



Fallstudie:
IPP-gerechte Produktentwicklung
am Beispiel Bodenstaubsauger
Von der Konzeption zum Prototypen

Impressum

Herausgeber und Projektförderung:
Bayerisches Staatsministerium für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz
Rosenkavalierplatz 2, 81925 München
(StMUGV)

Internet: www.stmugv.bayern.de
E-Mail: poststelle@stmugv.bayern.de

© StMUGV, alle Rechte vorbehalten
1. Auflage 2005

Diese Druckschrift wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundes-, Kommunal- und Europawahlen.

Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt.

Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden.



BAYERN DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung.

Unter Tel. **(01801) 20 10 10** (4,6 Cent pro Minute aus dem Festnetz der Deutschen Telekom) oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.



Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier

VORWORT

Dieser Leitfaden ist das Ergebnis des durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz geförderten Projekts – „BENefiT – mit „High“- und „Clean“-Technology zu marktfähigen Produkten“. Mit diesem Projekt konnte gezeigt werden, dass mit geeignetem methodischen Vorgehen und entsprechenden Werkzeugen auch bei vermeintlich ausgereiften Produkten ein hohes Optimierungspotential möglich ist.

Für dieses Forschungsvorhaben wurden interdisziplinäre Arbeitsgruppen aus Instituten der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg sowie dem Industriepartner Dr. Kern GmbH gebildet. Es war möglich Entwicklungssprünge zu realisieren, die nur im Team, zusammengesetzt aus unterschiedlichsten Kompetenzbereichen, gemeinsam leistbar sind.

Mit diesem Leitfaden soll die im Rahmen des BENefiT-Projekts angewandte Vorgehensweise vorgestellt werden. Dabei wird vor allem auf eine allgemeingültige Arbeitsweise Wert gelegt, wodurch ein einfacher Transfer auf andere Produktgruppen ermöglicht wird.

Dieser Leitfaden soll außerdem anderen Entwicklungsteams helfen, durch die hier vorgestellte methodische Vorgehensweise, Aspekte der Integrierten Produktentwicklung und Integrierten Produktpolitik in ihre Entwicklungsprozesse einfließen zu lassen. Dies ermöglicht neben der Verkürzung von Entwicklungszyklen eine Realisierung von Produkten mit „integriertem“ Umweltschutz, der auch eine deutliche Kostensenkung zur Folge haben kann.

Besonderer Dank geht an das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, durch dessen finanzielle Unterstützung dieses Projekt erst ermöglicht wurde. Dank geht aber auch an alle beteiligten Institute und Unternehmen des BENefiT-Projekts für die gute und problemlose Zusammenarbeit.

Inhalt

Vorwort	2
Inhalt	3
Ausgangssituation	5

INTEGRIERTE PRODUKTPOLITIK (IPP)

Was ist IPP?	7
Die Basis der Integrierten Produktpolitik	8

METHODIK

Methodik	13
Entwicklungsmethodik	14
Strukturierung der Arbeitsinhalte und Bildung von Arbeitsgruppen	15

NETZWERK

Der Netzwerkgedanke	10
Das Netzwerk BEnefiT	11
Ziele des Netzwerks	12

PROJEKT BEnefiT

Strukturierung und Arbeitspakete	16
Umsetzung am Beispiel des Themengebietes Gehäuse	17
Resultate	28

SCHLUSSFOLGERUNG

Erfahrungen der beteiligten Institute und Industriepartner	37
--	----

INTEGRIERTE PRODUKTPOLITIK (IPP)

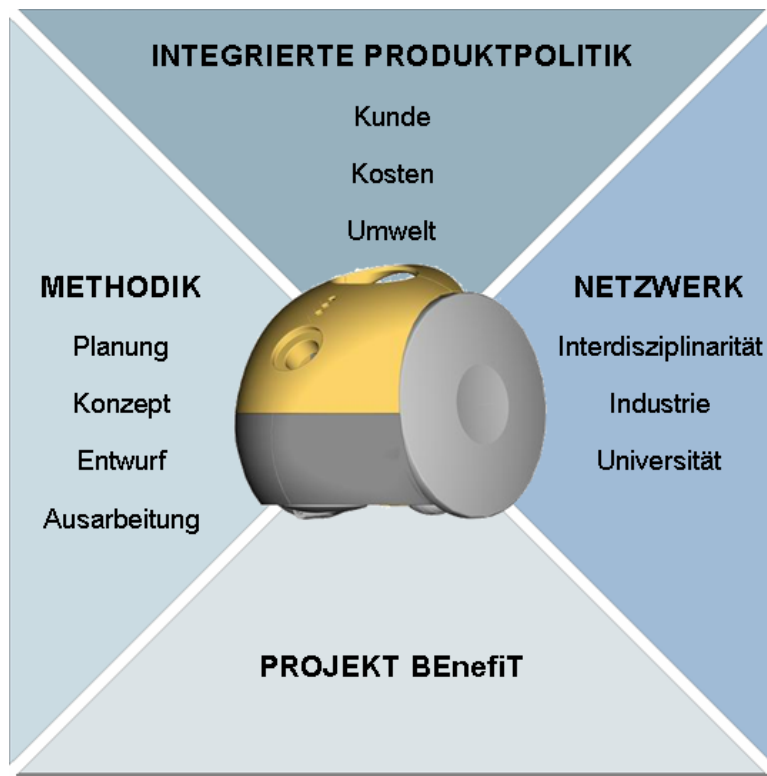
Was verstehen wir unter Integrierter Produktpolitik?

Unter Integrierter Produktpolitik verstehen wir eine ganzheitliche Sicht und vernetzte Vorgehensweise zur stetigen Verbesserung von Produkten und Dienstleistungen hinsichtlich der Wirkung auf Umwelt und Menschen.

METHODIK

Warum Einsatz von Methodik?

Der Erfolg eines Produkts und damit eines Unternehmens wird vