmen zur Produktverbesserung generiert.

Die im Zuge der Prozessanalyse ermittelten Optimierungsvorschläge wurden konkretisiert und gemeinsam mit den Teammitarbeitern der Firmenpartner in mögliche Verbesserungsmaßnahmen übergeführt. Für die aussichtsreichsten ermittelten Vorschläge beinhaltet der Maßnahmenkatalog neben Verbesserungsvorschlägen auch das Optimierungsausmaß (quantitativ und qualitativ) für die betreffenden Prozesse. Des Weiteren erfolgt einerseits im Katalog eine Unterteilung der Vorschläge für unmittelbare Umsetzungsmaßnahmen, die geringe Investitionen erfordern, und andererseits wird er als Leitfaden für zukünftige strategische Unternehmensentscheidungen und Investitionen dienen. Anhand des Maßnahmenkataloges wurden die weiteren Arbeitsschritte für die organisatorische Strukturierung, die zur Verbesserung der Ressourceneffizienz, zu einer Verringerung von Emissionen und von physischen/psychischen Belastungen für Arbeitnehmer, sowie zur Steigerung der Produktivität und Reduzierung der Produktionskosten, gesetzt. Alle diese Ziele führen zu einer Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens.

Für die Herstellung eines Green Products ist es notwendig, diverse Produktionsprozesse entsprechend neu auszurichten und zu adaptieren. Damit diese Prozesse dem holistischen Ansatz entsprechen, werden die Ergebnisse aus der Prioritätenklassifizierung in die Gestaltung mit einbezogen. Aus den daraus resultierenden Anforderungen wurden Vorschläge hergeleitet, die in einem weiteren Schritt nach Wirkung und Aufwand in firmeninternen Workshops gereiht und auf ihre Umsetzbarkeit überprüft wurden. Damit können unterschiedliche Umsetzungsperspektiven (lang-, mittel-, kurzfristig) festgelegt werden.

Ergebnis:

- Produktbezogene Verbesserungsmaßnahmen
- Prozessbezogene Verbesserungsmaßnahmen

3.2.6 Umsetzbarkeit der gefundenen Green Product Concepts

Die Auswahl im Sinne einer Bewertung der Umsetzbarkeit der gefundenen Maßnahmen für ein Green Product Concept steht hier im Vordergrund. Im Abschlussworkshop wurden diese Maßnahmen gemeinsam mit den Firmen evaluiert und zum Vorschlag für ein Green Product Concept zusammengefasst.

Arbeitsaufgaben in diesem Arbeitsschritt

- Sammeln von Lösungsideen zur Erfüllung der unterschiedlichen Produktanforderungen
- Evaluierung und Auswahl der gefundenen Lösungsvarianten
- Überprüfung auf Realisierbarkeit

In Kooperation mit den Produktentwicklungsteams wurde in firmeninternen Workshops ein „Green Product Concept“ erarbeitet. Lösungsideen zur Erfüllung der in den vorangegangenen Schritten definierten Anforderungen werden gesammelt.

Anschließend wurden Verbesserungsmaßnahmen erarbeitet, bewertet und nach Nutzen bzw. Aufwand gereiht. Nach der Entscheidung über die zu setzenden Maßnahmen wurden diese zur Umsetzung vorgeschlagen.

Bei den identifizierten Lösungen muss die firmeneigene Durchführung und Realisierbarkeit (Umsetzungsrisiko) überprüft werden. Die Kosten der Entwicklung bzw. der Durchführung müssen den Nutzen der Verbesserungsmaßnahmen gegenübergestellt werden.

Ergebnis:

- Auswahl an umsetzbaren Verbesserungsmaßnahmen

3.3 Ergebnisse ABATEC am Beispiel Golf Swing Analyzer

Produktbeschreibung

Beim Golf Swing Analyzer handelt sich um ein optisches Sensorsystem, dass speziell zur Erfassung der Bewegungsabläufe im Golfsport eingesetzt wird.

Komponenten Golf Swing Analyzer:

- Zwei Markereinheiten, diese werden am Schläger positioniert, bestehend aus: Bestückter Leiterplatte, Akku, Infrarotdioden (IR-LEDs), Gehäuse, Montagehilfe
- Basiseinheit bestehend aus: zwei optische Sensoren (Linse, Linsenhalterung, bestückte Leiterplatte mit Sensor), Kameramodul
- Analyseeinheit z.B. Laptop oder Pocket PC und Software
- Stativ

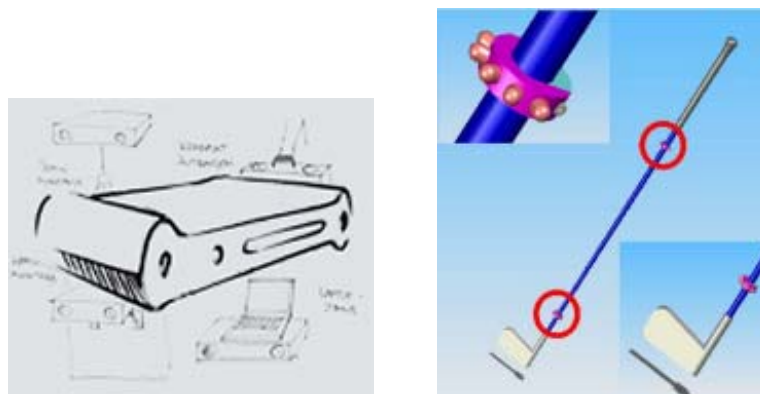


Abbildung 24: Skizze Golf Swing Analyzer und Markereinheiten auf Schläger (Quelle: ABATEC)

Der Golfschwung wird 3-Dimensional aufgezeichnet und kann somit vom Golftrainer genauestens analysiert werden. Das Messverfahren basiert auf PSD-Sensoren: Position Sensitive Detektoren, welcher eine Messung der 2-dimensionalen Position eines Lichtpunkts ermöglicht. Der Golf Swing Analyzer unterstützt dabei nicht nur den Golftrainer bei der Optimierung des Golfschwunges sondern gibt dem Golfschüler die Möglichkeit auch alleine zu trainieren (z.B. Vergleich mit aufgezeichneten optimierten Golfschwüngen). Die Analyseeinheit stellt im derzeitigen Entwicklungsstadium ein Laptop dar, welcher nicht mitbilanziert wurde.

	Gewicht Gerät	2,6 [kg]
	Volumen	0,05 [m³]
	Lebensdauer	10 Jahre
	Produktfunktion	Optische Erfassung eines Bewegungsablaufes
	Geschäftsmodell	Für Privat- und gewerbliche Nutzung zu Trainingszwecken
	Absatz	1000 Stk./Jahr

Abbildung 25: Kurzbeschreibung Golf Swing Analyzer (Quelle: ABATEC)

Als Input für die Umweltanalyse wurde der Golf Swing Analyzer entlang des Lebenszyklus mit Umweltparametern beschrieben. Bei der Produktion wurde als Systemgrenze der Firmenstandort in Regau, Oberösterreich gewählt.

Da sich das Produkt noch im Prototypstatus befindet, müssen Annahmen zu bestimmten Phasen, z. B. Nutzungsverhalten und Nach Gebrauch gemacht werden. Daher verfügt die Fa. ABATEC nicht über die gewünschten Detailinformationen zu den abgefragten Herstellprozessen für die einzelnen Komponenten. Für die Umweltanalyse sind die Umweltauswirkungen der eigentlichen Fertigung der Teile jedoch mit zu berücksichtigen. Man einigte sich auf eine Vorgangsweise zur gemeinsamen Abschätzung der Einflüsse der Herstellungsprozesse die auf Erfahrungs- und Literaturwerten basiert.

Für die elektronischen Komponenten z. B. Leiterplatte wurde eine Kategorisierung mit Charakterisierung der einzelnen Typen erarbeitet. Dies stellte die Grundlage für die Bewertung der elektronischen Bauteile und einen wertvollen Input für die spätere Anwendung der Methodik dar. Folgende Produktmodellierung stellt die Grundlage für die Umweltanalyse dar:

A-Rohstoffgewinnung:

Der Golf Swing Analyzer besteht hauptsächlich aus folgenden Materialien bzw. Komponenten:

Metal		Elektronische Komponenten	
Aluminiumblech 3mm	Gehäuse Basiseinheit	Leiterplatte bestückt	Marker- und Basiseinheit
Aluminium eloxiert	Linsenhalterung, (Optik)	Linse	Optik Basiseinheit
Aluguss und -rohre	Stativ (Privatnutzung)	IR-LEDs	Markereinheiten
Stahl	Montagemechanik (gewerbliche Nutzung)	Kameramodul	Aufzeichnung Basiseinheit
Kupfer	Kabel		
Kunststoff			
PVC	Kabel		

Tabelle 4: Hauptmaterialien Golf Swing Analyzer

B-Herstellung:

Das Produkt besteht fast ausschließlich aus Zukaufsteilen, welche am Betriebsstandort Regau assembliert werden. Die Systemgrenze für die genaue Erfassung der Umweltparameter wurde somit mit dem Unternehmensstandort begrenzt. Für die Zukaufteile werden Angaben zu Materialien, Prozesse, Transport und Verpackung gemacht. Die Herstellungsprozesse zählen zur klassischen Blechbearbeitung wie z. B. Stanzen, Fräsen, Bohren und Oberflächenbearbeitung wie Pulverbeschichten und Eloxieren. Die Leiterplattenfertigung passiert am Firmenstandort. Die notwendigen Prozesse wie Siebdruck, SMT Bestückung, Montage, etc. wurden genauer untersucht und analysiert.

C- Distribution:

Für die Ermittlung der Umweltauswirkungen der Transportwege wurde ein Vertriebszenario mittels LKW nach Deutschland angenommen und analysiert.

D-Nutzung:

Es werden zwei verschiedene Nutzungsszenarien beurteilt, welche Unterschiede in der Nutzungsintensität und Ausstattung z. B. Haltevorrichtung oder Stativ zeigen:

- Privatanutzer (80 Trainings pro Jahr) – Szenario Hobby
- Nutzung auf der Driving Ranch im Golfclub (5-8 Trainings/Tag, 200 Tage, ca. 1200 Trainings pro Jahr) – Szenario Business

E- Nach Gebrauch:

Für die Phase des Nach Gebrauchs wurde ein gängiges Verwertungsszenario für Elektroaltgeräte angenommen.

Produktanalyse

Die Umweltanalyse des Golf Swing Analyzers wurde mittels Energiewertanalyse (Kumulierter Energieaufwand KEA) durchgeführt. Die Grundannahmen für die Analyse sind in Tabelle 6 dargestellt. Die Unterschiede der beiden Szenarien liegen einerseits in der Wahl der Befestigung (Stativ-mobil, Montagemechanik-fix) und der Nutzungsintensität.

Szenario Hobby Privatgebrauch		Szenario Business Dienstleistungsangebot am Golfplatz	
80 Nutzungen pro Jahr 800 Nutzungen gesamt		1200 Nutzungen pro Jahr 12.000 Nutzungen gesamt	
Transport Deutschland 2500 km LKW		Transport Deutschland 2500 km LKW	
Bauteile	Gewicht in kg	Bauteile	Gewicht in kg
Gerät	2,6	Gerät	2,6
Stativ	5,2	Montagemechanik	3
Verpackung	0,1	Netzkabel	0,1
		Verpackung	0,1
Gesamtgewicht	7,9 kg	Gesamtgewicht	5,8 kg

Tabelle 5: Grundannahmen für die Nutzungsszenarien des Golf Swing Analyzers

Die Darstellung der Energiewertanalyse über die Lebensphasen dient als Grundlage für richtungsweisende Strategien für die Produktverbesserung aus Umweltsicht (Abbildung 26).

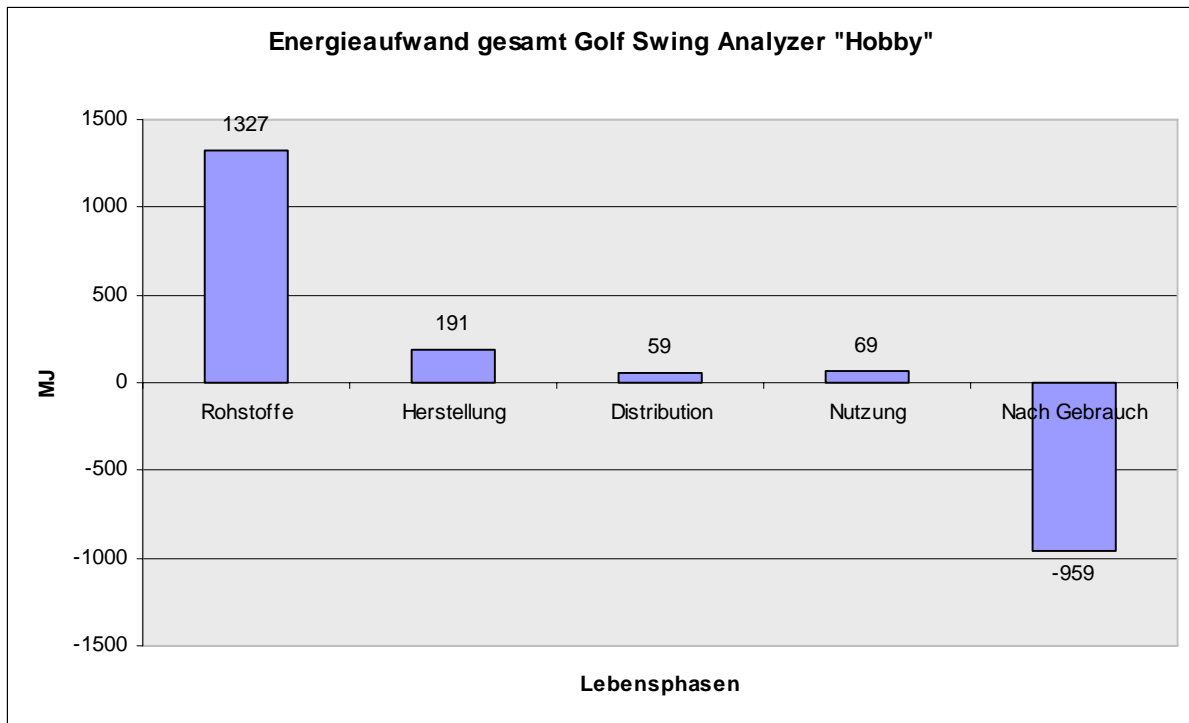


Abbildung 26: Ergebnis der Umweltanalyse Szenario Hobby

Materialintensive Bauteile wie z. B. das Stativ oder das Gehäuse der Basiseinheit machen den größten Teil des Energieaufwandes beim Szenario Hobby aus. Die Hauptverursacher des Energieverbrauches lassen sich wie folgt angeben (Abbildung 27):

- Stativ 48 %
- Gehäuse der Basiseinheit 28 %
- Elektronik Basiseinheit 16 %.

Der negative Wert in der Nach Gebrauchs Phase ergibt sich aus der Rückgewinnung der eingesetzten Rohstoffe.

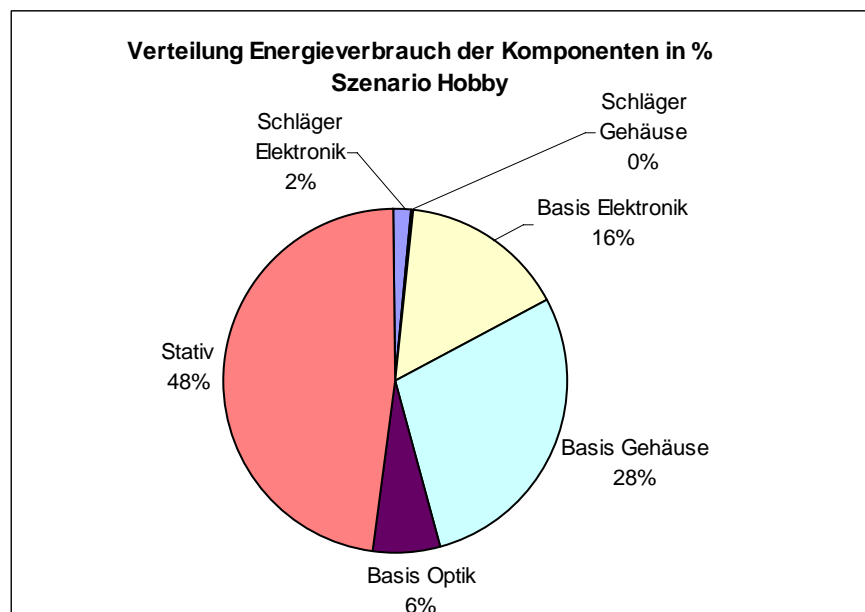


Abbildung 27: Verteilung des Energieverbrauchs der Komponenten, Szenario Hobby

Der Energiewert der eingesetzten Rohstoffe fällt beim Szenario Business etwas geringer aus, da anstelle des Stativs eine Montagemechanik aus rostfreiem Stahl angenommen wurde (Abbildung 28). Das Gewicht der Montagemechanik beträgt etwas weniger als 2/3 des Stativs. Die Materialwahl hat ebenfalls großen Einfluss auf die Energiebilanz; Stahl ist z. B. weniger energieintensiv in der Herstellung als Aluminium. Die Hauptverursacher des Energieverbrauches der Rohstoffe lassen sich wie folgt angeben:

- Gehäuse der Basiseinheit 43 %
- Montagemechanik 22 %
- Elektronik Basiseinheit 19 %.

Der hohe Anteil der Elektronik wird von der Leiterplatte bestimmt, obwohl diese einen sehr geringen Anteil am Gesamtgewicht hat, weist sie einen sehr hohen Energiewert für die Rohstoffgewinnung und Herstellung der Bauteile zur Bestückung auf. Nachdem die Leiterplatte und die Komponenten zur Bestückung zu 100 % zugekauft werden, werden sie anteilmäßig den Rohstoffen und nicht der Herstellung zugeordnet (Vgl. Systemgrenze unter Produktbeschreibung).

Ein Vergleich der beiden Nutzungsszenarien zeigt deutlich den Einfluss des Energieverbrauches in der Nutzung auf die Gesamtenergiebilanz und ist beim Szenario Business der bestimmende Faktor. Der Energieverbrauch beim Privatgebrauch ist um Faktor 10 niedriger als beim Modell Business was sich auf die intensivere Nutzung zurückzuführen lässt.

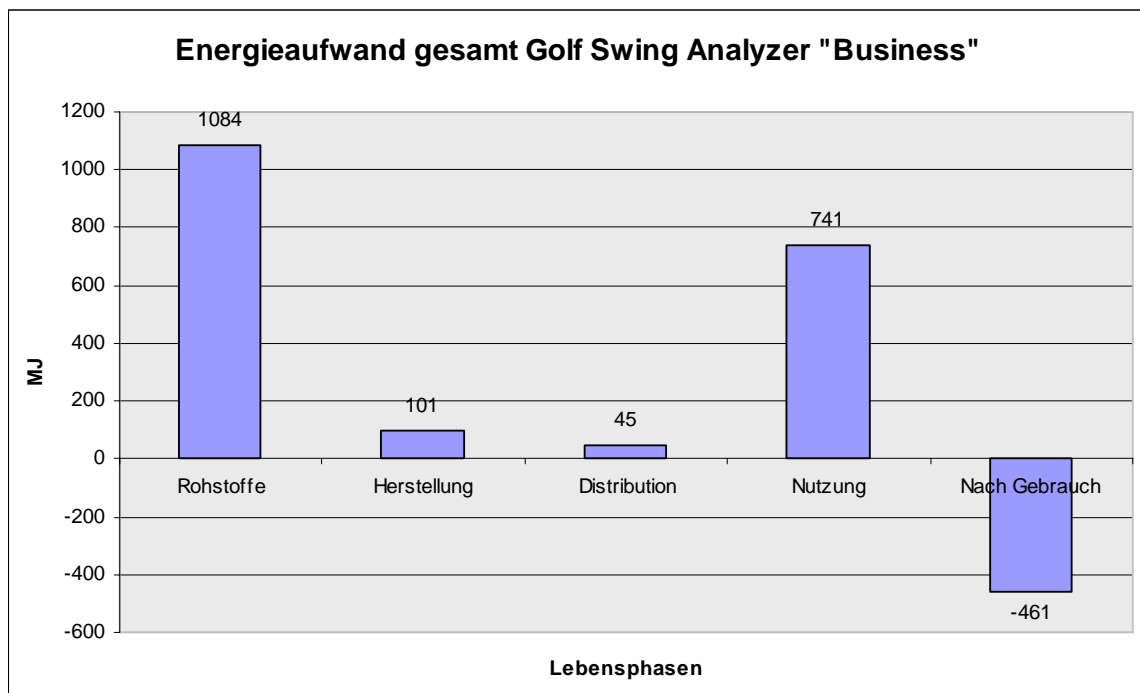


Abbildung 28: Ergebnis der Umweltanalyse Szenario Business

Die Gesamtumweltbelastung, ausgedrückt im Energieverbrauch beträgt beim Szenario Hobby 1755 MJ, im Szenario Business 2066 MJ. Dieses Beispiel zeigt sehr deutlich, dass unterschiedliche Maßnahmen zu Verschiebungen der Umweltauswirkungen führen können und daher immer der gesamte Lebenszyklus betrachtet werden muss.

Aus den Ergebnissen der Umweltanalyse lassen sich folgende Verbesserungsstrategien mit dem ECODESIGN Assistent ableiten:

- Materialeinsparung – weniger Materials verwenden
- Materialwahl – Andere Materialien verwenden
- Reduktion des Energieverbrauches in der Nutzungsphase

Stakeholderanalyse

Die Elektroaltgeräteverordnung-EAG-VO schreibt Quoten für die Verwertung und Recyklierung vor. Das Gerät fällt in den Geltungsbereich der Verordnung in die Kategorie Spiel-, Sport- und Freizeitgeräte.

Die Abfallbehandlungspflichtenverordnung stellt Anforderungen an die Behandlung (Liste für die Schadstoffentfrachtung) und enthält Details zur Behandlung von Elektroaltgeräten. Die Analyse der rechtlichen produktbezogenen Anforderungen mittels Stakeholder Relationship Modell ergab folgende Anforderungen das Produktdesign:

- Einhaltung der Stoffverbote: Schwermetalle Cd (0,01 Gew-%), Pb, Hg und Cr VI (0,1 Gew-%), bromierte Flammhemmer: Polybromiertes Biphenyl, Polybromierter Diphenylether)
- Vermeidung von Konstruktionsmerkmalen, welche die Wiederverwendung verhindern
- Bereitstellung von Informationen für Betreiber von Behandlungsanlagen (am Gerät, Zusatz)
- Verwertungsquote von 70% d. durchschnittlichen Gewichts je Gerät
Wiederverwendungs- und Recyclingquote für Bauteile, Werkstoffe und Stoffe beträgt 50% des durchschnittlichen Gewichts je Gerät.
- Schadstoffentfrachtung (Akkus, Leiterplatte, ...).

Die im Vorfeld ermittelten unterschiedlichen Kundenanforderungen wurden mit Hilfe der Beziehungsmatrix aus dem Quality Function Deployment bewertet. Als Ergebnis liegen die wichtigsten technischen Designparameter zur Umsetzung der Stakeholderanforderungen und zur Produktoptimierung vor:

1. Art der Materialien/Komponenten 14,7 %
2. Interface, Software 7,8 %
3. Oberflächengestaltung 6,7%
4. Art der Verbindungen 6,6 %
5. Kompatibilität mit and. Systemen 6,4 %

Die Art der Materialien wird aus Kundensicht mit Abstand am wichtigsten bewertet, da es sich um ein prestigeträchtiges, qualitativ hochwertiges Produkt handelt und die Qualität auch durch das Design ausgedrückt werden soll.

Prozessanalyse

Die Produktion des Swing Analyser ist am Standort Regau geplant. Während das Gehäuse, Optik und Stativ zugekauft werden, erfolgt die Herstellung der Elektronik (Leiterplatte) für den Swing Analyser im Haus. Das verwendete Verfahren für die Herstellung der Leiterplatte wird als Oberflächenmontagetechnik oder SMT (Surface Mounting Technology) bezeichnet. Dabei wird die Leiterkarte mit SMD-Bauteilen (Surface Mounted Devices) auf Lötpaste bestückt und mit dem Reflow-Verfahren gelötet. Da die Leiterkarte bzw. SMD-Bauteile ebenfalls zugekauft werden, gibt es de facto keine Materialverbräuche. Nachdem es in der Fertigung auch zu keinem Einsatz gefahrenrelevanter Stoffe kommt wie z.B. die Verwendung von verbleitem Lötzinn, konnte auf eine Arbeitsplatz- und Toxizitätsbewertung verzichtet werden. Somit wurde der Fokus auf den Energieverbrauch (Stromverbrauch) im Unternehmen gesetzt.

Produktionsablauf

Der Produktionsablauf des Swing Analysers umfasst folgende Arbeitsschritte:

- Aufbringen von Lötpaste auf die Leiterkarte
- Bestücken der Leiterkarte
- Löten
- Endmontage

Aufbringen der Lötpaste

Das Aufbringen der Lötpaste auf die Leiterkarte erfolgt mittels Siebdruckverfahren. Die Verwendung von Lötpaste hat den Vorteil, dass diese klebrig ist und so die Bauteile bei der Bestückung direkt an der Paste halten. Das Drucksieb wird über der Leiterkarte positioniert. Dort, wo später Bauteilanschlüsse auf der Leiterkarte zu liegen kommen sind Löcher im Sieb. Leiterkarte und Sieb werden gegeneinander gepresst und ein Rakel drückt die Lötpaste durch das Sieb, sodass die Paste durch die Löcher auf die Karte gelangt.

Bestücken der Leiterplatte

Mit Hilfe eines Bestückungsautomaten erfolgt die Bestückung der Leiterplatte mit den elektronischen Bauteilen.



Abbildung 29: Bestückungsautomat ABATEC

Löten

Im Reflow-Ofen findet das verlöten der Baugruppe statt. Dabei wird der Ofen auf die erforderliche Prozesstemperatur (bis zu 250°C) gebracht. Die Lötzinnkügelchen in der Lötpaste schmelzen dabei auf und sorgen sowohl für eine mechanische als auch elektrische Verbindung. Große bedrahtete Bauteile werden im Anschluss in der Komplettierung per Hand eingesetzt und verlötet.



Abbildung 30: Reflow-Ofen ABATEC

Endmontage

Im letzten Arbeitsschritt erfolgt der Einbau des Objektivs und der selbst gefertigten Elektronik in das Gehäuse.

Die folgende Abbildung zeigt den Produktionsablauf und den Stromverbrauch für die jeweiligen Fertigungsschritte (Abbildung 31). Die Erhebung der Verbraucher erfolgte über vorhandene Aufzeichnungen bzw. für den Reflow-Ofen anhand einer direkten Messung.

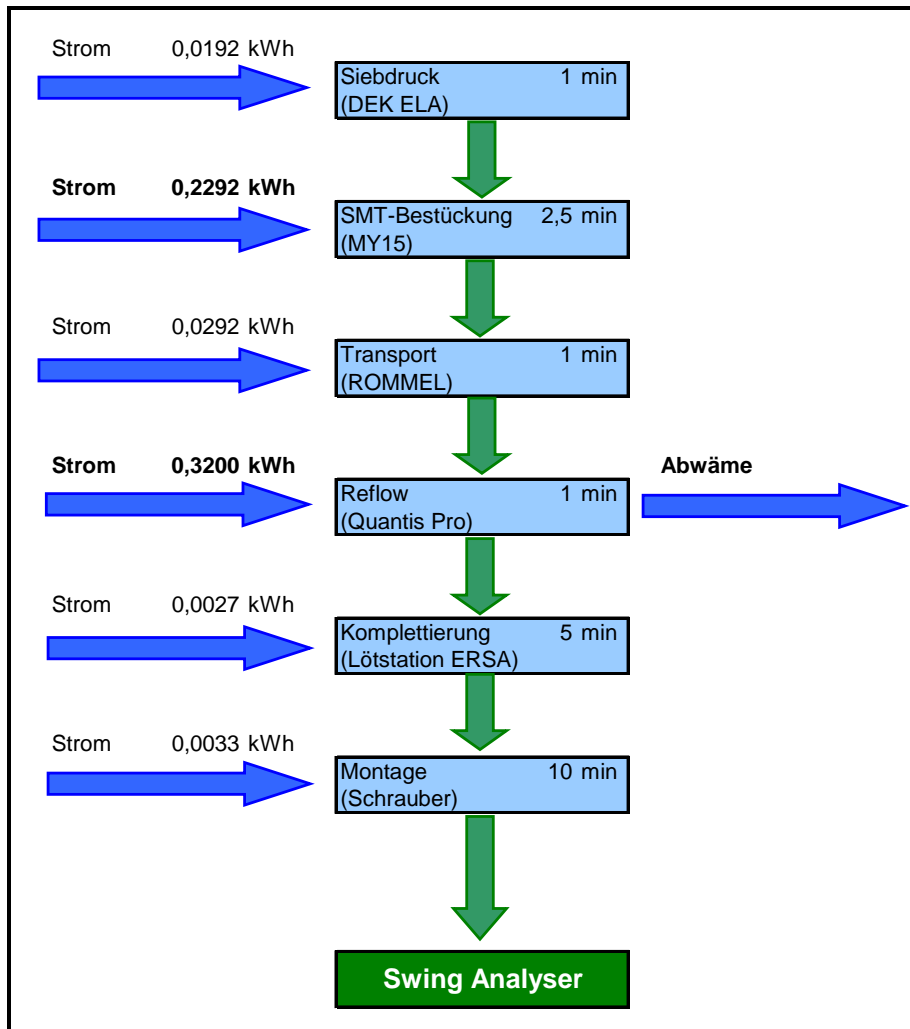


Abbildung 31: Fertigungsschritte Golf Swing Analyser

Summiert man den Stromverbrauch der einzelnen Produktionsschritte, so ergibt sich für die Herstellung ein Verbrauch von ca. **0,6 kWh** pro Swing Analyser.

Zu den größten Energieverbrauchern des Analysers zählen:

- der **Reflow-Ofen** (0,32 kWh/Stk) und
- die **SMT-Bestückung** (0,23 kWh/Stk)

Diese Erkenntnis wird in der nachstehenden Abbildung nochmals verdeutlicht (Abbildung 32).

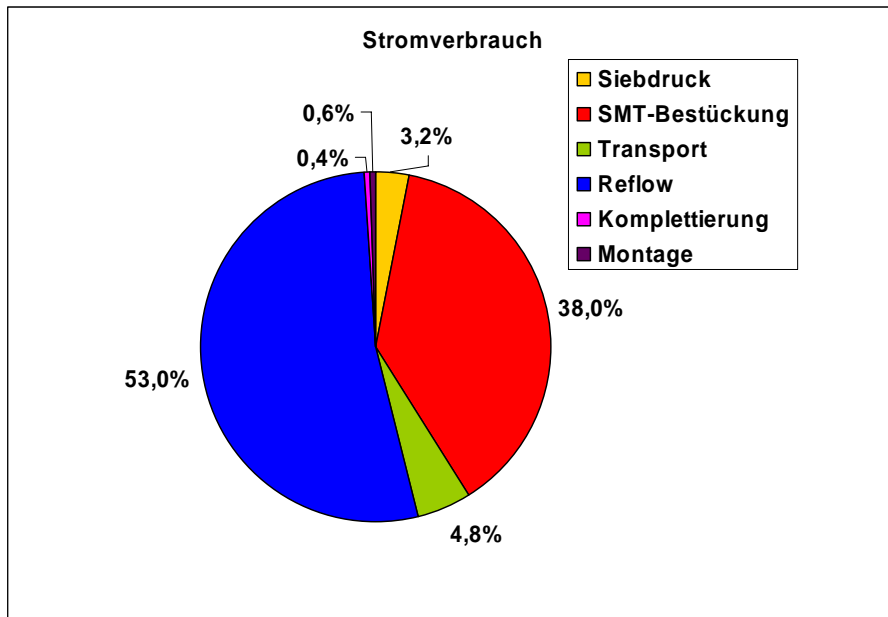


Abbildung 32: Stromverbrauch der Prozessschritte Golf Swing Analyzer

Der hohe Verbrauch des Reflow-Ofens ergibt sich durch das Aufheizen (25 kW) bzw. aufrecht halten der Temperatur (15 kW). Da die Wärmekapazität der erwärmten Teile relativ gering sind, muss angenommen werden, dass der überwiegende Anteil davon als Abwärme verloren geht. Obwohl die SMT-Halle auf eine konstante Temperatur von 25°C klimatisiert werden muss, sind die Abluftleitungen vom Ofen nicht wärmedämmend (siehe Abbildung 33). Bei der SMT-Bestückung sind ausschließlich die mechanischen Antriebe zur Bewegung der Bestückungsköpfe bzw. die Steuerungselektronik für den hohen Stromverbrauch verantwortlich.



Abbildung 33: Abluftrohre des Reflow-Ofens

Aufgrund der Prozessanalyse lässt sich folgende Verbesserungsstrategie mit ersten Verbesserungsmaßnahmen ableiten:

- Verringerung des Energieverbrauchs in der Produktion
 - Nutzung der Abwärme des Reflow-Ofens
 - Optimierung der Abwärmeabführung aus dem Reflow-Ofen zur besseren Wirkung der Hallenklimatisierung
 - Die Druckluft-Kompressoren sollen von einem zentralen Raum zum Gebäuderand verlegt werden. Die Abwärme belastet ebenfalls die Klimatisierung.

Nachfolgend werden in Produkt- und Prozessverbesserung die Verbesserungsmaßnahmen ausgearbeitet und für das Green Product Concept evaluiert.

Produkt- und Prozessverbesserung

Die Produktanforderungen aus Umwelt-, Stakeholder- und Prozesssicht wurden zusammengefasst und Anforderungen an die Produktgestaltung abgeleitet. Mittels Brainstorming wurden untenstehende produktbezogene Verbesserungsideen generiert, die in Schritt 6 einer Evaluierung hinsichtlich Umsetzbarkeit unterzogen und für die Weiterverfolgung ausgewählt werden.

Umweltanforderungen

- Materialeinsparung
 - Konstruktion des Gehäuses optimieren
 - Blechstärke Gehäuse reduzieren
 - Volumen Gehäuse reduzieren
 - Kein Stativ, alternative Befestigung/Montage, mobil/semi-mobil
 - Dimensionierung Stativ reduzieren
 - Sekundäraluminium
- Materialwahl
 - Alu des Gehäuses ersetzen, ev. Stahlblech
 - Kunststoffgehäuse
 - Stativ, Aluminium ersetzen
 - Kunststoff für Objektivhalter
 - Alu des Gehäuses ersetzen, ev. Stahlblech
- Reduktion der Energie in der Nutzung
 - Ansteuerung der LEDs optimieren
 - Photovoltaik als Energieversorgung für die Basiseinheit (Business)
 - Aktivierung LEDs bei Schlagbeginn
 - Vorgabe des Schlagbeginns „grünes Licht“
 - Energiegewinn aus dem Schwung durch Massebeschleunigung
 - Redesign der Elektronik

Stakeholderanforderungen

- Stoffverbote
 - Anwendung bleifreies Lötten
- Verwertungsquote, Wiederverwendungs- u. Recyclingquote
 - Verbindungstechnik optimieren
- Schadstoffentfrachtung (Akkus, Leiterplatte, ...)
 - Verbindungstechnik optimieren
 - Zugänglichkeit verbessern
- Art der Materialien/Komponenten, Oberflächengestaltung
- Interface, Software, Kompatibilität mit and. Systemen
- Art der Verbindungen

Prozessbezogene Anforderungen

- Reduktion Energieverbrauch in der Herstellung
 - Energieverbrauch SMD Bestückung reduzieren
- Wärmemanagement
 - Klimatisierung und Abwärme optimieren
 - Abwärme nutzen
- Reduktion Leiterplattengröße

Um produktbezogene Verbesserungsideen zu generieren, wurde unter anderem eine Analyse der Funktionsstruktur des Golf Swing Analyzers vorgenommen (Abbildung 34). Dabei werden alternative Lösungen zur Funktionserfüllung diskutiert und mit den derzeitigen verglichen.

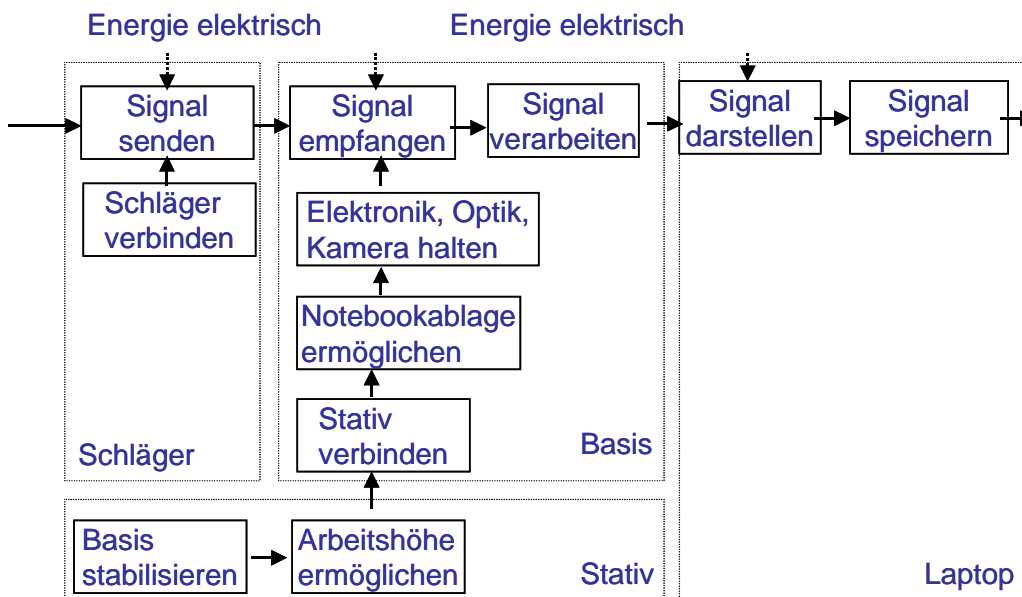


Abbildung 34: Funktionsstruktur Golf Swing Analyzer

Green Product Concept

Die gefundenen Maßnahmen zur Produkt- und Prozessverbesserung wurden hinsichtlich Aufwand, Nutzen und Risiko bewertet (Abbildung 35 und Abbildung 36). Anhand der Bewertung wurde eine Auswahl für das Green Product Concept getroffen. Die Maßnahmen mit hohem/mittleren Nutzen und geringem/mittleren Aufwand werden für die weitere Entwicklung herangezogen. Die Größe der Kugeln zeigt das Umsetzungsrisiko an, wie z. B. das unternehmerische Risiko ein Produkt zu verändern oder die Kundenakzeptanz.

08.11.2007	Golf Swing Analyzer	ABATEC	Hr. Röck
B6 Bewertung der Maßnahmen zur Produkt und Prozessverbesserung			

Bewertung von Nutzen, Aufwand und Risiko				
Nr	Maßnahme	Aufwand	Nutzen	Risiko
M1	Wahl des neuen Statives	gering	hoch	gering
M2	Reduzierung der Gehäuseblechstärke	sehr gering	mittel	gering
M3	Verjüngung der Optikrohre	gering	hoch	sehr gering
M4	keine Eloxierung der Optikmechanik	gering	mittel	mittel
M5	Verwendung gewindebildender Schrauben	sehr gering	mittel	sehr gering

Abbildung 35: Bewertung der Maßnahmen für das Green Product Concept

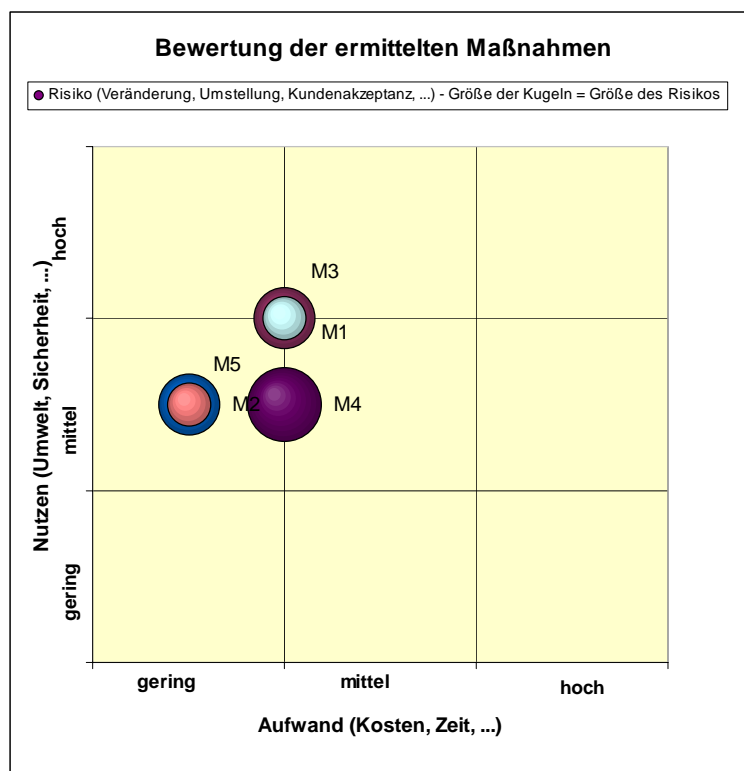


Abbildung 36: Darstellung der Bewertung ausgewählter Maßnahmen

Die Analyse der formulierten Verbesserungsmaßnahmen ergab ein hohes Verbesserungspotential für das Stativ, das Gehäuse, die Optikhalterung und die mechanischen Verbindungen. Geringes Verbesserungspotential wurde für die Herstellung der Platine ermittelt. Die Reduktion des Energieverbrauches wurde innerhalb des Projektes nicht weiterverfolgt, da der Entwicklungsaufwand sehr groß ist und im derzeitigen Prototypstatus

andere Optimierungsmaßnahmen im Vordergrund stehen. Das vorliegende Projekt lieferte jedoch wesentlichen Input für die Weiterentwicklung des Golf Swing Analyzers und die Integration von Umweltaspekten in die Entwicklungsphase des Prototypen (Abbildung 37).



Abbildung 37: Prototyp des Golf Swing Analyzers (Quelle: ABATEC)

Durch die Auswahl eines neuen alternativen Stativs kann der Materialverbrauch von 5,2 kg auf 2,3 kg reduziert werden. Die Reduzierung der Blechstärke des Gehäuses um 50 % auf 1,5 mm ist möglich bei gleichzeitiger Gewährleistung der Stabilität. Die Verjüngung der Optikbaugruppe kann ebenfalls etwa um ca. 50 % reduziert werden, da diese für die gewünschte Funktion der Optikhalterung überdimensioniert war. Anstelle der Eloxierung der Optikbaugruppe wird eine alternative Oberflächenbehandlung eingesetzt.

Um eine einfache Schadstoffentfrachtung und Demontage zu ermöglichen werden an Stelle der Einpressmuttern gewindebildende Schrauben eingesetzt.

Folgende prozessbezogenen Verbesserungsmöglichkeiten wurden vorgeschlagen und ausgearbeitet:

- Nutzung der Abwärme des Reflow-Ofens zur Vorheizung der Hallenzuluft: zzt. wird die heiße Abluft (ca. 42°C) vom Ofen ungenutzt ins Freie geleitet. Es würde sich hierfür eine Wärmerückgewinnung mittels eines Wärmetauschers anbieten. Erste Untersuchungen haben ergeben, dass das Energiesparpotential ca. 4.500 kWh/a beträgt.
- Optimierung der Abwärmeführung aus dem Reflow-Ofen zur besseren Wirkung der Hallenklimatisierung. Eine Ummantelung der Rohrleitung mit einer Wärmedämmung würde bereits Helfen um die Hallenkühlung zu entlasten. Das errechnete Einsparungspotential durch diese Maßnahme beträgt ca. 1.000 kWh/a.
- Die Druckluft-Kompressoren sollen von einem zentralen Raum zum Gebäuderand verlegt werden. Die Abwärme belastet ebenfalls die Klimatisierung.

Für den SMD-Bestückungsautomaten ist ein Verbesserungspotential de facto nicht möglich. Hier sollte bei einem zukünftigen Ankauf eines neuen Automaten auf den Energieverbrauch geachtet werden.

3.4 Ergebnisse ENGEL am Beispiel Spritzgussmaschine

Produktbeschreibung

Als Beispielprodukt wurde eine vollelektrische Spritzgussmaschine EM180 T gewählt. Der Vorteil zu den hydraulischen Maschinen liegt in kurzen Zykluszeiten, hoher Produktivität durch das dezentrale Antriebskonzept sowie minimaler Nebenzeiten durch Parallelantrieb einzelner Elektroantriebe. Darüber hinaus werden gegenüber hydraulischen Maschinen die notwendigen großen Mengen an Hydrauliköl vermieden.

Die Spritzgussmaschinen finden Anwendung in folgenden Branchen: Automotive, Technische Kunststoffe, Medizin, Elektrik/Elektronik und Verpackung.

Ersatzteile sind in lokalen Ersatzteillagern mit eingeschränktem Umfang oder in Zentrallager erhältlich.

	Gewicht	9,5 [t]
	Volumen	23,28 [m³]
	Lebensdauer	10 Jahre
	Produktfunktion	Spritzgießen von Kunststoffen
	Geschäftsmodell	Weltweiter Vertrieb
	Absatz	21 Maschinen pro Jahr

Abbildung 38: Kurzbeschreibung Spritzgussmaschine EM180 T (Quelle: ENGEL)

Als Input für die Umweltanalyse wurde die Spritzgussmaschine entlang des Lebenszyklus mit Umweltparametern beschrieben. Die Systemgrenze wurde mit dem Firmenstandort in Schwertberg, Oberösterreich gewählt.

A-Rohstoffgewinnung:

Die Spritzgussmaschine besteht zu 90% aus Stahl- Gussteilen. Weitere wesentliche Komponenten sind der Schaltschrank mit Elektro-Bauteilen sowie E-Motore.

Metal	
Guss	Platten, Hebel, Spritzaggregat
Stahl niedrig legiert	Hebel, Holme, Rahmen, Spritzaggregat
Stahl hoch legiert	Spindel, Schienenführung
Kupfer	Kabel
Elektronik	Schaltschrank, Steuerung

Tabelle 6: Hauptmaterialien Spritzgussmaschine

Da es für Zulieferteile sehr aufwendig ist die gewünschten Detailinformationen zu den Rohstoffen und Herstellprozessen für die einzelnen Komponenten zu ermitteln, wurden diese Werte auf Erfahrungs- und Literaturwerten basierend abgeschätzt. Die Systemgrenze für die genaue Erfassung der Umweltparameter wurde somit mit dem Unternehmensstandort begrenzt. Für die Zukaufteile sind Angaben zu

- Materialien
- Prozesse
- Transport und
- Verpackung zu erheben.

B-Herstellung:

Die Produktionsprozesse am Firmenstandort bestehen im Wesentlichen aus der mechanischen Bearbeitung (Drehen, Fräsen, Schleifen) der Guss- und Stahlteile, deren Oberflächenveredelung (Lackieren, Beschichten) und der Montage der Maschine (Mechanik, Hydraulik, Pneumatik und Elektrik an Einzelarbeitsplätzen im Zuge der Fließmontage). Der Transport der Zukaufteile erfolgt ausschließlich mit LKW aus verschiedenen europäischen Ländern.

C- Distribution:

Das montierte und verpackte Produkt wird in vorliegender Analyse per LKW nach Deutschland transportiert.

D-Nutzung:

Die Nutzungsintensität beträgt je nach Betriebsszenario im 3-Schicht oder 2-Schichtbetrieb 7500 oder 4000 Betriebsstunden pro Jahr. Bei einer Lebensdauer von 10 Jahren ergibt das eine Gesamtnutzungszeit von 75000 bzw. 40000 h. Dabei werden zwei verschiedenen intensive Produktionsszenarien der Spritzlinge unterschieden: 100 g/ 6 s bzw. 80 g/10 s (Vergleiche Szenarien in Tabelle 7: Grundannahmen der verschiedenen Nutzungsszenarien der Spritzgussmaschine).

E- Nach Gebrauch:

Für die Spritzgussmaschinen existiert derzeit große Nachfrage am Gebrauchtmrkt. In vorliegendem Beispiel wurde dennoch ein Wiederverwertungsszenario angenommen, welches aufgrund der Materialzusammensetzung realistisch erscheint.

Produktanalyse

Die Umweltanalyse mittels kumulierten Energieaufwands (KEA) summiert die Energieverbräuche über die einzelnen Lebensphasen auf. In Tabelle 8 sind die Grundannahmen der drei verschiedenen Nutzungsszenarien zusammengefasst, die anderen Lebensphasen unterscheiden sich nicht von einander.

Produktion Spritzlinge				Betriebszenario		Energieverbrauch	
Szenario	g/s	kg/h	Menge in kg/10 J	Betriebsstunden/J		kWh/kg	GJ/kg gesamt
A	100 g/ 6 s	60	4.500.000	7500 h	3-Schicht	0,40	11.457 GJ
B	100 g/6 s	60	2.400.000	4000 h	2-Schicht	0,40	6.124 GJ
C	80 g/10 s	28,8	1.152.000	4000 h	2-Schicht	0,35	2.616 GJ

Tabelle 7: Grundannahmen der verschiedenen Nutzungsszenarien der Spritzgussmaschine

Das Ergebnis zeigt eindeutig den höchsten Energieverbrauch in der Nutzungsphase. Die Spritzgussmaschine ist daher dem Produkttyp „nutzungsintensiv“ zuzuordnen (Abbildung 39). Bei diesem Grundtyp fällt der Hauptteil der Umweltbelastungen in die Nutzungsphase beim Endkunden, was auf eine intensive Nutzung zurückzuführen ist.

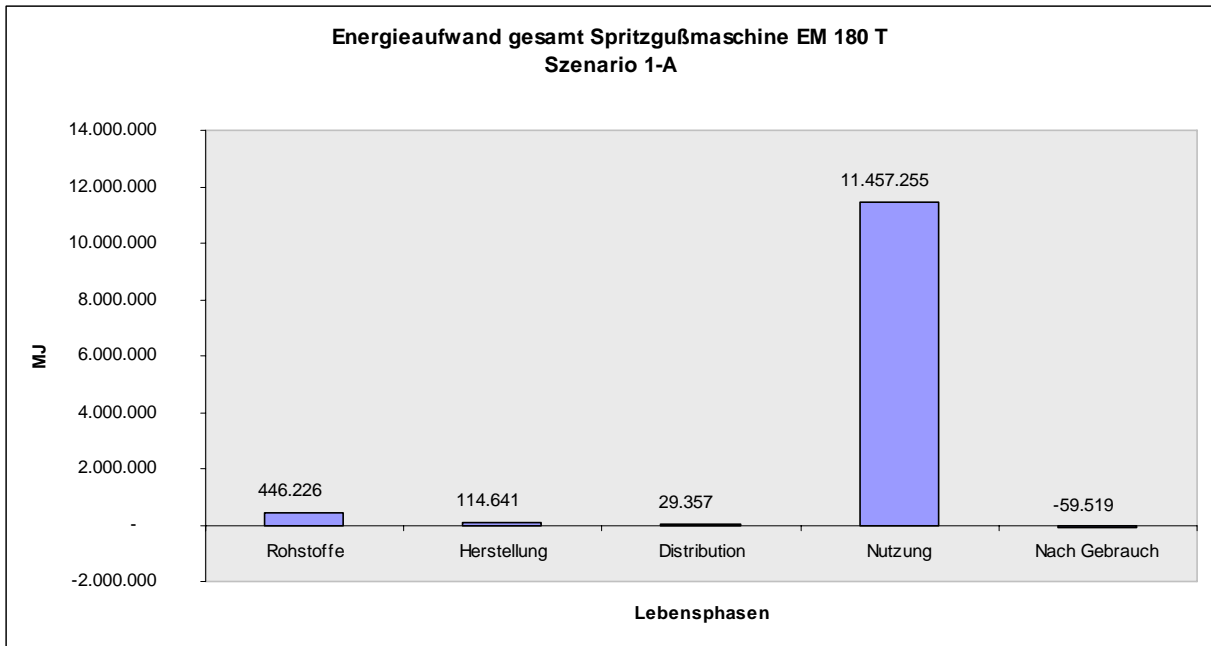


Abbildung 39: Ergebnisse der Umweltanalyse Spritzgussmaschine Szenario A

Neben der Nutzungsphase zeigt sich auch ein relevanter Energie und Materialaufwand in den Phasen der Rohstoffbereitstellung und der Herstellung. Dies birgt ebenfalls Verbesserungspotential hinsichtlich Material- und Energieaufwand mit sich. In Schritt 5 werden die Herstellprozesse genauer analysiert und Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet. Hingegen können die Phasen Distribution und Nach Gebrauch vernachlässigt werden.

In der Rohstoffphase machen materialintensive Bauteile wie z. B. die Guss- und Stahlteile den größten Teil des Energieaufwandes aus. Die Spritzgussmaschine besteht zu 47% aus Stahl- und zu 43 % aus Gussteilen. Weitere wesentliche Komponenten sind der Schaltschrank mit Elektro-Bauteilen sowie E-Motore (siehe Abbildung 40).

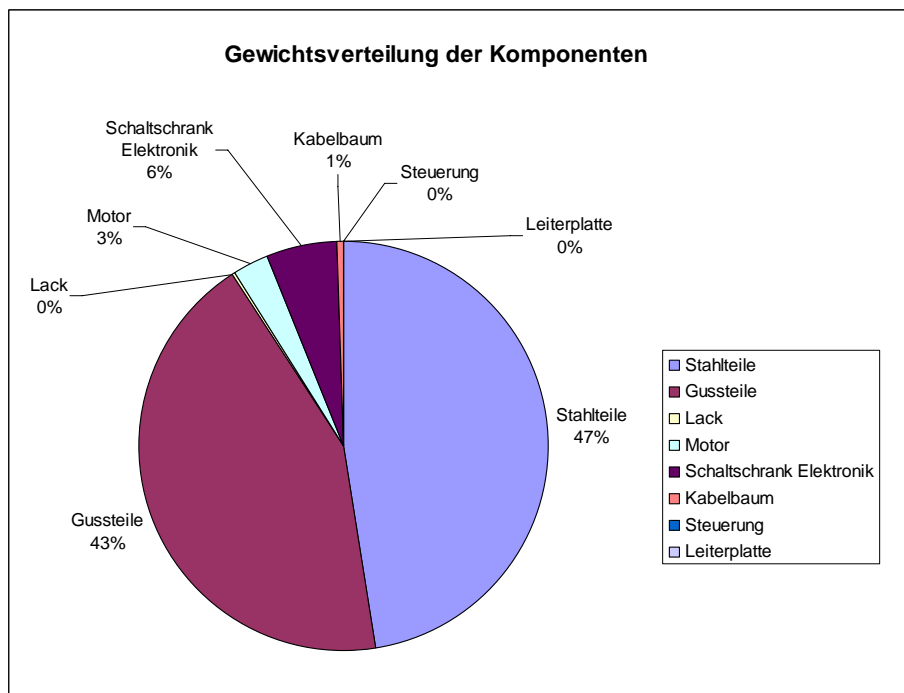


Abbildung 40: Gewichtsverteilung der Untersuchung zugrundeliegenden Komponenten

Die prozentuelle Aufteilung des Energieverbrauches der Rohstoffe von 446.226 MJ ist in Abbildung 41 dargestellt. Obwohl das Steuerungselement mit rd. 9 kg nur etwa 0,1 % des Gesamtgewichts (9.081,5 kg) der Spritzgussmaschine ausmacht, beträgt der Anteil am Energieverbrauch der Rohstoffe 3 %. Dies ist auf den hohen Energiewert der Komponenten der bestückten Leiterplatte zurückzuführen. Die Leiterplatte ist in Abbildung 41 extra ausgewiesen. Auf solche kleinen Bauteile mit großer Auswirkung muss spezielles Augenmerk gelegt werden. Die Elektronik des Schaltschranks hat ebenso großen Einfluss auf die Umweltauswirkungen der eingesetzten Rohstoffe und macht ein Viertel des Energiewerts der Rohstoffe aus. Die Energiekennwerte für die speziellen Rohmaterialien und Prozesse für z. B. elektronische Komponenten und chemischen Stoffe, wurden u. a. mit Verwendung einer Ökobilanzsoftware berechnet.

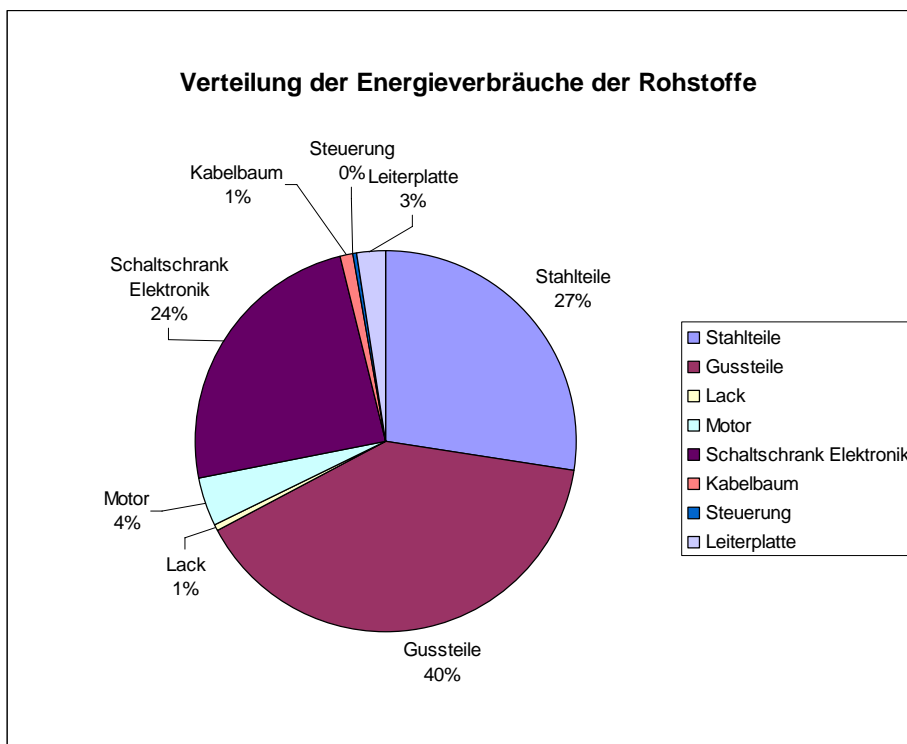


Abbildung 41: Verteilung des Energieverbrauchs der Rohstoffe

Für die Verwertung der Spritzgussmaschine am Produktlebensende wurde eine Materialwiederverwertung angenommen, sofern dies für die Materialien möglich ist. Durch den hohen Anteil an wieder verwertbaren Guss- und Stahlteilen ergibt sich in der Phase des Nach Gebrauchs eine Gutschrift an rückgewonnener Energie von 64.000 MJ (Abbildung 41). Die Auswertung der Daten für die beiden anderen Szenarien 2-B und 3-C lokalisiert ebenfalls einen hohen Energieverbrauch in der Betriebsphase der Maschine (Abbildung 42 und Abbildung 43).

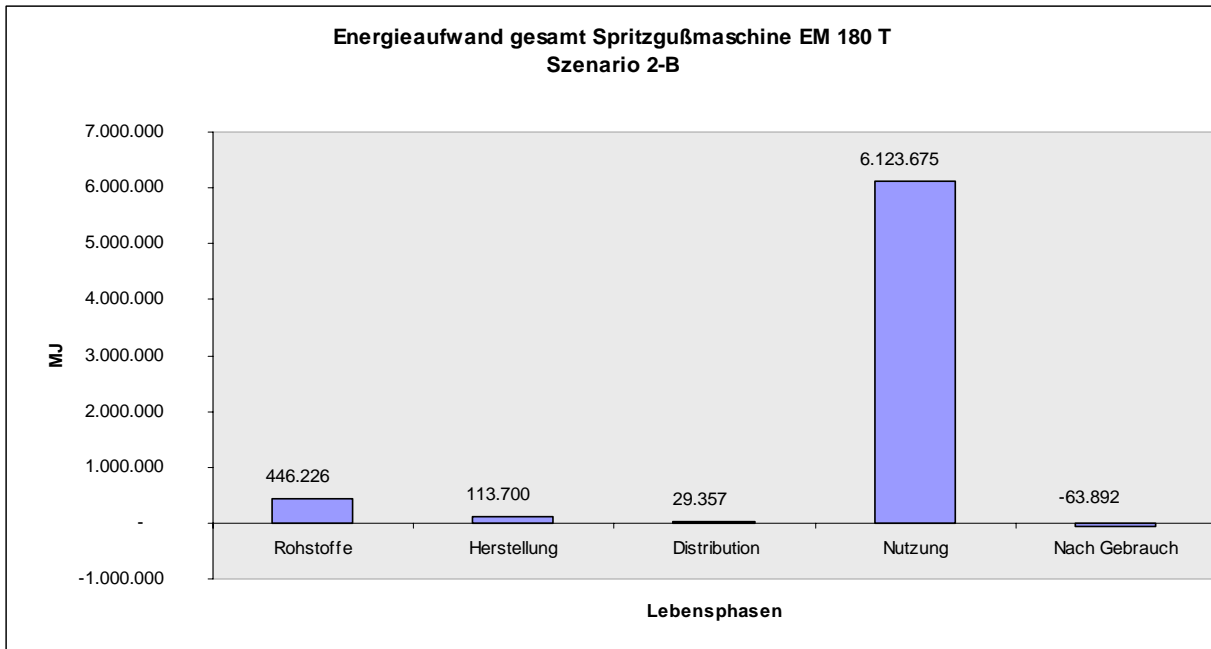


Abbildung 42: Ergebnisse der Umweltanalyse Spritzgussmaschine Szenario B

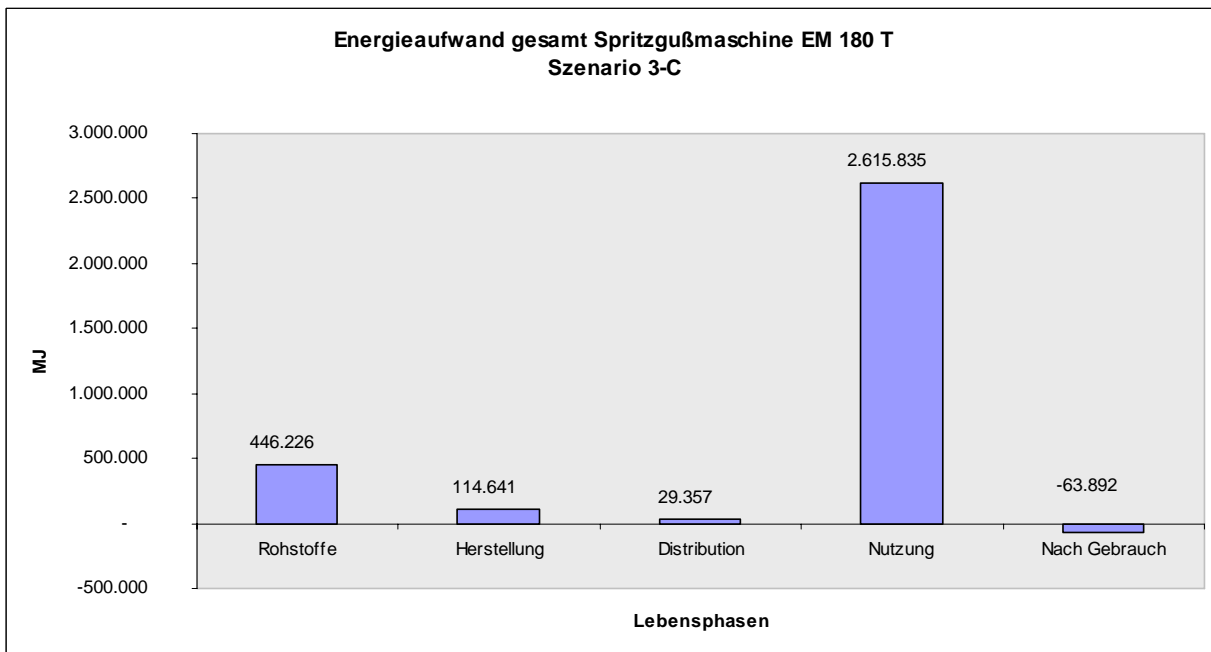


Abbildung 43: Ergebnisse der Umweltanalyse Spritzgussmaschine Szenario C

Aus den Ergebnissen der Umweltanalyse mittels Energiewerten wurde vom Ecodesign Assistenten folgende Hauptstrategie zur Verbesserung der Spritzgussmaschine ausgegeben:

- Reduktion des Energieverbrauches in der Nutzungsphase

Des Weiteren werden vom ECODESIGN Assistent folgende Nebenstrategien zur Produktverbesserung empfohlen:

- Gewährleistung hoher Umweltsicherheit
- Optimierung der Funktionsweise des Produktes
- Optimierung der Art und Menge der Hilfs- und Betriebsstoffe in der Produktion
- Vermeidung von Abfällen in der Produktion

- Verbesserung der Wartbarkeit des Produktes (noch weitgehend ungeklärt, ob das Produkt wartungsintensiv ist bzw. wie häufig Verschleißteile oder Reparaturen notwendig sind)

Stakeholderanalyse

Die Analyse der rechtlichen Anforderungen mittels Stakeholder Relationship Modell ergab, dass die Spritzgussmaschine als industrielle Großanlage nicht in den Geltungsbereich der Elektroaltgeräteverordnung fällt. Die Anforderungen aus den vorgestellten Legislativen sind aus derzeitiger Sicht nicht verpflichtend für die Gestaltung der Spritzgussmaschine. Materialbezogene Anforderungen wie jene der RoHS (Restriction of Hazardous Substances) sind aber auf Grund der möglicherweise aus der RoHS-Konformität resultierenden veränderten Material- bzw. Komponenteneigenschaften relevant in der Zulieferkette z. B. bleifreie Lote, CrVI-Freiheit auch für andere Produktgruppen. Die Analyse der produktbezogenen legislativen Anforderungen ist auch als Vorbereitung für zukünftige produktbezogene Richtlinien aus dem Umweltbereich z. B. Ökodesign Verordnung für industrielle Anlagen zu sehen. Details sind dem Anhang zu entnehmen (Anhang B3 Stakeholderanalyse).

Die u. a. gemeinsam mit einem Kunden ermittelten unterschiedlichen Stakeholderanforderungen, wie Kundenanforderungen (Auszug der Kundenanforderungen in Tabelle 8: Übersicht der Stakeholderanforderungen), Anforderungen aus Unternehmenssicht, etc. wurden mit Hilfe der Beziehungsmatrix aus dem Quality Function Deployment bewertet.

Kundenanforderungen
Robustes Design
höchste Teilequalität
optische Gestaltung
geringer Platzbedarf der Maschine
hohe Zuverlässigkeit
hohe Auswerferkraft
etc.

Tabelle 8: Übersicht der Stakeholderanforderungen Spritzgussmaschine

Die Ermittlung der wichtigsten Produkthanforderungen und deren Überführung in technische Parameter bilden den Einfluss der Kundenanforderungen auf die Produktgestaltung ab. Als Ergebnis liegen die wichtigsten technischen Designparameter zur Umsetzung der Stakeholderanforderungen und zur Produktoptimierung vor. Der Einfluss der Software wurde mit Abstand am höchsten bewertet, gefolgt von der Plastifizierleistung und der maximalen Schließkraft:

1. Software 17 %
2. Plastifizierleistung 6,1 %
3. Maximale Schließkraft 5,4 %

Der Energieverbrauch wurde unternehmenseitig als wichtiges Verkaufsargument angegeben. Beispielsweise ist in Italien und Frankreich Energie teuer, somit erachten die KundInnen auf den Energieverbrauch als wichtiges Entscheidungskriterium. In den USA ist der Energieverbrauch ebenfalls ein wichtiges Kaufkriterium und die Nachfrage nach energiesparenden Maschinen derzeit groß. Kunden bringen konkrete Anfragen diesbezüglich ein und lassen mit eigenem Werkzeug Probemessungen zur Ermittlung von reproduzierbaren

Kennzahlen zum Durchsatz und Energieverbrauch durchführen. Zu diesem Zweck wird bereits ein Projekt bei der Fa. ENGEL durchgeführt, die Reproduzierbarkeit ist im Allgemeinen aber schwierig.

Prozessanalyse

Produktionsablauf

Für die Herstellung der Spritzgießmaschine EM 180T werden am Standort Schwertberg die folgenden Produktionsprozesse benötigt:

- ⇒ Mechanische Bearbeitung
- ⇒ Lasern und Schweißen
- ⇒ Pulverlackieren
- ⇒ Nasslackieren
- ⇒ Montage

Energie- und Stoffkennzahlen

Aus den im Betrieb ausgefüllten Toolbox-Arbeitsblättern wurden Energie- und Stoffkennzahlen abgeleitet, die einen Überblick über den Energie- und Materialeinsatz und deren Aufteilung bieten. Die folgenden Auswertungen müssen unter dem Gesichtspunkt gesehen werden, dass aufgrund des vorhandenen Werksenergieverbrauches eine Zuteilung entsprechend der nominellen Anschlussleistung der Maschinen auf die Prozesse vorgenommen wurde.

Der Gesamtenergieverbrauch für die Herstellung der betrachteten Produkteinheit lässt sich in 75% elektrische Energie (mechanische Antriebe für die Fertigung, Schweiß- und Laserstrom, Belüftung, Druckluftkompressoren) und 25% thermische Energie (Trocknen Lackieren und Pulverbeschichten) aufteilen. Die Aufteilung des Energieverbrauchs auf die einzelnen Prozesse ist im folgenden Diagramm dargestellt:

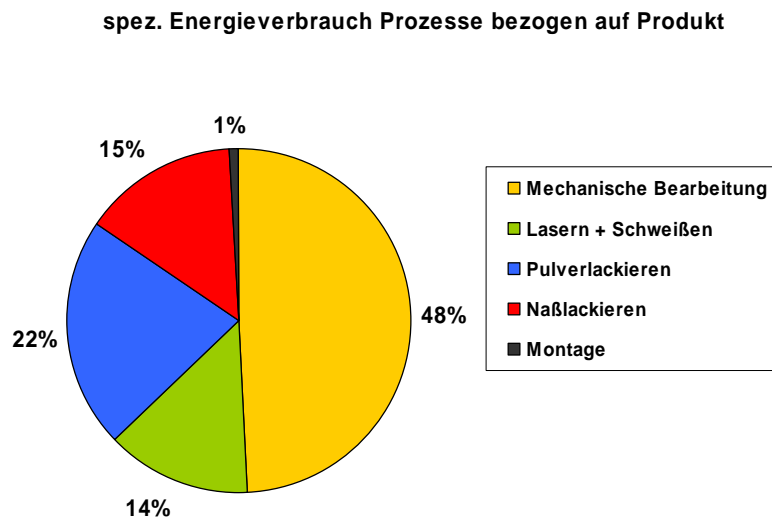


Abbildung 44: Spez. Energieverbrauch der Herstellungsprozesse

Fast die Hälfte der aufgebrachten Energie wird in der Mechanischen Fertigung eingesetzt, Pulverlackieren verbraucht 22%, Nasslackieren und Lasern & Schweißen benötigen je ca. 15%, die Montage ist mit 1% vernachlässigbar.

Für die tiefer gehende Betrachtung wurde daher die mechanische Fertigung genauer untersucht: Die fünf Komponenten, bei denen Zerspanung durchgeführt wird, sind FAP-BGR, BAP-BGR, LSP-BGR, Hebel-Guss (alle Guss) und Hebel-Stahl (Stahl). Der Energieverbrauch (mechanische Energie) pro kg Komponente im fertigen Zustand teilt sich wie folgt auf:

Energieverbrauch pro kg Komponenten-Fertigteil (Mechanische Bearbeitung)

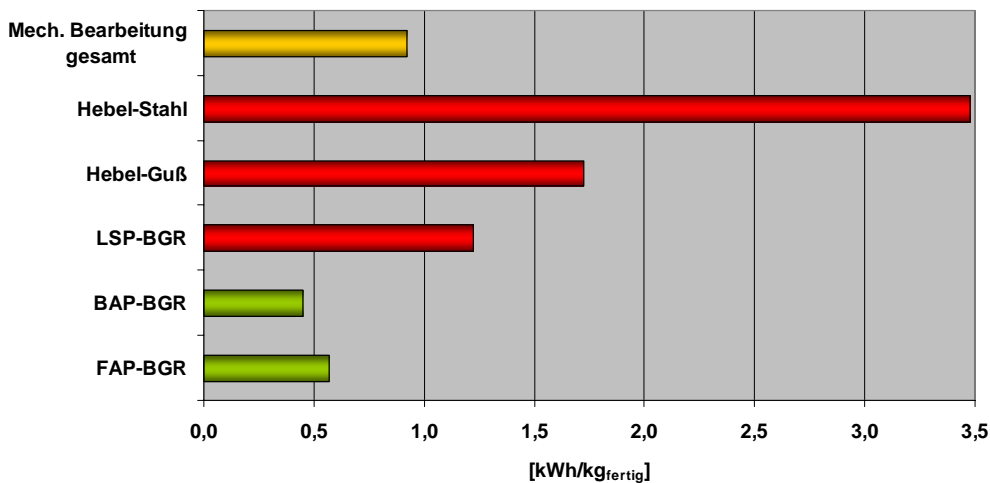


Abbildung 45: Energieverbrauch pro kg Komponenten Fertigkeit

Die mechanische Fertigung gesamt benötigt 0,92 kWh Strom bezogen auf ein kg fertige Komponente. Fast viermal so hoch ist der spezifische Energieverbrauch beim Hebel-Stahl, für Hebel-Guss liegt er ungefähr doppelt so hoch. FAP-BGR und BAP-BGR weisen in der Fertigung niedrigere Werte auf. Für eine differenziertere Betrachtung wurden die Rohstoffeffizienz und die Energieeffizienz ermittelt. Die Rohstoffeffizienz wurde definiert als das Verhältnis der Masse des Rohteiles (Stahl, Guss) zur Masse der fertigen Komponente. Die Differenz ist im Falle der Zerspaltung die „produzierte“ Spänemasse. Die Energieeffizienz ist eine Kenngröße zur Charakterisierung des Prozesses an sich. Die prozessspezifische Bezugsgröße ist in diesem Fall die zerspante Masse.

Die Rohstoffeffizienz der einzelnen Komponenten liegt zwischen 1,11 und 1,48. In der gesamten mechanischen Fertigung 1,16 (siehe nächstes Bild). Der „ideale Prozess“ hätte die Rohstoffeffizienz 1,00 und somit keine Verluste/Abfälle im Herstellungsprozess.

Rohstoffeffizienz (Mechanische Bearbeitung)

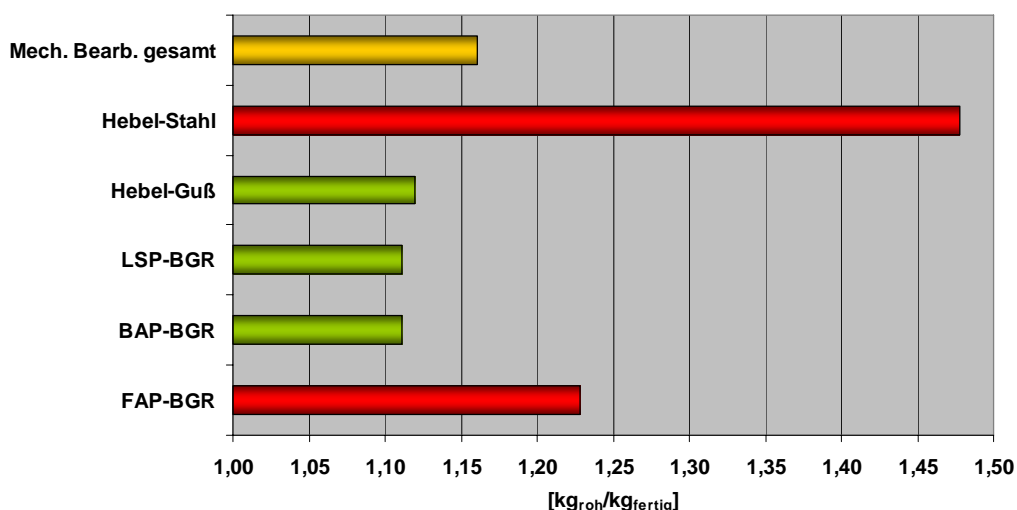


Abbildung 46: Rohstoffeffizienz pro kg Komponenten Fertigkeit

Die Energieeffizienz liegt bei 5,75 kWh pro kg Späne und schwankt je nach Komponente zwischen 2,5 und 14,5 kWh/kg. Führt man eine Ressourcen-Kostenrechnung für die Produktion von Spänen durch, bei der Rohstoffeinkauf, Personalkosten, Maschinenabschreibung, Kühlmittelaufwand und Entsorgung sowie (negativ) der Erlös aus

Verkauf von Spänen berücksichtigt wird, summiert sich der wirtschaftliche Aufwand auf das über 10fache der Energiekosten.

Es wurde angeregt, dass die Entsorgungskosten der Späne in die Herstellkosten mit eingerechnet werden sollen, um die Höhe der nicht genutzten, aber eingekauften Rohmaterialien transparenter zu machen. Hierzu könnte eine Wertanalyse dienen und die Kosten der Abfälle sollten in den Arbeitsplan eingerechnet werden.

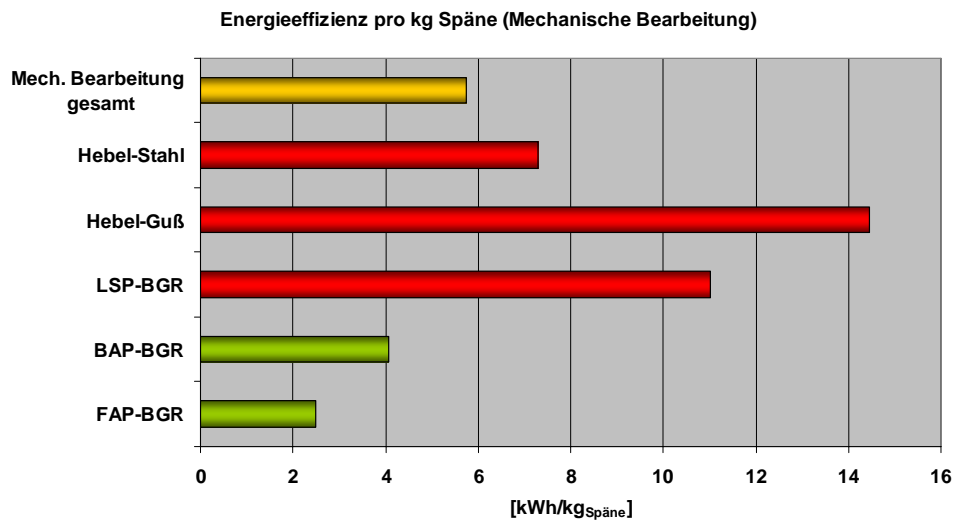


Abbildung 47: Energieeffizienz pro kg Späne

Aus den ermittelten Kenngrößen können nun Schlussfolgerungen für die Verbesserung des Produktdesigns und/oder der Prozessgestaltung gezogen werden:

Der Rohstoffeinsatz kann durch konstruktive Änderungen oder Verringerung des Aufmasses bei Gussteilen (FAP-BGR) verbessert werden.

Die Energieeffizienz im Zerspanungsprozess kann nach Maßgabe der technologischen Machbarkeit mit folgenden Maßnahmen verbessert werden:

- ⇒ Mehr Schruppen, weniger Schlichten: verringert man den Anteil des Schlichtens an der Zerspanung von 30 % auf 10 % wird der Energieverbrauch halbiert.
- ⇒ Zerspanung mit geometrisch bestimmter Schneide, weniger Schleifen: Schleifen ist extrem energieaufwändig
- ⇒ Außenkühlen statt Innenkühlen: Beim Außenkühlen beträgt der Energieanteil der Kühlmittelpumpe 14% bei Innerer Kühlmittelzufuhr 66% des Energiebedarfs,
- ⇒ Absenken des Druckes beim Kühlschmieren, das reduziert auch die Emission von Kühlschmierstoff-Nebeln (siehe nächsten Punkt Risikobewertung)

Für die Energieeffizienz sind oftmals Vergleichswerte vorhanden und es kann ein Benchmarking durchgeführt werden.

Für Fräsen und Bohren von Stahl/Guss und hoch legiertem Stahl in Kleinserien sind die folgenden Vergleichswerte verfügbar⁶ in kWh pro kg zerspantes Material:

Schruppen Schlichten Bohren

⁶ Eigene Untersuchungen

mit Innenkühlung				
	Stahl/Guss	1,2	11	0,6
	Hochlegierter Stahl	1,8	33	1,3
mit Außenkühlung				
	Stahl/Guss	0,5	2,7	--
	Hochlegierter Stahl	0,6	7,8	--

Tabelle 9: Zerspanungsprozesse Vergleichswerte Energieverbrauch

Für die Fertigung der Spritzgießmaschine werden neben den Rohstoffen Stahl und Guss Hilfsstoffe und Betriebsstoffe eingesetzt. Hilfsstoffe sind Schweißzusätze, Nass- und Pulverlacke. Als Betriebsstoffe kommen Reiniger, Schweißtrennmittel, Härter, Kleber, Kühlschmieremulsion, Rostschutzmittel, Bettbahnöl und andere zum Einsatz.

Die Bewertung von Betriebs- und Hilfsstoffen, die oftmals Gefahrstoffe darstellen, erfolgt mit Hilfe der „Risikobewertung Arbeitsstoffe“ (s. u.)

Bei einem Gesamt-Rohstoffverbrauch von 5530 kg werden 50 kg Hilfsstoffe und 18 kg Betriebsstoffe eingesetzt. Den größten Anteil der verbrauchten Betriebsstoffe mit über 40 % hält das Kühlschmiermittel-Konzentrat.

Die Gesamtstoffeffizienz beträgt 1,17; d. h. für 1 kg Produkt wird 1,17 kg Material eingesetzt.

Risikobewertung Arbeitsstoffe

Für die Bewertung der Gefahrstoffe nach human- und ökotoxikologischen Kriterien sowie nach Brand- und Explosionsgefahr wurden 14 Arbeitstoffe berücksichtigt. In die Bewertung fließen die stoffspezifischen Eigenschaften der Produkte und Zubereitungen als auch technische, organisatorische und personelle Voraussetzungen am Arbeitsplatz ein. Die Ergebnisse werden in einer zweidimensionalen Risikomatrix dargestellt. Ökotoxikologisches Risiko sowie Brand- und Explosionsrisiko werden extra dargestellt

Produkt- und Prozessverbesserung

Die Produktanforderungen aus Umwelt-, Stakeholder- und Prozesssicht wurden zusammengefasst, Anforderungen an die Produktgestaltung abgeleitet und folgende Verbesserungsmaßnahmen ausgearbeitet:

Umweltanforderungen

- Reduktion der Energie in der Nutzung
 - Vermeidung von Verlusten:
 - Verwendung energieeffizienterer Motore prüfen
 - Verwendung von Motoren unterschiedlicher Bauart prüfen
 - Rückspeisemodule / Blindstromkompensation
 - Zwischenkreisspeicherung verbessern
 - Energieverbraucher mit Verbesserungspotential ist die Heizung – alternative Maßnahmen auf Effizienz überprüfen
- Optimierung der Funktionsweise des Produkts
 - Vermeidung von Leistungsspitzen
- Materialeinsparung
 - Teilegeometrie

Nachdem der Energieverbrauch den weitaus größten Einfluss auf die Umweltperformance einer Spritzgussmaschine hat, wurden zur Produktoptimierung die Einflüsse auf den Energieverbrauch in der Nutzungsphase analysiert:

Mögliche Verbesserungsmaßnahmen:

- Anderes Funktionsprinzip/Heizprinzip wählen
- Isolierung – Wärmeverluste minimieren
- Optimierung des Zyklus Anfahren – Kühlen
- Nutzung der Abwärme
- etc.

Stakeholderanforderungen

- Software
 - Bedienbarkeit
 - Leicht verständlich
 - Hilfestellungen zum energiesparenden Betrieb
- Plastifizierleistung
- Maximale Schließkraft
- Energieverbrauch (länderabhängig)

Prozessbezogene Anforderungen

- Optimierung der Art und Menge der Hilfs- und Betriebsstoffe in der Produktion (Emulsion)
- Vermeidung von Abfällen in der Produktion (Späne, Verschnitt)
 - Abfälle reduzieren (Bauteilform, Prozesse der Metallbearbeitung)
 - Menge an Emulsion die mit Spänen rausgeht reduzieren – Fräs- und Bohrwerk
 - Wertanalyse der Abfälle, in Herstellkosten einrechnen
- Verringerung der Schweißnahtlängen durch Auswahl der Verbindungstechnik
Optimierung der Prozesse, eventuell Reduktion der Menge an Schweißgas (Hilfsstoffe reduzieren)
- Absauganlagen optimieren

Green Product Concept

Die Verbesserungsmaßnahmen wurden nach Nutzen und Aufwand sowie dem Umsetzungsrisiko (Größe der Kugeln) bewertet. Der Nutzen kann sich beispielsweise auf die Umwelt oder Sicherheit beziehen, der Aufwand spiegelt Kosten oder Zeitaufwand wieder und das Risiko kann unternehmerisches Risiko ein Produkt zu verändern sein oder z. B. die Kundenakzeptanz. In Abbildung 48 und

Abbildung 49 ist die Bewertung ausgewählter Maßnahmen hinsichtlich Aufwand und Nutzen dargestellt.

Datum 08.11.2007	Produkt Spritzgussmaschine	Unternehmen ENGEL	Name Hr. Bauer
B6 Bewertung der Maßnahmen zur Produkt- und Prozessverbesserung			

Bewertung von Nutzen, Aufwand und Risiko				
Nr.	Maßnahme	Aufwand	Nutzen	Risiko
M1	Arbeiten mit Kennzahlen in der Produktentwicklung	mittel	hoch	sehr gering
...			
M4	Datenbasis mit klar definiertem Datenumfang	gering	hoch	gering
M5	Definition der Versuchsdurchführung im Technikum	gering	sehr hoch	sehr gering
M14	Kühlschmieremulsion - Standzeiterhöhung - Verlustminimierung	sehr gering	hoch	gering
M15	Zerspanung – Energiebedarf senken	gering	sehr hoch	mittel
M..	.....	.....	.....	.....

Abbildung 48: Bewertung ausgewählter Maßnahmen für das Green Product Concept

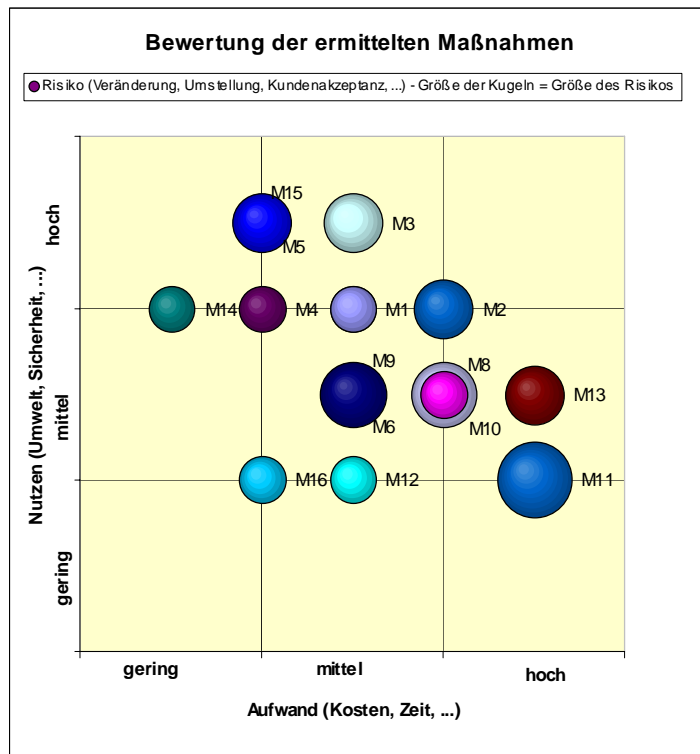


Abbildung 49: Darstellung der Bewertung ausgewählter Maßnahmen

Für die Prozessverbesserung wurden konkrete Strategien zur Weiterverfolgung ausgewählt. Zur Reduktion der Abfälle in der Herstellung am Beispiel Kühlschmieremulsion für Bearbeitungszentren könnte dies durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Menge an Emulsion die mit Spänen rausgeht reduzieren (Austragverluste reduzieren)
- Standzeit der Kühlschmieremulsion erhöhen (Wechselintervalle erhöhen; mobiles Gerät zur Graphitabscheidung mittels Mikroflotation testen)

Weiters wird die Senkung des Energieverbrauch in der Zerspanung durch größere Düsenquerschnitte, durch die Absenkung des Düsendrucks und die Vermeidung von innerer Kühlmittel-Zufuhr als ziel führend angesehen. Substanzen mit erhöhtem Risiko sollen vermieden werden.

Zur weiteren Verfolgung wurden folgende Maßnahmen zur Produktverbesserung ausgewählt:

- Nutzung von Energieverlusten
- Schaffung von Zusatznutzen für den Kunden z. B. in Form von Dienstleistungen
- Energetischer Vergleich von ENGEL Produkten bzw. ENGEL Produktlinien durch geeignete Adaptierung der EUROMAP60
- Erstellung eines Übersichtsblattes bezüglich Umweltverträglichkeit angebotener Öle, Fette, ... für KundInnen (vgl. Toxizitätsanalyse der Prozesse)
- Eco-Package für KundInnen erstellen

Benefit für die Firma ENGEL

Mit den Ergebnissen der Umweltanalyse wurde ein zentrales Inputdeck zur Life-cycle-energy-evaluation für zukünftige ENGEL Projekte erstellt. Höchstes Augenmerk liegt dabei auf Verbesserungen für den Verbrauch in der Kundennutzungsphase. Ziel ist, dass die KundInnen durch geeignete Tools genauer über den tatsächlichen Energieverbrauch informiert werden können.

Als zentrales Ergebnis der Projektteilnahme wurde das Arbeiten mit Kennzahlen bei der Produktentwicklung erachtet. Tools zur Vorhersage des Energieverbrauches sollen Klarheit über den zu erwartenden Energieverbrauch für potentielle KundInnen schaffen. Somit soll eine klare Abgrenzung zum Mitbewerb und Wettbewerbsvorteil geschaffen werden.

Weiters kann eine Trendanalyse für ENGEL Spritzgussmaschinen auf Basis der gewonnenen Ergebnisse gemacht werden. Dabei steht eine Wirkungsgradanalyse der Maschine im Fokus der Betrachtung, die sich in eine Gesamtanalyse der Wirkenergie, Blindenergie und Scheinenergie und Detailanalysen des Energieverbrauches der einzelnen Achsen aufgliedern. Möglichkeiten der Effizienzsteigerung der ENGEL Spritzgießmaschinen durch technische Verbesserungen wurde im Projekt nachweislich erbracht.

Als nächsten Schritt wird die Möglichkeit der Akzeptanz von Energiedienstleistungen für KundInnen geprüft und entwickelt. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Projektteilnahme werden in der Argumentation gegenüber den Kunden eingesetzt werden.

Als wesentlicher Einflussfaktor auf das Nutzerverhalten bei Anwendung der Maschine wurde eine Anzeige des Energieverbrauches direkt an der Steuerung erachtet. Konkrete Hinweise zum energiesparenden Betrieb könnten gleichzeitig gegeben werden.

3.5 Ergebnisse PHILIPS am Beispiel Diktiergerät

Produktbeschreibung

Das digitale Diktiergerät LFH 9350 wird zur professionellen Anwendung, vorwiegend von Ärzten (Spitalern), Rechtsanwälten und Gerichten verwendet. Die Nutzungsintensität kann dabei sehr unterschiedlich sein. Die technische Lebensdauer beträgt ca. 3 000 bis 5 000 Stunden (entspricht ca. 3- 5 Jahren Betrieb).

Die Sprache wird in digitalisierter Form in einem speziellen Fileformat (.dss) auf einer MMC/SD Speicherkarte aufgezeichnet in dem, bei Bedarf, zusätzliche Informationen gespeichert werden (z.B. Patienten ID, Abteilung, Autor,...).

Die fertigen Diktate (=Sprachfiles) werden über USB auf den PC übertragen von wo aus sie entweder direkt mittels einer speziellen Wiedergabesoftware ausgeschrieben werden oder vorher mit Hilfe der Zusatzinformationen in einem Workflow über Netzwerk und/oder E-Mail verschickt werden.

Optional können die Diktate auch über eine Spracherkennungssoftware in Text umgewandelt werden, sodass das Textdokument anschließend nur mehr editiert und gegebenenfalls formatiert werden muss. Das Gerät kann wahlweise über 2 Stk. AAA Alkaline Batterien sowie über NiMH-Akkus betrieben werden. Zur effizienteren Nutzung der Akkus ist im Gerät eine Schnelladeschaltung (ähnlich bei Mobiltelefonen) integriert.


	Gewicht	79,56 [g]
	Volumen	172 x 172 x 36 [mm]
	Lebensdauer	4 Jahre
	Produktfunktion	Effizientes und einfaches speichern und versenden gesprochener Informationen
	Geschäftsmodell	Weltweiter Vertrieb; Reparaturservice angeboten; Professionelle Nutzung
	Absatz	40 000 pro Jahr

Abbildung 50: Kurzbeschreibung Diktiergerät LFH 9350 (Quelle: PHILIPS)

Als Input für die Umweltanalyse wurde das Diktiergerät entlang des Lebenszyklus mit Umweltparametern beschrieben. Die Systemgrenze wurde mit dem Firmenstandort in Wien gewählt.

A-Rohstoffgewinnung:

Im Wesentlichen besteht das Diktiergerät aus folgenden Materialien:

Kunststoff		Metal	
ABS	Gehäuse, Tasten	Aluminium	Zierteile
PMMA	Schauglas, Lichtleiter	Stahl	Schraube, Feder, Achse...
PA 6.6	kleine Teile wie Schalter, Hebel, Träger, Führungen	Bronze	Feder
POM		Messing	Buchse
PVC	Kabel	Kupfer	Kabel

Tabelle 10: Hauptmaterialien Diktiergerät

Ein elementarer Bestandteil des Geräts ist die Leiterplatte mit Elektro-Bauteilen und die Ladestation für den Akku. Zudem wird für die Verpackung Hartpapier und Karton benötigt. Alle Komponenten werden auf dem Weltmarkt beschafft und die Montage erfolgt am Firmenstandort in Wien.

B-Herstellung:

Am Firmenstandort erfolgt ausschließlich die Assemblierung und Prüfung der zugekauften Komponenten. Als wesentlich konnten die Verpackung der Zukaufteile und die anfallende Energie identifiziert werden.

C- Distribution:

Das montierte und verpackte Produkt wird in die ganze Welt per Flugzeug, Zug und LKW transportiert. Für die Ermittlung der Umweltauswirkungen der Transportwege wurde ein Vertriebszenario innerhalb Europa und eines in die USA angenommen und analysiert.

D-Nutzung:

Die Nutzungsintensität beträgt 4 Stunden pro Tag - 250 Tage pro Jahr. Bei einer Lebensdauer von 4 Jahren ergibt das eine Gesamtnutzungszeit von 4000 h. Dabei werden zwei Nutzungsszenarien punkto Energieversorgung unterschieden: Batteriebetrieb mit AAA Alkaline Batterien und NiMH-Akkus.

E- Nach Gebrauch:

Für die Phase des Nach Gebrauchs wurde ein gängiges Verwertungsszenario für Elektroaltgeräte angenommen.

Produktanalyse

Für die Umweltanalyse mittels Kumulierten Energieaufwandes (KEA) wurden zwei verschiedene Nutzungsszenarien definiert. Die Grundannahmen sind in Tabelle 12 dargestellt.

Beim Szenario A Batteriebetrieb werden bei der angenommenen Nutzung 800 Batterien in der Nutzungsphase benötigt. Bei der Benutzung ausschließlich mit Akkus (= Szenario B) werden im Vergleich nur zwei Sätze an Akkus benötigt, ein Satz wird mit dem Gerät mitgeliefert und ein weiterer wird in der Nutzung nach 2 Jahren ausgetauscht. Für das Szenario B müssen zusätzlich eine Ladestation, ein Netzgerät mit vier länderspezifischen Kabel (die Ladestation wird mit einem Set an Netzkabel ausgeliefert), und ein Dongle mit berücksichtigt werden.

Szenario A Batteriebetrieb		Szenario B Akkubetrieb	
Annahmen für Distribution/Vertrieb: Europa: LKW 2500 km USA: Flugzeug 8000 km, LKW 2500 km		Annahmen für Distribution/Vertrieb: Europa: LKW 2500 km USA: Flugzeug 8000 km, LKW 2500 km	
800 Batterien in der Nutzung		2 Akkus in der Nutzung	
Bauteile	Gewicht in g	Bauteile	Gewicht in g
Gerät	79,56 g	Gerät	79,56 g
Kabel	44,9	Kabel	44,9
Verpackung	115,18	Verpackung	198,4
Tasche	18,7	Tasche	18,7
Bedienungsanleitung	95,4	Bedienungsanleitung	127,80
CD	19,6	CD	19,6
Batterie	21,36	Akku	21,36
		Netzgerät, versch. Kabel	490,2
		Ladestation	61
		Dongle	28,68
Gesamtgewicht	394,7	Gesamtgewicht	1.090,2 g

Tabelle 11: Grundannahmen der beiden Nutzungsszenarien

Die Ergebnisse der Umweltanalyse des Szenario A sind in Abbildung 51 dargestellt. Der hohe Energiewert des Szenarios A in der Nutzungsphase lässt sich mit dem hohen Verbrauch an energieintensiven Batterien erklären. Ein Satz Batterien wird mit dem Gerät mitgeliefert und daher den Rohstoffen zugeordnet, die restlichen 798 Batterien fallen in der Nutzungsphase an. Die Erzeugung der Rohstoffe und die Herstellungsprozesse von AAA Alkaline Batterien sind sehr energieaufwendig, daher der hohe Gesamtwert von 2.132 MJ in der Nutzungsphase. Im Batteriebetrieb ist das Diktiergerät somit eindeutig nutzungsintensiv, 90% der Umweltbelastungen des Szenarios Batteriebetrieb fallen in die Nutzungsphase.

Der integrale Wirkungsgrad der Batterien ist sehr schlecht, die Differenz der Energie zur Bereitstellung des Energiespenders und der Energie, die tatsächlich von den Batterien abgegeben wird ist sehr groß und bedeutet einen extrem hohen Energieverlust.

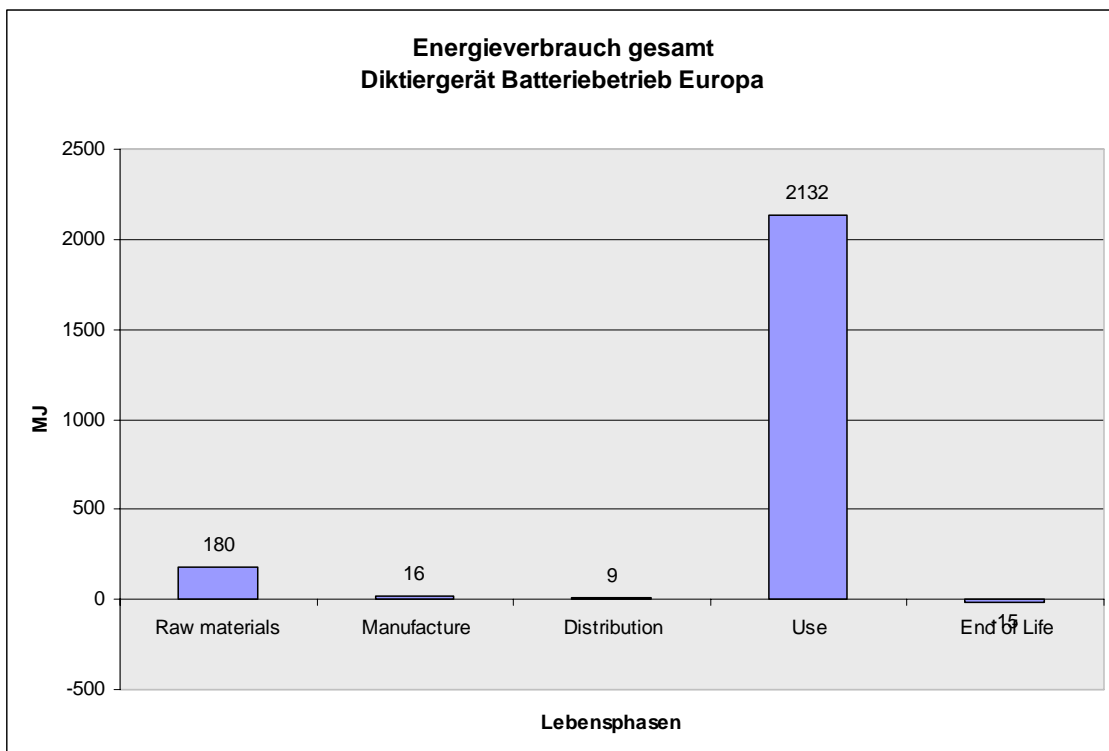


Abbildung 51: Ergebnisse der Umweltanalyse Szenario A Batteriebetrieb, Vertrieb Europa

Beim Szenario Batteriebetrieb macht das Gerät an sich den größten Teil des Energieaufwandes der Rohstoffe aus, wobei hier die Leiterplatte der bestimmende Faktor ist. Das Zubehör besteht aus der Ledertasche, der CD und dem Papier für die Bedienungsanleitung. Die restlichen Komponenten Tasten, Schauglas, Kunststoffteile und Metallteile machen insgesamt weniger als 1 % (0,82 %) des Energieverbrauchs der Rohstoffe aus.

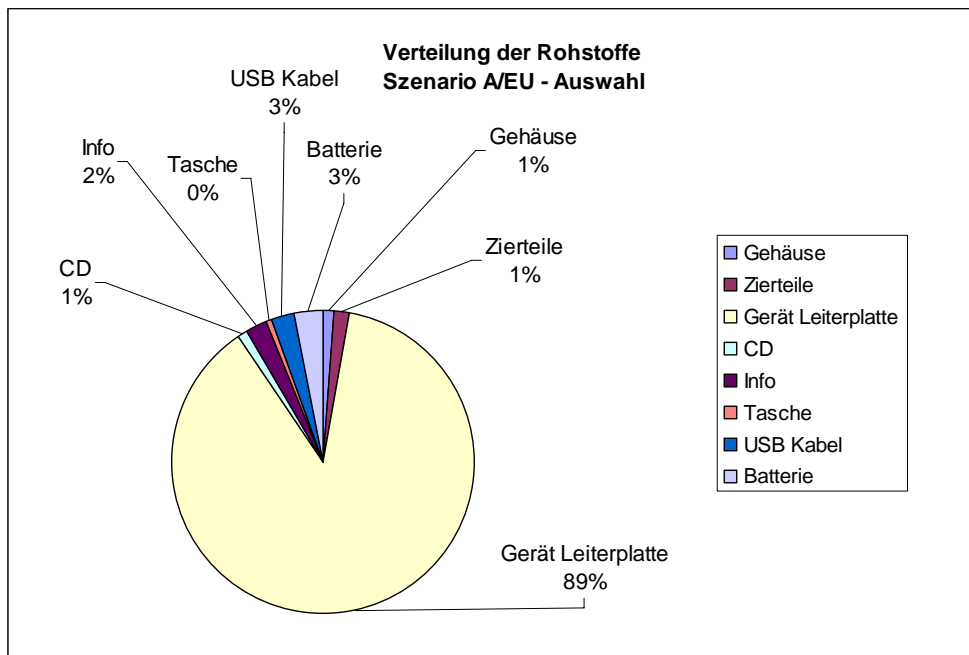


Abbildung 52: Anteil der elektronischen Komponenten am Gesamtverbrauch der Rohstoffe Sz. A

Der Energieverbrauch in der Nutzung wiederum fällt beim Szenario B fast um den Faktor 6 geringer aus im Vergleich zu Szenario Batterie, was in der Einsparung der Batterien begründet liegt (Abbildung 53).

Beim Akkubetrieb sind 400 Akkuladungen kalkuliert. Der Vergleich von Ladestrom zu Standby-Strom ergibt eine Verteilung von tatsächlich genutzter Energie zu Standby-Strom von 20 zu 80 %. D. h. 306 MJ von insgesamt 369 MJ werden ungenutzt durch das angesteckte Ladegerät verbraucht.

Vergleich tatsächlich genutzte Energie zu Standby

- Ladeenergie 5,28 kWh = 63 MJ ~ 20 %
- Standby-Strom 25,46 kWh = 306 MJ ~ 80 %

Durch die zusätzlich benötigten Teile zum Aufladen der Akkus kommt es zu einer Verschiebung der Umweltbelastungen. Materialintensive Bauteile wie z. B. das Netzgerät oder die Ladestation erhöhen den Energieaufwand in der Rohstoffphase. Dies liegt vor allem in den enthaltenen Leiterplatten begründet. Das akkubetriebene Diktiergerät lässt sich somit als Mischtyp: rohstoff- und nutzungsintensiv charakterisieren. Die Gesamtumweltbelastung, ausgedrückt im Energieverbrauch beträgt beim Szenario A 2352 MJ, im Szenario B 897 MJ. Dieses Beispiel zeigt sehr deutlich, dass Verbesserungsmaßnahmen zu Verschiebungen der Umweltauswirkungen führen können und daher immer der gesamte Lebenszyklus betrachtet werden muss.

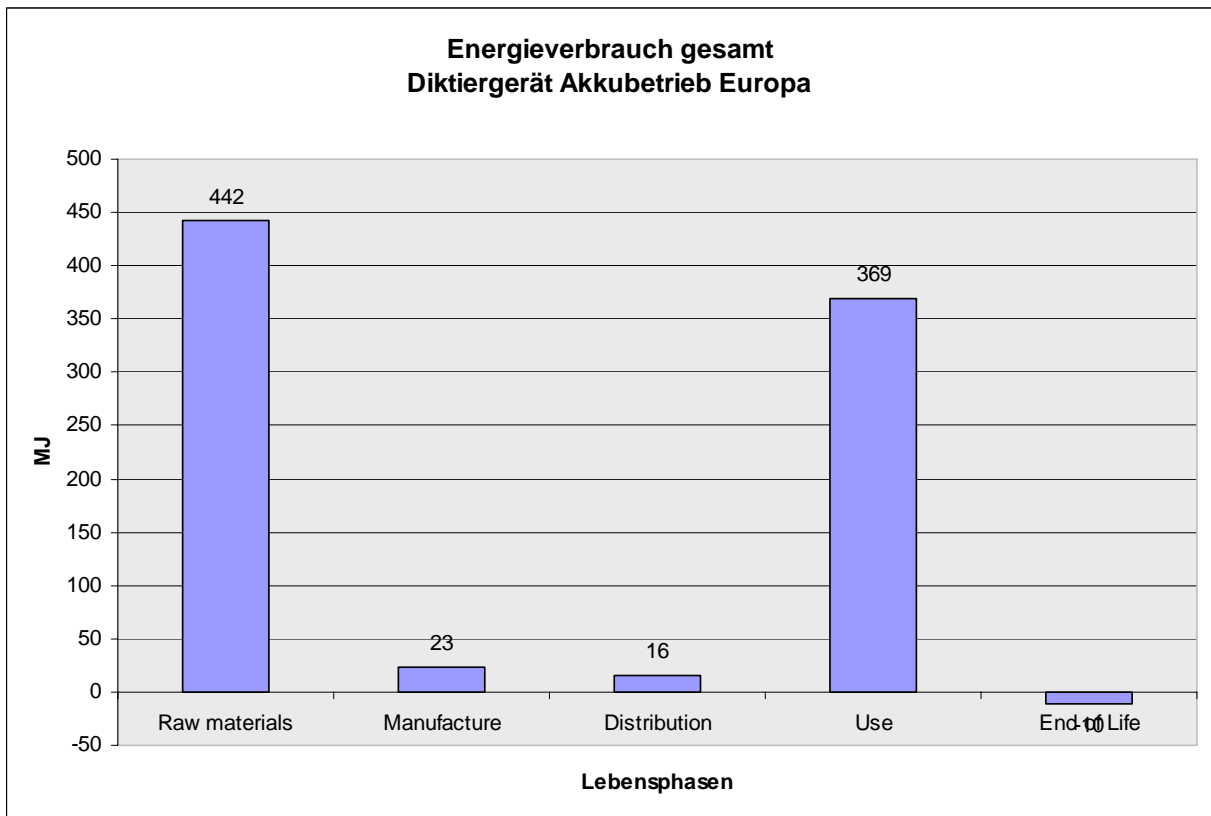


Abbildung 53: Ergebnis der Umweltanalyse Szenario B Akkubetrieb, Vertrieb Europa

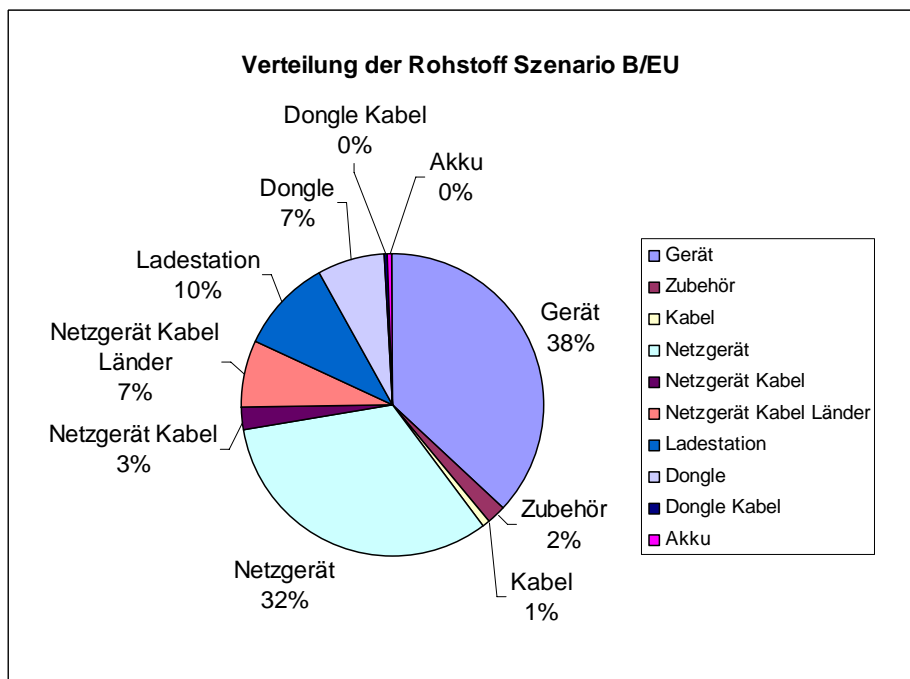


Abbildung 54: Energieverbrauch der Rohstoffe der einzelnen Komponenten, Sz. Akku

Ein Vergleich der beiden Nutzungsszenarien zeigt deutlich den Einfluss der Energiebereitstellung in der Nutzung auf die Gesamtenergiebilanz. Man sieht deutlich, dass das Nutzungsszenario ausschlaggebend für die Verschiebungen ist. Der höhere Energieverbrauch in der Rohstoffphase (Faktor 2,5 höher als beim Batteriebetrieb) beim Modell Akku lässt sich auf die zusätzlichen Komponenten zur Energieversorgung (Ladegerät, Netzteil mit länderspezifischen Kabeln plus Stecker, Dongle) zurückführen. Das Gewicht der

Komponenten des Szenarios Akku beträgt beinahe das dreifache des Gewichts (1090,2 g) für die Komponenten des Szenarios Batterie (394,7g).

Die Hauptverursacher des Energieverbrauches der Komponenten lassen sich wie folgt angeben:

- Gerät 38 %
- Netzgerät 32 %
- Kabel Netzgerät 10 %
- Ladestation 10 %.

Aus den Ergebnissen der Umweltanalyse lassen sich folgende Verbesserungsstrategien mit dem ECODESIGN Assistent ableiten:

- Reduktion des Energieverbrauches in der Nutzungsphase und
- Materialeinsparung

Stakeholderanalyse

Die Analyse der rechtlichen Anforderungen mittels Stakeholder Relationship Modell ergab folgende Anforderungen der EAG-VO für das Produktdesign:

- Einhaltung der Stoffverbote aus (Schwermetalle Cd, Pb, Hg und Cr VI, bromierte Flammhemmer: Polybromiertes Biphenyl, Polybromierter Diphenylether)
- Vermeidung von Konstruktionsmerkmalen, welche die Wiederverwendung verhindern
- Bereitstellung von Informationen für Betreiber von Behandlungsanlagen (am Gerät, Zusatz)
- Wiederverwendung, Rezyklierung 65 Gew.-%, Verwertung 75 Gew.-% des Gerätes
- Schadstoffentfrachtung (Akkus, Leiterplatte, ...)

Die Übersicht über die Stakeholderbeziehungen und Details sind dem Anhang zu entnehmen (Anhang B3 Stakeholderanalyse):

Die im Vorfeld ermittelten unterschiedlichen Kundenanforderungen wurden mit Hilfe der Beziehungsmatrix aus dem Quality Function Deployment bewertet. Kundenanforderungen können aus Unternehmenssicht z. B. *Integration in ein Gesamtlösung* oder *Effizienzsteigerung im Betrieb* und aus NutzerInnensicht *leichte Handhabbarkeit* und *Funktionalität* sein. Als Ergebnis liegen die wichtigsten technischen Designparameter zur Umsetzung der Stakeholderanforderungen und zur Produktoptimierung vor:

4. Software (Firmware) 7,3 %
5. Kompatibilität mit anderen Systemen 7 %
6. Energieverbrauch in der Nutzung 6,9 %
7. Art der Materialien 6,9 %
8. Lebensdauer des Gerätes 5,7 %
9. Dimensionen l, b, h 5,7 %
10. Formgebung, Design 5,6 %

Prozessanalyse

Die Produktionsprozesse am Firmenstandort in Wien bestehen im Wesentlichen aus der manuellen Montage (Kleben, Handlöten, Verschrauben), Prüfung und Verpackung des Diktiergerätes. Die Analyse der Lebensphasen zeigt klar den geringen Anteil des Produktionsprozesses im Haus an der gesamten Umweltauswirkung.

Die anfallenden Abfallmengen sind vergleichsweise gering, die Verpackungsabfälle der Zukaufteile stellen die Hauptfraktionen dar. Den größten Anteil machen dabei Kartonagen, gefolgt von PET-Folie und Elektroabfall (hauptsächlich Kabelverschnitt) aus. Chemikalien wie z. B. Isopropanol zur Reinigung des Schauglases werden in sehr geringer Menge eingesetzt, das Lötzinn ist bleifrei. Verbesserungspotential besitzt die Verpackungsmaterialien der Zukaufteile, die teilweise aus PVC bestehen. Die notwendigen Energiemengen sind im wesentlichen Lichtstrom, Druckluft, Transport (Stapler), LötKolben, Messgeräte. Daher stand im Projekt die Prozessverbesserung nicht im Fokus.

Produkt- und Prozessverbesserung

Die Ergebnisse aus den vorangegangenen Arbeitsschritten bilden die Grundlage für den zentralen Workshop zur Produktverbesserung. Die Produkthanforderungen aus Umwelt-, Stakeholder- und Prozesssicht wurden zusammengefasst und Anforderungen an die Produktgestaltung abgeleitet. Mit Hilfe der Checklisten des ECODESIGN PILOT wurden Verbesserungsmaßnahmen generiert, die im letzten Schritt hinsichtlich Aufwand und Risiko zur Umsetzung bewertet und ausgewählt wurden.

Umweltanforderungen

- Materialeinsparung
 - Funktionsintegration
 - Teilereduktion
 - ...
- Reduktion der Energie in der Nutzung
 - Energieeffiziente Bauteile
 - Stand-by reduzieren
 - Alternative Beleuchtung Display
 - Energiemanagement
 - ...
- Materialwahl
 - Reduktion Materialvielfalt
 - Alternative Materialien
 - ...

Stakeholderanforderungen

- Software, Kompatibilität mit anderen Systemen
 - Funktionalität
 - Schnittstellen
 - ...
- Stoffverbote aus RoHS Richtlinie
 - Bleifreie Lote und Bauteile
 - ...
- Verwertungsquote, Wiederverwendung- u. Recyclingquote aus WEEE
 - Verbindungstechnik
 - Materialvielfalt
 - ...
- Schadstoffentfrachtung
 - Akkus, Leiterplatte, ...

Prozessbezogene Anforderungen

- Materialwahl
 - Verpackung aus PVC vermeiden

Green Product Concept

Die Verbesserungsmaßnahmen werden nach Nutzen und Aufwand sowie dem Umsetzungsrisiko (Größe der Kugeln) bewertet. Der Nutzen kann sich beispielsweise auf die Umwelt oder Sicherheit beziehen, der Aufwand spiegelt Kosten oder Zeitaufwand wieder und das Risiko kann unternehmerisches Risiko ein Produkt zu verändern sein oder z. B. die Kundenakzeptanz. In Abbildung 55 und Abbildung 56 sind die Bewertung ausgewählter Maßnahmen hinsichtlich Aufwand, Nutzen und Risiko dargestellt.

Datum	Produkt	Unternehmen	Name	
08.11.2007	Diktiergerät	PHILIPS	Hr. Phodradsky	
B6 Bewertung der Maßnahmen zur Produkt und Prozessverbesserung				
Bewertung von Nutzen, Aufwand und Risiko				
Nr.	Maßnahme	Aufwand	Nutzen	Risiko
M1	Stromaufnahme reduzieren	hoch	sehr hoch	hoch
M2	Strombedarf Displaybeleuchtung reduzieren	mittel	gering	hoch
M3	Verwendung von Akkus fördern	gering	hoch	gering
M4	Schnellladung über USB	gering	mittel	mittel
M5	Primärkabel bei Netzteil vermeiden	mittel	mittel	gering
M6	Standbystrom des Netzteils reduzieren	hoch	hoch	sehr gering
M7	.....	.....	.....	.....

Abbildung 55: Bewertung von Nutzen, Aufwand und Risiko der Verbesserungsmaßnahmen

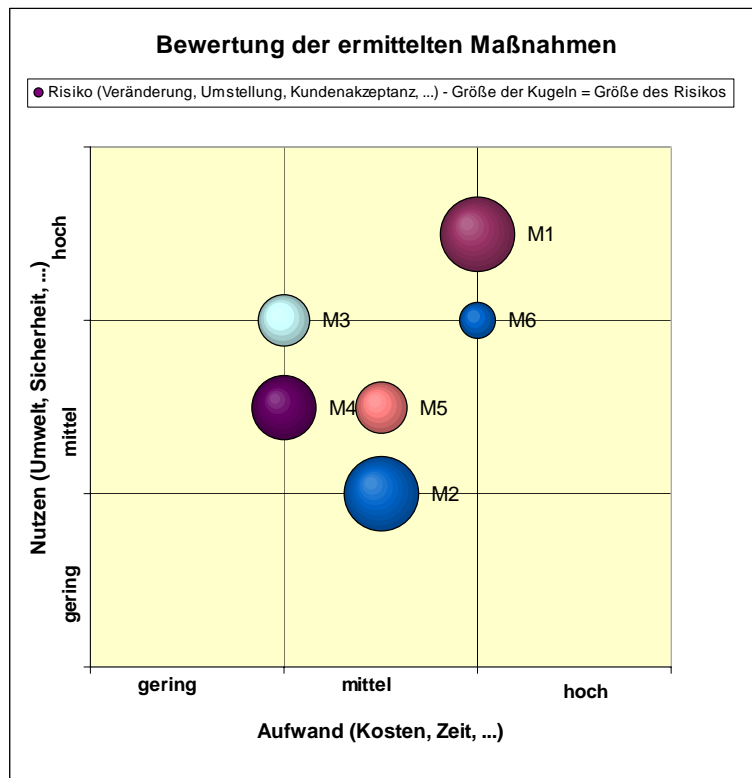


Abbildung 56: Darstellung Bewertung Verbesserungsmaßnahmen des Diktiergeräts

Nach der Bewertung der Verbesserungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit wurde eine Auswahl zur konkreten Umsetzung getroffen und eine Begründung für die Auswahl angeführt (Abbildung 57).

Datum	Produkt	Unternehmen	Name	
08.11.2007	Diktiergerät	PHILIPS	Hr. Phodradsky	
B6 Auswahl der Maßnahmen für das Green Product Concept				
Begründung für die Auswahl der Maßnahmen				
verbale Beschreibung der Maßnahme deren Aufwand, Nutzen und Risiko				
Nr.	Maßnahme	Aufwand	Nutzen	Risiko
M1	Stromaufnahme reduzieren	hoch, da Optimierungen in Assembler notw.	Reduktion der benötigten Batterien	Verbesserungspotential schwer abschätzbar
M2	Strombedarf Displaybeleuchtung reduzieren	mittel, mech. und elektr. Impl. relativ einfach	Reduktion der benötigten Batterien	Gleichmäßigkeit der Displaybeleuchtung ?
M3	Verwendung von Akkus fördern	gering	Reduktion der benötigten Batterien	Kunden verwenden trotzdem Batterien
M4	Schnellladung über USB	relativ einfach umzusetzen	Standby Strom eliminieren	Nicht alle USB-Ports liefern 500 mA
M5	Primärkabel bei Netzteil vermeiden	mittel, geeigneter PS muss gefunden werden	Weniger Abfall (PVC)	Netzsteckergeometrie in manchen Ländern
M6	Standbystrom des Netzteils reduzieren	mittel, geeigneter PS muss gefunden werden	Weniger Standbyenergie	??
M7	.....	.....	.....	.....

Abbildung 57: Auswahl der Maßnahmen für das Green Product Concept inkl. Begründung

Aufgrund des zeitgleich durchgeführten Redesigns des Diktiergerätes konnten ausgewählte Verbesserungsmaßnahmen für das Green Product Concept bereits in der aktuellen, im März 2007 auf den Markt gebrachten Version umgesetzt werden (Abbildung 58).



Abbildung 58: Überarbeitete Version des Diktiergeräts (Quelle: PHILIPS)

Als Strategie mit dem größten Verbesserungspotential wurde einhellig die Nulloption, d.h. kein Batteriebetrieb erachtet. Zur Reduktion des Stromverbrauchs des Gerätes und zur Materialeinsparung wurden folgende Maßnahmen gesetzt:

- Durch die Verwendung von energieeffizienten Bauteilen konnte eine Einsparung des Stromverbrauchs von mehr als 35% erzielt werden.
- Durch die Umstellung auf LED konnte eine Einsparung um 25 % des Stromverbrauchs für die Displaybeleuchtung erzielt werden. Ein positiver Nebeneffekt besteht in der Kostenreduktion durch den Wegfall von Abschirmungen.
- Die Auslieferung des Nachfolgemodells erfolgt standardmäßig mit Akkus inklusive Ladegerät.
- Eine Möglichkeit zur Schnellladung über PC mittels USB Kabel ist vorgesehen, dadurch reduziert sich der Stand-by Verbrauch.
- Die Auslieferung mit Adapternetzteil spart die verschiedenen Primärkabel für die einzelnen Länder (GB, AUS, USA, EU) ein. Nun wird ein Netzkabel mit jeweils einem regionalen Stecker ausgeliefert.
- Das neue Netzteil reduziert Stand-by Strom um rd. 17 %
- Reduktion der Teilevielfalt von 60 auf 40 Teile

Die Umstellung auf PVC freie Anlieferverpackungen ist nahezu abgeschlossen. Durch den Ersatz der Klebestellen durch Steckverbindungen und Reduktion der Teilevielfalt konnten Montage- und Prüfungskosten deutlich gesenkt werden. Demontage ist mittels herkömmlicher Schraubenzieher möglich.

3.6 Verbesserung und Verbreitung der Methode ECODESIGN Toolbox

Methodenverbesserung

Die Methodenverbesserung erfolgte laufend unter Einbeziehung des Feedbacks der Wissenschafts- wie Firmenpartner. Nach Abhaltung der Workshops wurden die Arbeitsblätter zu den jeweiligen methodischen Schritten überarbeitet.

Das ursprünglich lineare Ablaufschema wurde umstrukturiert, da die Produktbeschreibung die Basis für alle drei nachfolgenden Analyseschritte darstellt und die Analyseschritte parallel, nicht chronologisch durchführbar bzw. durchzuführen sind. Der zentrale Schritt zur Produkt- und Prozessverbesserung folgt den Analyseschritten und liefert den Input für die Formulierung des Green Product Concepts.

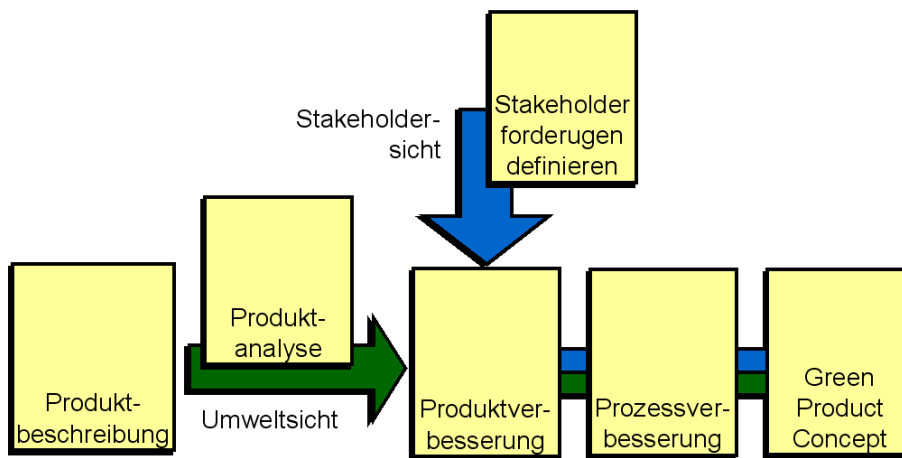


Abbildung 59: Ursprüngliches Ablaufschema der Methodik

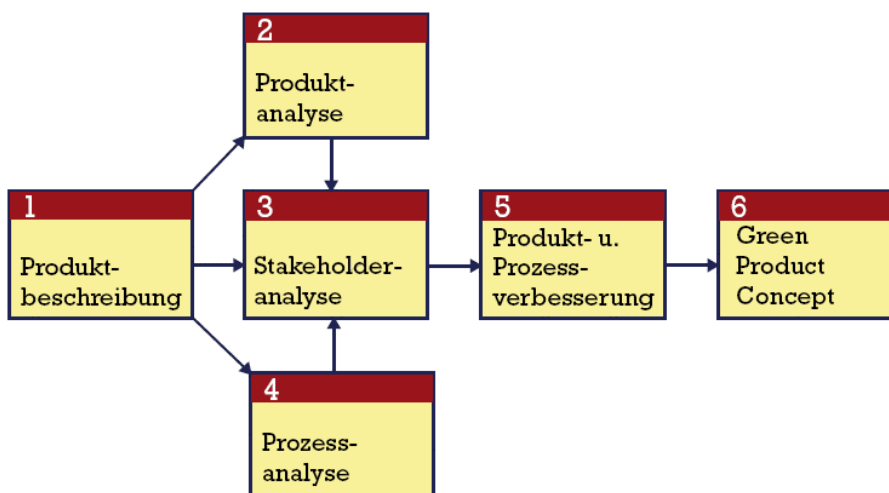


Abbildung 60: Neues, angepasstes Ablaufschema der Methodik

Methodendokumentation

- Webdarstellung www.ecodesign.at/toolbox
- Dokumentation in Form von Excel-sheets inklusive Hilfetexte zur Anwendung
- Projektendbericht

Zur Identifikation und Verbreitung der Methodik wurde ein Logo entwickelt und im Laufe des Projektes einem Re-design unterzogen (Abbildung 61).



Abbildung 61: Erstentwurf und Endlayout des Logos

Methodenverbreitung

- Informationsbroschüre in Deutsch und Englisch zur Verteilung an Unternehmen und Presstext (siehe Anhang)
- Abhaltung von Firmenworkshops zur Verbreitung der Methodik und Präsentation ausgewählter Projektergebnisse:
 - im Rahmen der Eco-X Conference, Wien, 11. Mai 2007
 - bei ABATEC Electronic AG, Regau, OÖ, 19. Juni 2007
- Webdarstellung auf www.ecodesign.at/toolbox

Umweltgerechte Produktkonzepte English

Methodik

Die Methodik wurde in einem Forschungsprojekt gemeinsam mit Profactor Produktionsforschungs GmbH im Rahmen der Programmlinie "Fabrik der Zukunft" - einer Kooperation des BM:VIT mit der FFG - entwickelt. Sie ist:
Eine Vorgangsweise in sechs Schritten zur Entwicklung innovativer Produktkonzepte
Speziell für KMUs geeignet
Auf unterschiedliche Branchen anwendbar

Zukünftige Anforderungen

Die Anforderungen der Umwelt sowie die der Stakeholder, wie z. B. Kunden und gesetzliche Vorgaben fließen in die Produktverbesserung mit ein und führen zu nachhaltigen Produkten am Markt. Die zusätzlich holistische Analyse der Prozesse zur Herstellung des Produktes ermöglicht die Optimierung des gesamten Produkt/Prozesssystems.

```
graph LR; 1[1 Produktbeschreibung] --> 2[2 Produktanalyse]; 1 --> 3[3 Stakeholderanalyse]; 1 --> 4[4 Prozessanalyse]; 2 --> 3; 3 --> 5[5 Produkt- u. Prozessverbesserung]; 4 --> 5; 5 --> 6[6 Green Product Concept];
```

Abbildung 62: Webanwendung der ECODESIGN Toolbox

Die Ergebnisse aus dem Projekt werden unter dem Weblink „www.ecodesign.at/toolbox“ übersichtlich dargestellt (Abbildung 62). Darüber hinaus wurde die ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts in einer Kurzbroschüre für Betriebe und Fachverbände u.a. Interessensvertretungen in Deutsch und Englisch vorgestellt.

Im Rahmen von zwei Workshops wurden die entwickelte Methodik und ausgewählte Ergebnisse der Partnerunternehmen vorgestellt. Die unter Anwendung der Methodik entwickelten öko-intelligenten Produktkonzepte wurden in zwei kostenfrei zugänglichen Workshops einer breiteren Öffentlichkeit präsentiert. Der erste Termin fand im Rahmen der Eco-X Konferenz for Sustainable Recycling Management and Recycling Network Centrepe (www.eco-x.at) am 11. Mai 2007 im Tech Gate Vienna statt. Die Vorträge wurden in Englisch abgehalten um dem internationalen Publikum gerecht zu werden.

Die Vorstellung der ECODESIGN Toolbox und der erzielten Ergebnisse mit den Partnerfirmen stieß auf reges Interesse von Seiten der Teilnehmer. Während am Workshop im Rahmen der Eco-X Conference hauptsächlich Teilnehmer aus der Wissenschaft vertreten waren, informierten sich im Hause ABATEC viele Firmenvertreter aus dem produzierendem Gewerbe über die Vorteile der ECODESIGN Toolbox. Unter den Teilnehmern waren u. a. Vertreter von den Firmen Trodat, Fischer, Kiska und Liebherr, welche mit großem Interesse die Projektvorstellungen der beteiligten Firmen ABATEC, ENGEL und PHILIPS verfolgten. Die Auswertung der Feedbackbögen ergab ein großes Interesse an der Thematik und ist im Anhang dargestellt.

Im der ersten Jahreshälfte 2008 werden die Methodik und die damit erzielbaren Ergebnisse im Rahmen einer neuen Ecodesign Workshopreihe präsentiert und den teilnehmenden Unternehmen gezeigt, wie nachhaltige Produktgestaltung erfolgreich in die unternehmerische Praxis umgesetzt werden kann. Die Workshopreihe wird vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft gefördert und wird überregional in sechs Bundesländern (Tirol, Salzburg, Oberösterreich, Niederösterreich, Steiermark, Tirol und Wien) in ausgewählten österreichischen Unternehmen abgehalten. Die Abhaltung an sechs verschiedenen Orten des Bundesgebiets soll die Teilnahme vieler verschiedener Unternehmen ermöglichen.

Die entwickelte Methodik der ECODESIGN Toolbox wird den teilnehmenden Unternehmen zur Umsetzung und Entwicklung von öko-intelligenten Produkten angeboten werden und soll so in unterschiedlichen Branchen Anwendung finden.

Des Weiteren wird die Methodik in die zukünftige Projektzusammenarbeit mit Unternehmen eingesetzt und bei der geplanten Erweiterung des eLearning Universitätslehrganges integriert werden. Die Verbreitungstätigkeiten auf unterschiedlichen Ebenen sollen so einen möglichst vielschichtigen Kreis an interessierten Unternehmen im Bereich Produktentwicklung, Produkt- und Innovationsmanagement und Marketing erreichen.

Papers bei internationalen Konferenzen und Journals:

- Pamminger R., Wimmer W., Huber M., Bauer M. (2007): ECODESIGN Toolbox for the Development of Green Product Concepts – Case study injection moulding machine, ECODESIGN 2007, Tokyo, 5th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, to be published
- Wimmer W., Ostad, H., Pamminger R., Huber M. (2007), Product Innovation Through Ecodesign, International Journal for Sustainable Production, to be published
- Pamminger R., Huber M. and Wimmer W. (2007): ECODESIGN Toolbox for the Development of Green Product Concepts – Case study digital voice recorder, INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, ICED'07, 28 - 31 August 2007, Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris, France
- Huber M., Pamminger R. and Wimmer W. (2007): ECODESIGN Toolbox for the Development of Green Product Concepts – Applied examples from industry, Eco-X Conference on Sustainable Recycling Management and Recycling Network Centrepe, 9.-11. Mai 2007
- Huber M. Pamminger R. and Wimmer W. (2007): Ecodesign in a life cycle perspective - Waste prevention of products – a question of design and consumer patterns, Konferenzbeitrag und Posterpräsentation in: Lechner P. (Hrsg.) Waste matters – integrating views, 2nd Boku Waste Conference, facultas.wuv, 16. -19. April 2007
- Ostad, H. (2007): Innovative Products through Ecodesign – A Six Step Approach for Green Products, Posterpräsentation im Rahmen des Student Summit for Sustainability (SSS) in Tokyo, Japan, 5.- 9.März 07
- Pamminger, R., Wimmer, W., Huber, M., Ostad, H. (2006): The ECODESIGN Toolbox for the Development of Green Product Concepts – First steps for product improvement, CARE 2006, Vienna
- Pamminger R., Wimmer W., Ostad H., ECODESIGN – leicht gemacht, Seite 40-44, Zeitschrift Elektronik, WEKA Verlag, ISSN 1863-4842 (2006)
- Pamminger R., Huber M. and Wimmer W. (2006): The Use of the Electric and Electronic Equipment – PILOT in the ECODESIGN Toolbox for the Development of Green Product Concepts, Fourth Science & Technology Conference on ECOLOGY IN ELECTRONICS, WARSAW, POLAND, 5 - 6 JUNE 2006

Angaben in Bezug auf die Ziele der Programmlinie

- Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie

Das vorliegende Projekt lässt sich in den Themenkatalog „Produkte und Produktdienstleistungs-Systeme“ im Bereich Werkzeuge zur Produktentwicklung einordnen und verbindet die zwei Bereiche Produkt- und Prozessentwicklung. Es ist als Glied einer Entwicklungskette von Projekten zu sehen, die in weiterer Folge eine breite Verankerung des nachhaltigen Wirtschaftens in der Produktentwicklung und industriellen Produktion vorantreibt (Vergleiche Einleitung Einpassung in die Programmlinie).

Die Ergebnisse des vorliegenden Projektes tragen wesentlich dazu bei, die Praktikabilität der Methoden zur Produktenwicklung und Prozessoptimierung zu demonstrieren und deren verbreitete Anwendung zu fördern. Mit den ausgearbeiteten Green Product Concepts wurde vorgezeigt, welche Vorteile durch innovative Ansätze in der Produkt- und Prozessentwicklung und neue Technologien für einen effizienten Ressourceneinsatz zu erlangen sind. ECODESIGN als Innovationsmotor – dies ist eine zentrale Erkenntnis, die den beteiligten Unternehmen für ihre zukünftigen Projekte mitgegeben wurde und als Impuls für die interne Umsetzung von Nachhaltigkeit fungiert.

Im Laufe des Projektes wurden neben neuen Verbesserungsideen auch bereits bestehende Ansätze wieder an den Gesprächstisch gebracht, neu diskutiert und einer Evaluation unterzogen. Das vorhandene Optimierungspotential der Firmen konnte somit kanalisiert und systematisch zu konkreten, innovativen Verbesserungsmaßnahmen übergeführt werden. Die Zusammenarbeit mit den Unternehmen zeigte, dass oftmals zwar Verbesserungsideen entstehen, aber aus unterschiedlichen Gründen nicht weiterverfolgt und realisiert werden. So konnten Ideen zur effizienteren Energie- und Materialnutzung aufgrund der vorangegangenen Analyseschritte in tatsächliche Verbesserungsmaßnahmen münden, da der Nachweis für die Notwendigkeit und auch Erfolg der Maßnahmen erbracht werden konnte. Die Umweltanalyse über den Lebenszyklus beispielsweise zeigte, wo Verbesserungen die größte Hebelwirkung haben, vormals vermutete Potentiale und vage Ideen konnten somit mit den gewonnenen Ergebnissen in die Praxis umgesetzt werden. Die notwendigen Fakten für die Entscheidungsträger konnten geliefert werden um richtungssichere Entscheidungen für Investitionen argumentativ zu unterstützen.

Die Ergebnisse des Projekts – die Methodik einerseits und die erfolgreiche Anwendung in Form von den entwickelten Green Product Concepts für drei ausgewählte Unternehmen andererseits – stellen einen Motivationsfaktor für andere Unternehmen dar und können im Sinne einer nachhaltigen Wirtschaftsentwicklung Vorbildwirkung haben. Ein zentraler Aspekt für den Erfolg des Projektes stellt die Verbreitung der Ergebnisse da, daher wurde auf eine möglichst umfassende Verbreitungstätigkeit Wert gelegt. In Form von Publikationen wurden die Ergebnisse wissenschaftlich aufgearbeitet, auf den Verbreitungsworkshops und durch Poesstätigkeit wurde eine Möglichkeit zum Erreichen von interessierten Firmen geschaffen.

- Beschreibung der Umsetzungs-Potentiale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotential) für die Projektergebnisse

Mit der ECODESIGN Toolbox wurde eine Methodik entwickelt, die es Firmen ermöglicht, Umweltbelange systematisch bereits in die frühe Phase des Produktentwicklungsprozesses und später in den eigentlichen Produktionsprozess zu integrieren. Mit der Anwendung der Toolbox in einer Schritt-für-Schritt-Abfolge werden erstmals Umwelt-, Prozess- und Stakeholderanalyse vereint und konkrete Anforderungen für die Optimierung des Gesamtsystems Produkt-Prozess abgeleitet.

Die Erfahrungen in Projekten mit der Wirtschaft zeigen eine hohe Akzeptanz der Vorgangsweise und Methodik des ECODESIGN PILOT und des ECODESIGN Assistent. Geschätzt wird besonders die klare Systematik wie auch die einfache Integration derselben in

den Innovations- und Entwicklungsprozess innerhalb einer Firma. Bei der Weiterentwicklung der Methoden zu einer ECODESIGN Toolbox for Green Product Concepts wurde die klare Systematik beibehalten und somit die Praxistauglichkeit sichergestellt. Die Anwendung der ECODESIGN Toolbox kann unter Anleitung in vor allem KMUs mit überschaubarem Aufwand erfolgen. Bei den Verbreitungsworkshops wurde zudem großes Interesse von Seiten der teilnehmenden Firmenvertreter geäußert.

Durch die unmittelbare Zusammenarbeit mit drei sehr unterschiedlichen Firmen und die damit sichergestellte breite Anwendbarkeit der vorliegenden Methodik für die gesamte Industrie, kann das Verbreitungs- und Umsetzungspotenzial als sehr hoch eingestuft werden.

Die Zusammenarbeit zweier Forschungsinstitutionen mit einem Kompetenzzentrum stellt zudem eine hilfreiche Basis für die gezielte Einbeziehung der Wirtschaft und Interessensvertretungen für eine weitere Verbreitungstätigkeit dar.

- Potential für Demonstrationsvorhaben (Chancen / Schwierigkeiten / Risiken bei der Realisierung / Umsetzung in Richtung Demonstrationsprojekt?)

Zur weiteren Verbreitung und besseren Anwendung dieser Vorgehensweise ist methodenseitig als konsequenter nächster Schritt eine Softwareumsetzung zu sehen. Dies könnte im Rahmen einer Technologie- und Komponentenentwicklung gemeinsam mit Industriepartnern erfolgen.

Neben der entwickelten Methodik wurden Green Product Concepts für die Beispielprodukte im Sinne einer nachhaltigen Wirtschaftsweise der Fabrik der Zukunft generiert. Durch Weiterentwicklung könnten diese Produktkonzepte in Prototypen und schlussendlich in Serienprodukte übergeführt werden. Das vorliegende Projekt eignet sich daher zur Fortführung in Richtung Demonstrationsvorhaben.

Das Umsetzungsrisiko besteht in der Bereitschaft der beteiligten Firmen die Weiterentwicklung in Richtung Demonstrationsprojekt mit zu tragen und Finanzierungspartner für eine Softwareumsetzung zu finden.

Schlussfolgerungen aus den Projektergebnissen

- Was sind die in dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse für das Projektteam? (fachliche Einschätzung)

Die Notwendigkeit der Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten war für die beteiligten Unternehmen aus verschiedenen Gründen gegeben. Diese können gesetzlich vorgeschrieben z. B. die ElektroAltgeräte Verordnung oder von Kundenseite gefordert sein. Nachhaltigkeitsaspekte sind mittlerweile integrativer Bestandteil der Beschaffungskriterien von z. B. Großkunden von Unternehmen wie PHILIPS Dictation Systems. Mit den vorliegenden Green Product Concepts für die drei Beispielprodukte konnten diese Anforderungen nachweislich erfüllt werden. Dies stellt einerseits einen wesentlichen Beitrag zur Auseinandersetzung mit zukünftiger Richtlinien und trägt andererseits zu einer Etablierung des Nachhaltigkeitsgedankens in Unternehmen und zur Verbesserungen der Umweltperformance des Produktes sowie der Produktion bei.

Die Zusammenarbeit von drei Forschungsinstitutionen mit drei Unternehmenspartnern prägte die Arbeitsweise und trug wesentlich zum Erfolg der gemeinsam erarbeiteten Ergebnisse bei. Dabei war ein reger Wissens- und Erfahrungsaustausch gegeben und die beteiligten Institutionen bzw. Firmenpartner profitierten in hohem Ausmaße von der Interaktion zwischen Wissenschaft und praktischer Anwendung. Die Anwendung eines eigens für die Projektzusammenarbeit eingerichteten Kommunikationsforums erleichterte die Kommunikation der ProjektpartnerInnen. Durch den interdisziplinären Projektansatz konnten wesentliche Erkenntnisse über die eigenen Kompetenzen hinaus gewonnen werden.

Besonders der Praxisbezug mit den unternehmensspezifischen Charakteristika hat zur Weiterentwicklung der jeweiligen fachlichen Schwerpunkte beigetragen.

Die Interaktion Produktgestaltung - Produktionsprozesse wurde nicht nur in Hinblick auf die Reduktion des Ressourceneinsatzes optimiert, sondern berücksichtigt auch soziale und ökonomische Komponenten. So kann z. B. der hohe Energieverbrauch der untersuchten Spritzgussmaschine durch unterschiedliche Strategien reduziert werden. Maschinenseitig durch eines optimierten Funktionsprinzips, aber auch benutzerseitig durch die Schaffung von Hilfen zum energiesparenden Betrieb. Bei diesem Beispiel wird deutlich, dass durch das Nutzerverhalten ein wesentlicher Beitrag zu den Umweltauswirkungen eines Produktes leisten kann und daher die NutzerInnen bereits in der Produktentwicklung eingebunden werden sollen. Am Beispiel Diktiergerät wird durch das Anbieten eines alternativen Energiemanagementsystems der enorme Verbrauch an Batterien in der Nutzungsphase hintan gehalten. Die Orientierung an den ausgearbeiteten Verbesserungsvorschlägen hat einen innerbetrieblichen Innovationsschub bei den Unternehmen ausgelöst.

- Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter?

Die positiven Ergebnisse aus der Detailarbeit mit den am Projekt teilnehmenden Unternehmen bestärken das Projektteam in der Meinung, dass ein gesamtheitlicher Ansatz zur Produkt- und Prozessverbesserung im Sinne von Ecodesign einen Erfolg versprechenden Weg darstellt. Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse dienen der Weiterentwicklung der Kompetenzprofile der Projektpartner und werden bei der weiteren Arbeit einfließen.

ECODESIGN als Innovationsmotor – dies ist eine zentrale Botschaft, die den beteiligten Unternehmen für ihre zukünftigen Projekte mitgegeben wurde und als Impuls für die interne Umsetzung von Nachhaltigkeit fungiert. Alle drei Firmenpartner nutzen die gewonnenen Ergebnisse für die weitere Entwicklungstätigkeit, eine umfassende Umweltbetrachtung stellt künftig einen integrativen Bestandteil dar. Die Ergebnisse der Umwelt-, Prozess- und Stakeholderanalyse dienen als Basis für weitere Produkt- und Produktionsverbesserung bzw. Kostenreduktion. So konnte gezeigt werden, dass z. B. die Reduktion der Teilevielfalt zu wesentlich geringeren Montagekosten eines Produktes führen kann.

Bei ENGEL Austria wurden viele neue Strategien und Verbesserungsideen entwickelt, die in internen Projekten wie auch in externen Projekten z. B. Energie der Zukunft Projekt „Energiedienstleistung zur Steigerung der Energieeffizienz von Spritzgießmaschinen im Kunststoffbereich“ weiter verfolgt und umgesetzt werden.

Das vorliegende Projekt lieferte wesentlichen Input für die Entwicklung des Golf Swing Analyzers der Firma ABATEC Electronic AG und die Integration von Umweltaspekten fließt in die weitere Entwicklungsphase des Prototyps ein.

PHILIPS Speech Processing hat das ausgearbeitete Green Product Concept direkt im neuen Produktmodell umgesetzt. Verbesserungsideen, die kurzfristig nicht umgesetzt werden konnten, sollen im nächsten Modell realisiert werden.

Die Projektergebnisse in Form der entwickelten Green Product Concepts können bzw. konnten bei einem Unternehmen bereits zur Umweltkommunikation z. B. Environmental Product Declaration (EPD) genützt werden.

In einem nächsten Schritt wird nun die Anwendung der ECODESIGN Toolbox in weiteren Unternehmen mit Produktentwicklungs- und Produktionstätigkeit angestrebt. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen zu einer effizienteren Anwendung der Toolbox führen und Unternehmen in unterschiedlichen Branchen sollen angesprochen werden.

Für die konkrete Weiterentwicklung der Methodik wird die Entwicklung einer Softwarelösung zur vereinfachten Anwendung der Methodik in Unternehmen unter fachkundiger Anleitung angestrebt.

- Für welche Zielgruppen sind die Projektergebnisse relevant und interessant und wer kann damit wie weiterarbeiten?

Die Projektergebnisse sind für produzierende Unternehmen interessant, die Produktentwicklung betreiben und eine ganzheitliche Optimierung ihres Produkt- und Prozesssystems anstreben und nachhaltiges Wirtschaften in ihrem Unternehmen umsetzen wollen. Dabei ist die Anwendung der ECODESIGN Toolbox in KMUs mit übersichtlichem Aufwand durch die klare Systematik sichergestellt.

Die Vorgehensweise in sechs Schritten mit

- Erfassung der Produktcharakteristika (Produktbeschreibung)
- Produktbewertung unter ökologischen Gesichtspunkten
- Ermittlung der unterschiedlichen Stakeholderanforderungen
- ganzheitlichen Betrachtung der Produktionsprozesse
- Generierung von produkt- und prozessbezogenen Verbesserungsmaßnahmen
- Bewertung und Auswahl der Verbesserungsmaßnahmen für ein Green Product Concept

ermöglicht eine systematische Erarbeitung der Anforderungen an die Produkt- und Prozessgestaltung und die Überführung in konkrete Verbesserungsmaßnahmen.

Mit der ECODESIGN Toolbox wurde eine Methodik entwickelt, die es Firmen ermöglicht, Umweltbelange systematisch in die frühe Phase des Produktentwicklungsprozesses und später in den eigentlichen Produktionsprozess zu integrieren. Mit der Anwendung der Toolbox werden Umwelt-, Prozess- und Stakeholderanalyse in einer Schritt-für-Schritt-Abfolge vereint und konkrete Anforderungen für die Optimierung des Gesamtsystems Produkt-Prozess können in Zusammenarbeit mit den Produktentwicklungsteams abgeleitet werden.

Für die beteiligten Firmenpartner stellen die Projektergebnisse neue Impulse für die weitere Produktentwicklung und Prozessoptimierung dar. Bewährte Strukturen werden mit innovativen Ansätzen kombiniert und führen in der weiteren Unternehmenstätigkeit zu nachhaltigeren Unternehmen.

Für die beteiligten Wissenschaftspartner sind die Projektergebnisse eine Bestätigung für ihre anwendungsbezogene Forschungstätigkeit. Die parallele Entwicklung und Anwendung der Methodik unter Einbeziehung des Feedbacks in den fortlaufenden Entwicklungsprozess eröffnete viele neue Aspekte für die zukünftige Methodenentwicklung und –anwendung.

Literaturverzeichnis

Wimmer, W. and. Züst, R. (2002): ECODESIGN PILOT, Product-Investigation, Learning- and Optimization-Tool for sustainable product development, with CD-ROM. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers

WEEE (2003): "DIRECTIVE 2002/96/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment"

RoHS (2003): "DIRECTIVE 2002/95/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment"

EuP (2005): "DIRECTIVE 2005/32/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 6 July 2005 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-using products"

Akao, Y. (1992), QFD – Quality Function Deployment, Wie die Japaner Kundenwünsche in Qualitätsprodukte umsetzen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verknüpfung Prozess- und Produktentwicklung	12
Abbildung 2: Die 6 Schritte der ECODESIGN Toolbox	16
Abbildung 3: Arbeitspakete und Ergebnisse der Methodenentwicklung	17
Abbildung 4: Deckblatt der Datenblätter zur Produktbeschreibung	18
Abbildung 5: Beispiel für Gliederung der Arbeitsblätter zur Produktbeschreibung.....	18
Abbildung 6: Produktstruktur – Detaillierungsebenen	19
Abbildung 7: ECODESIGN Assistent: Rohstoffe.....	23
Abbildung 8: Materialauswahl	24
Abbildung 9: Ergebnis des ECODESIGN Assistent mit Ausgabe des Umweltprofils.....	25
Abbildung 10: Übersicht Stakeholder Relationship Model	27
Abbildung 11: Stakeholder Relationship Model - Details	27
Abbildung 12: Schema Beziehungsmatrix des House of Quality aus QFD.....	28
Abbildung 13: Ausschnitt Beziehungsmatrix QFD	29
Abbildung 14: Vorgehensweise ECODESIGN PILOT.....	31
Abbildung 15: Checkliste - Verbrauchsreduktion in der Nutzung.....	32
Abbildung 16: Phasen der Nachhaltigen Prozessoptimierung	33
Abbildung 17: Schema der Stoffbilanz	35
Abbildung 18: Schema der Energiebilanz	36
Abbildung 19: Arbeitsblatt zur Ermittlung Rohstoff- und Energiekennzahlen.....	37
Abbildung 20: Beispielhafte Auswertung der Toxizitätsmatrix	38
Abbildung 21: Bewertung der ermittelten Verbesserungsmaßnahmen.....	41
Abbildung 22: Begründung der Auswahl der Maßnahmen für das Green Product Concept....	42
Abbildung 23: Arbeitsschritte und Ergebnisse der Methodenanwendung.....	43
Abbildung 24: Skizze Golf Swing Analyzer und Markereinheiten auf Schläger (Quelle: ABATEC).....	49
Abbildung 25: Kurzbeschreibung Golf Swing Analyzer (Quelle: ABATEC).....	49
Abbildung 26: Ergebnis der Umweltanalyse Szenario Hobby.....	52
Abbildung 27: Verteilung des Energieverbrauchs der Komponenten, Szenario Hobby.....	52
Abbildung 28: Ergebnis der Umweltanalyse Szenario Business.....	53
Abbildung 29: Bestückungsautomat ABATEC	55
Abbildung 30: Reflow-Ofen ABATEC.....	56
Abbildung 31: Fertigungsschritte Golf Swing Analyzer	57
Abbildung 32: Stromverbrauch der Prozessschritte Golf Swing Analyzer.....	58
Abbildung 33: Abluftrohre des Reflow-Ofens	58
Abbildung 34: Funktionsstruktur Golf Swing Analyzer	60
Abbildung 35: Bewertung der Maßnahmen für das Green Product Concept.....	61
Abbildung 36: Darstellung der Bewertung ausgewählter Maßnahmen	61
Abbildung 37: Prototyp des Golf Swing Analyzers (Quelle: ABATEC).....	62
Abbildung 38: Kurzbeschreibung Spritzgussmaschine EM180 T (Quelle: ENGEL).....	63
Abbildung 39: Ergebnisse der Umweltanalyse Spritzgussmaschine Szenario A.....	65
Abbildung 40: Gewichtsverteilung der Untersuchung zugrundeliegenden Komponenten	65
Abbildung 41: Verteilung des Energieverbrauchs der Rohstoffe	66
Abbildung 42: Ergebnisse der Umweltanalyse Spritzgussmaschine Szenario B.....	67
Abbildung 43: Ergebnisse der Umweltanalyse Spritzgussmaschine Szenario C.....	67
Abbildung 44: Spez. Energieverbrauch der Herstellungsprozesse	69
Abbildung 45: Energieverbrauch pro kg Komponenten Fertigkeit.....	70
Abbildung 46: Rohstoffeffizienz pro kg Komponenten Fertigkeit.....	70
Abbildung 47: Energieeffizienz pro kg Späne	71
Abbildung 48: Bewertung ausgewählter Maßnahmen für das Green Product Concept.....	74
Abbildung 49: Darstellung der Bewertung ausgewählter Maßnahmen	75
Abbildung 50: Kurzbeschreibung Diktiergerät LFH 9350 (Quelle: PHILIPS)	77
Abbildung 51: Ergebnisse der Umweltanalyse Szenario A Batteriebetrieb, Vertrieb Europa...	79
Abbildung 52: Anteil der elektronischen Komponenten am Gesamtverbrauch der Rohstoffe Sz. A.....	80

Abbildung 53: Ergebnis der Umweltanalyse Szenario B Akkubetrieb, Vertrieb Europa.....	81
Abbildung 54: Energieverbrauch der Rohstoffe der einzelnen Komponenten, Sz. Akku	81
Abbildung 55: Bewertung von Nutzen, Aufwand und Risiko der Verbesserungsmaßnahmen.	84
Abbildung 56: Darstellung Bewertung Verbesserungsmaßnahmen des Diktiergeräts.....	85
Abbildung 57: Auswahl der Maßnahmen für das Green Product Concept inkl. Begründung...	85
Abbildung 58: Überarbeitete Version des Diktiergeräts (Quelle: PHILIPS).....	86
Abbildung 59: Ursprüngliches Ablaufschema der Methodik.....	87
Abbildung 60: Neues, angepasstes Ablaufschema der Methodik.....	87
Abbildung 61: Erstentwurf und Endlayout des Logos	88
Abbildung 62: Webanwendung der ECODESIGN Toolbox.....	88

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Inhaltstoffe: SMD-bestückte Leiterplatte (Type FR4, mit 2 Layer).....	21
Tabelle 2: Auszug aus der Zuordnung Ecodesign Verbesserungsmaßnahmen zu technischen Parametern.....	30
Tabelle 3: Zusammenfassung der Risikoklassen und Gefährdungen.....	39
Tabelle 4: Hauptmaterialien Golf Swing Analyzer	50
Tabelle 5: Grundannahmen für die Nutzungsszenarien des Golf Swing Analyzers.....	51
Tabelle 6: Hauptmaterialien Spritzgussmaschine	63
Tabelle 7: Grundannahmen der verschiedenen Nutzungsszenarien der Spritzgussmaschine	64
Tabelle 8: Übersicht der Stakeholderanforderungen Spritzgussmaschine	68
Tabelle 9: Zerspanungsprozesse Vergleichswerte Energieverbrauch	72
Tabelle 10: Hauptmaterialien Diktiergerät.....	77
Tabelle 11: Grundannahmen der beiden Nutzungsszenarien.....	78

Anhang

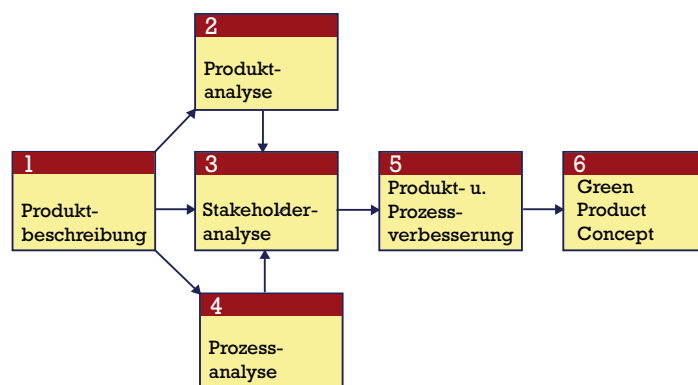
Verbreitung Toolbox

Wir entwickeln umweltgerechte Produktkonzepte und helfen Ihnen, neue Produktideen zu realisieren. Eine neu entwickelte Methodik zur nachhaltigen Produktgestaltung ist die ECODESIGN Toolbox, eine Vorgangsweise in sechs Schritten.

Die Methodik wurde in einem Forschungsprojekt gemeinsam mit Profactor Produktionsforschungs GmbH im Rahmen der Programmlinie "Fabrik der Zukunft" - einer Kooperation des BM:VIT mit der FFG - entwickelt.

Die Praxistauglichkeit wurde in Kooperation mit drei Industrieunternehmen an deren Produkten erfolgreich getestet. Die Methodik ist:

- Eine Vorgangsweise in sechs Schritten zur Entwicklung innovativer Produktkonzepte
- Speziell für KMUs geeignet
- Auf unterschiedliche Branchen anwendbar



www.ecodesign.at/toolbox

Sie haben folgende Fragen?

- Wie kann ich die Umweltauswirkungen eines Produkts ermitteln?
- Wie können Stakeholderforderungen (z.B. durch neue Umweltgesetze) - systematisch erfasst werden?
- Wie können Produktionsprozesse erfasst, analysiert und bewertet werden?
- Wie kann man daraus Verbesserungsmaßnahmen ableiten?
- Wie können produkt- und prozessorientierte Verbesserungen zusammengeführt werden und wie kann daraus ein öko-intelligentes Produkt entwickelt werden?

Die ECODESIGN Toolbox liefert ihnen die Antworten!

Die Anwendung der ECODESIGN Toolbox ermöglicht die systematische Erfassung der Produktcharakteristika und die Ermittlung der Lebensphase mit den größten Umweltauswirkungen. Zielgerichtet können mit Hilfe der Tools produkt- und prozessbezogene Verbesserungsmaßnahmen identifiziert werden.

Zukünftige Anforderungen

Die Anforderungen der Umwelt sowie die der Stakeholder, wie z. B. Kunden und gesetzliche Vorgaben fließen in die Produktverbesserung mit ein und führen zu nachhaltigen Produkten am Markt. Die zusätzlich holistische Analyse der Prozesse zur Herstellung des Produktes ermöglicht die Optimierung des gesamten Produkt/Prozesssystems.

Der systematische Ansatz der ECODESIGN Toolbox fungiert als Innovationsmotor und setzt ungenutzte Optimierungspotentiale frei:

- Ressourceneinsparung,
- verbesserter Funktionalität,
- Kosteneinsparung,
- Verringerung des Abfall- und Emissionsaufkommens,
- Reduktion des Energieverbrauchs in der Nutzung,
- etc.

Erfolgreiche Anwendungen

Die ECODESIGN Toolbox wurde bei folgenden Firmen und deren Produkten erfolgreich eingesetzt:

Golf Swing Analyzer



Spritzgussmaschine



ENGEL

Diktiergerät



PHILIPS

Kontakt

Dipl.-Ing. Maria Huber
Technische Universität Wien
Institut für Konstruktionswissenschaften
und Technische Logistik
Forschungsbereich ECODESIGN (E307/2)
Getreidemarkt 9, 1060 Wien

Tel. +43-1- 588 01 - 307 51
Fax. +43-1-588 01 - 307 99
Internet: www.ecodesign.at
Email: huber@ecodesign.at



FFG



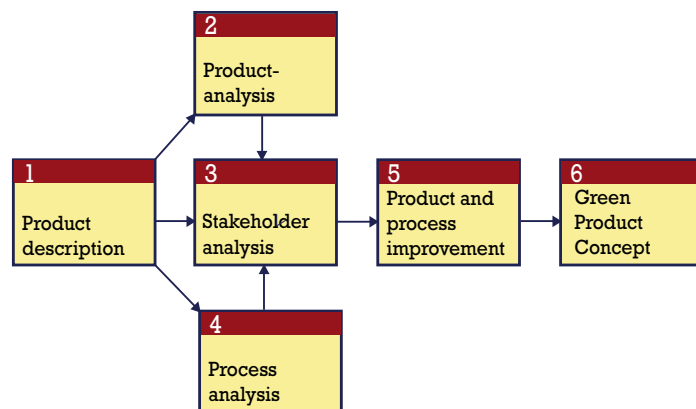
ECODESIGN
Forschung

We develop sustainable product concepts and support you with realising new product ideas. The ECODESIGN Toolbox is a new developed method in six steps for sustainable product development.

The method has been developed together with Profactor Produktionsforschungs GmbH within the research program “Factory of tomorrow” which is a cooperation between the Austrian BM:VIT and the FFG.

The practicability of the method has been successfully tested within three companies and their products. The method is:

- a procedure in six steps for developing innovative product concepts
- designed for small and media enterprises
- applicable on various branches



www.ecodesign.at/toolbox

Do you have similar questions?

- How to assess environmental impacts of a product in a practical way?
 - How to consider stakeholder requirements (e.g. from environmental legislation) systematically?
 - How to record, analyse and assess production processes?
 - How to derive improvement strategies from process, product and stakeholder requirements?
- How to assess the improvement ideas and how to develop an eco-intelligent product?

The ECODESIGN Toolbox provides the right answers!

The application of the ECODESIGN Toolbox allows a systematic product description and the determination of the life phase with the highest environmental impact. Product and process improvement measures can be identified with the support of the tools.

Future requirements

The environmental and stakeholder requirements, e.g. customer needs and legal guidelines deliver input for product improvement and lead to sustainable products on the market. The holistic analysis of the production processes allows the optimization of the whole product/process system.

The systematic approach of the ECODESIGN Toolbox presents a driver for innovations and releases unused optimization potential:

- Minimization of resource input,
- Improved functionality,
- Reduction of costs,
- Minimization of waste and emission generation,
- Minimizing energy consumption during use phase,
- etc.

Successful applications

The ECOESIGN Toolbox has been successfully applied on three different products:

Golf Swing Analyzer



Injection moulding machine



ENGEL

Digital voice recorder



PHILIPS

Contact

Dipl.-Ing. Maria Huber
Vienna University of Technology
Institute for Engineering Design
and Logistics Engineering
ECODESIGN Research Group (E307/2)
Getreidemarkt 9
1060 Vienna

Tel. +43 / 1 / 588 01 - 307 51
Fax. +43 / 1 / 588 01 - 307 99
Internet: www.ecodesign.at
Email: huber@ecodesign.at



FFG



Der erfolgreiche Weg zu öko-intelligenten Produkten - Wie sich Firmen neuen Umweltaforderungen stellen

Die Präsentation der neuen **ECODESIGN Toolbox**, im Rahmen der Eco-X Konferenz, stieß auf großes Interesse. Die innovative **ECODESIGN Toolbox** vereint Werkzeuge zur nachhaltigen Produktentwicklung und führt Unternehmen in sechs Schritten zur Gestaltung öko-intelligenter Produkte. Im Rahmen eines Projektes der Programmlinie **Fabrik der Zukunft** wurde gemeinsam mit drei Industriepartnern anhand von konkreten Produktinnovationen gezeigt, welche Vorteile eine nachhaltige Produktentwicklung nicht nur für ein verbessertes Produkt, sondern für das gesamte Unternehmen bringt. Die Ergebnisse haben die beteiligten Firmen mehr als überzeugt und laden ein, die Möglichkeiten der neuen **ECODESIGN Toolbox** weiter auszuschöpfen.

Die neue **ECODESIGN Toolbox** wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes entwickelt, welches im Rahmen der durch die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) abgewickelten Programmlinie **Fabrik der Zukunft** des Technologieministeriums (BMVIT) gefördert wurde. Gemeinsam mit den Industriepartnern **PHILIPS Speech Processing**, **ENGEL Maschinenbau GmbH** und **ABATEC Electronic AG** konnten im Zuge dieses Forschungsprojekts beispielhafte Produktkonzepte für ein Diktiergerät, eine Spritzgußmaschine und einen Golf Swing Analyser erarbeitet werden. Das Projektteam umfasste neben den genannten Unternehmen die TU Wien - Forschungsbereich **ECODESIGN**, die Profactor Produktionsforschungs GmbH und KERP Consulting.

Ergebnisse

Die Ergebnisse aus diesem Projekt zeigen beeindruckende Vorteile, nicht nur für die Umwelt sondern auch für die entwickelten Produkte und das gesamte Unternehmen. Beispielsweise konnte der Stromverbrauch des Diktiergerätes durch den Einsatz von energieeffizienten Bauteilen um 35% gesenkt werden. Durch Funktionsintegration und Reduktion der Teilevielfalt wird nicht nur die für Elektro- und Elektronikaltgeräte geforderte Demontage und Rezyklierung ermöglicht, sondern konnten die Montage- und Prüfkosten deutlich gesenkt werden.

Am Beispiel Golf Swing Analyser konnte gezeigt werden, wie die Umweltsicht bereits während der Entwicklungsphase integriert werden kann und mehr Spielraum für richtungssichere Entscheidungen bietet z. B. unterschiedliche Prinzipien der Energieversorgung oder Reduktion des Materialeinsatzes.

Der Großteil des Energieverbrauchs der Spritzgußmaschine liegt in deren Nutzungsphase, Verbesserungsmaßnahmen erzielen hier die größten Einsparungseffekte wie z. B. Steigerung des Wirkungsgrades der Plastifiziereinheit um bis zu 40 % oder durch Förderung einer energieeffizienten Fahrweise der Maschine.

Für die Firmenpartner liegen neben den bereits realisierten Verbesserungen eine strukturierte Datenbasis sowie Produktionskennzahlen vor, die in Zukunft gemeinsam mit den Tools in der Produktentwicklung eingesetzt werden können.

*„Die beteiligten Firmen waren mehr als überzeugt von den Ergebnissen und wollen die Möglichkeiten der neuen **ECODESIGN Toolbox** auf jeden Fall weiter ausschöpfen“, sagt Prof. Wolfgang Wimmer, Projektleiter von der TU Wien.*

6 Schritte zur Gestaltung umweltgerechter Produkte

Die **ECODESIGN Toolbox** vereint Werkzeuge zur nachhaltigen Produktentwicklung und führt Unternehmen in sechs Schritten zur Gestaltung umweltgerechter Produkte und zur ganzheitlichen Betrachtung der Produktionsprozesse. Zielgerichtet können mit Hilfe der Tools produkt- und prozessbezogene Verbesserungsmaßnahmen identifiziert werden. Aufbauend auf den Ergebnissen einer Umweltanalyse über den gesamten Lebenszyklus, der produktbezogenen Stakeholderanforderungen und der Prozessanalyse werden mit Hilfe der **ECODESIGN Toolbox** Verbesserungsstrategien für die Produkt- und Prozessoptimierung abgeleitet und konkrete Umsetzungsideen für ein Green Product Concept formuliert. Nähere Informationen zum Projekt **ECODESIGN Toolbox** finden sie unter <http://www.fabrikderzukunft.at/results.html/id4793> bzw. unter <http://www.ecodesign.at/toolbox/index.de.html>

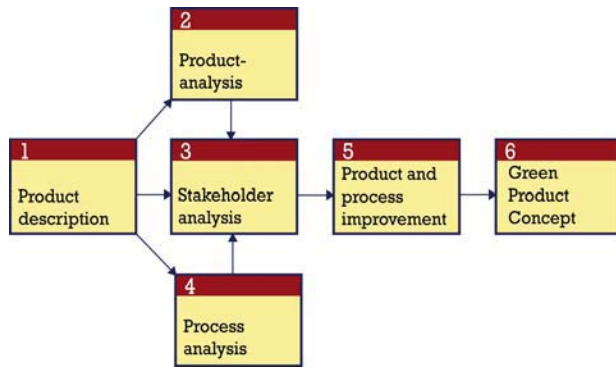


Abb. 1: ECODESIGN Toolbox in sechs Schritten

Der systematische Ansatz der **ECODESIGN Toolbox** fungiert als Innovationsmotor, zeigt ungenützte Optimierungspotentiale hinsichtlich Ressourceneinsparung, Funktionalität, Kosteneinsparung, Verringerung des Abfall- und Emissionsaufkommens und Reduktion des Energieverbrauchs auf.

Präsentation der ECODESIGN Toolbox

Die neu entwickelten öko-intelligenten Produktkonzepte werden in zwei kostenfrei zugänglichen Workshops präsentiert. Der erste Termin fand bereits im Rahmen der Eco-X Konferenz for Sustainable Recycling Management and Recycling Network Centre (www.eco-x.at) am 11. Mai 2007 im Tech Gate Vienna statt.

Eine **weitere Demonstrationsveranstaltung** findet am **19. Juni 2007 von 14:00 bis 17:00** bei der Firma ABATEC Electronic AG in Regau, OÖ statt, zu der die Projektpartner herzlich einladen.
http://www.ecodesign.at/downloads/Einladung_Workshop_Toolbox.pdf

Ort der Demonstrationsveranstaltung am 19. Juni 07:

Abatec Regau: www.abatec-ag.com
 Oberregauer Straße 48, A-4844 Regau

Das Projektteam der Ecodesign-Toolbox:

Technische Universität Wien, Institut für Konstruktionswissenschaften, Forschungsbereich ECODESIGN
 Profactor Produktionsforschungs GmbH
 KERP Consulting
 ENGEL Austria GmbH - Spritzgußmaschine
 PHILIPS Speech Processing – Diktiergerät
 Abatec Electronic AG - Golf Swing Analyser

Rückfragehinweis:

DI Maria Huber (Kordinatorin des Projektes ECODESIGN Toolbox)

Institut für Konstruktionswissenschaften und technische Logistik
 Umweltgerechte Produktgestaltung / ECODESIGN
 Getreidemarkt 9, 1060 Wien
 Tel: ++43/1/58801/30751; Fax: ++43/1/58801/30799
 E-mail: huber@ecodesign.at, www.ecodesign.at

Karin Sudra (ExpertInnengruppe Fabrik der Zukunft)

Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik – ÖGUT
 Austrian Society for Environment and Technology
 1020 Wien, Hollandstraße 10/46, T: +43.1.315 63 93-29
 E-mail: karin-sudra@oegut.at, www.oegut.at
www.fabrikderzukunft.at

C3 Auswertung der Feedbackbögen der Verbreitungsworkshops

Anlässlich der Verbreitungsworkshops wurden unter den Teilnehmern Feedbackbögen verteilt, die dem Projektteam zusätzlich zu den Ergebnissen Aufschluss über die breitere Anwendbarkeit der entwickelten Methode in KMUs Auskunft geben.

Rücklaufquote 50% - Basis alle angemeldeten Personen
 Rücklaufquote 62,5% - Basis alle teilgenommenen Personen

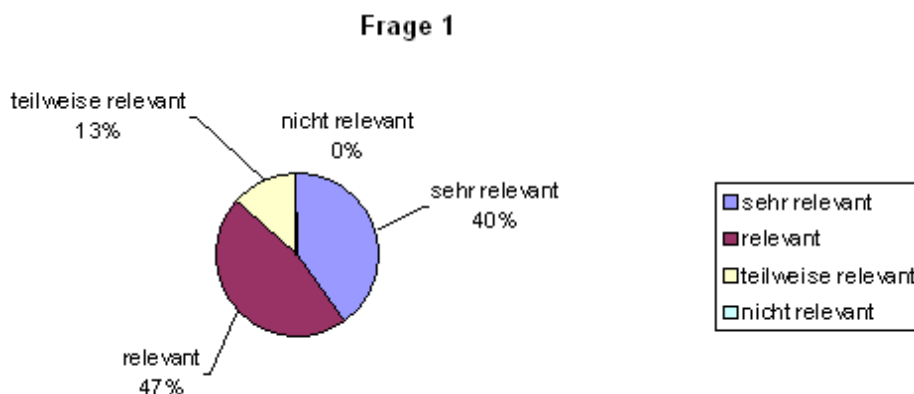
Frage 1

Wir sind an Ihrem Feedback interessiert. Inwieweit ist die vorgestellte Methodik für Ihre eigene Arbeit relevant?

sehr relevant relevant teilweise relevant nicht relevant

Warum? _____

Auswertung:



Fast die Gesamtheit aller Teilnehmer beurteilt die Relevanz der Methodik für Ihre Arbeit als sehr relevant und relevant. Dies bestätigt das in den Medien und der Presse spürbare Ansteigen des Umweltbewusstseins auf Produktebene und die Notwendigkeit, in dem Bereich Serviceleistungen und Wissen für die Unternehmen anzubieten.

Die offene Frage nach dem Grund der Relevanz brachte unter anderem folgende Stichworte:

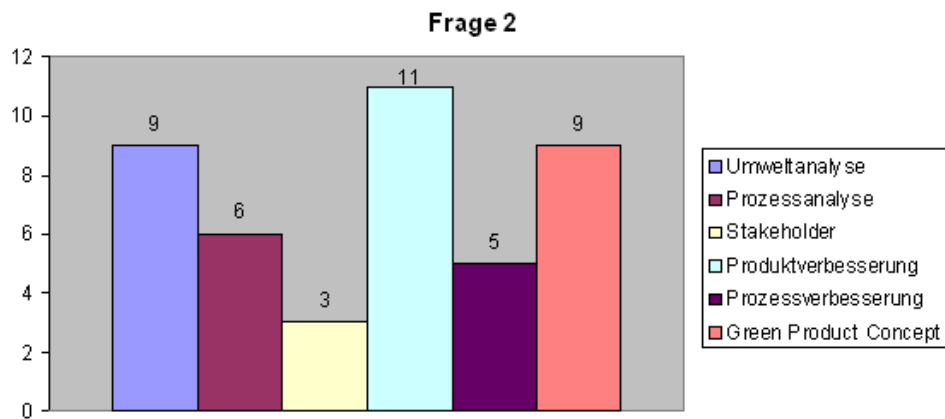
Company Sustainability Performance Analysis, Product Development, soziale Verantwortung, ISO 14000, Marketingaspekt, Unternehmenskommunikation.

Frage 2

Welche Elemente der ECODESIGN Toolbox sind am meisten für Ihren Unternehmensbereich interessant?

- Umweltanalyse des Produktes
- Prozessanalyse
- Stakeholderanalyse
- Produktverbesserung
- Prozessverbesserung
- Entwicklung eines Green Product Concepts

Auswertung:



Die Frage nach der Wichtigkeit der einzelnen Module der ECODESIGN Toolbox zeigte, dass die Bereiche Produktverbesserung, Umweltanalyse und das Green Product Concept von höchster Priorität sind, wobei die Produktverbesserung eindeutig als am wichtigsten eingestuft wird.

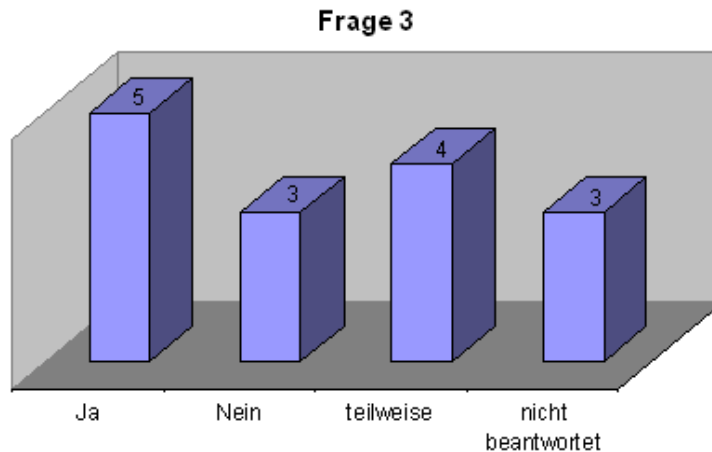
Frage 3

Kennen Sie die Umweltauswirkungen Ihrer Produkte?

Ja

Nein

Auswertung:



Die meisten Leute kennen die Umweltauswirkungen Ihrer Produkte, zumindest teilweise.

Die Antwort „teilweise“ entstand durch die Beantwortung mit einer Ankreuzung zwischen der Ja und Nein Box und wurden mit der Ausprägung teilweise in die Auswertung aufgenommen.

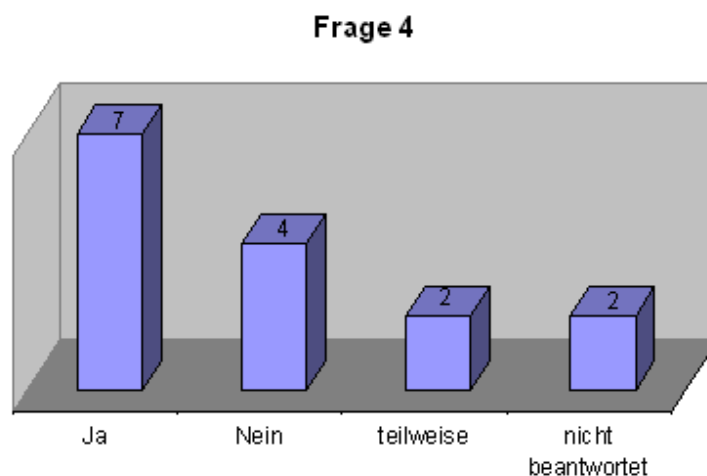
Frage 4

Kennen Sie die relevanten gesetzlichen Umwelтанforderungen für Ihre Produkte?

Ja

Nein

Auswertung:



Die meisten Leute kennen die Umweltauswirkungen Ihrer Produkte, fast genauso viele kennen sie nicht oder nur teilweise.

Die Antwort „teilweise“ entstand durch die Beantwortung mit einer Ankreuzung zwischen der Ja und Nein Box und wurden mit der Ausprägung teilweise in die Auswertung aufgenommen.

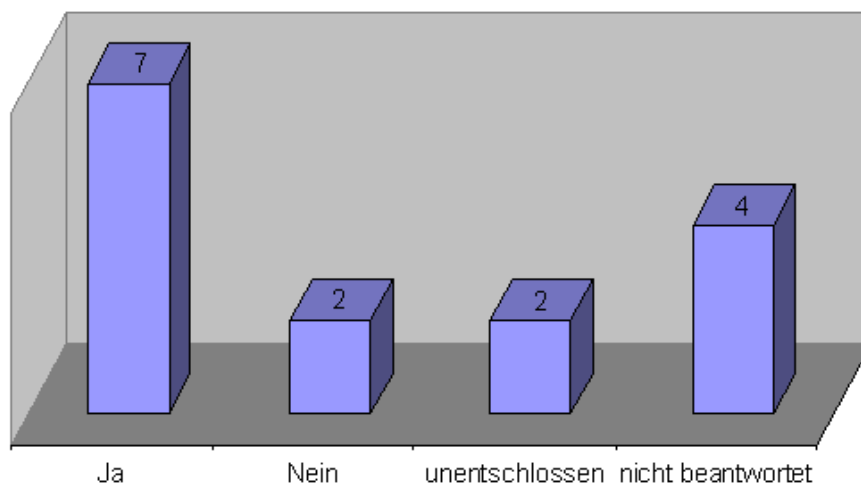
Frage 5

Möchten Sie mit Hilfe von Ecodesign Innovationspotentiale für Ihr Produkt/Unternehmen identifizieren?

Ja Nein

Auswertung:

Frage 5



Es besteht bei mehr als 50% der Teilnehmer konkretes Interesse, mit Hilfe von Ecodesign Innovationspotentiale für ihr Unternehmen zu identifizieren und umzusetzen.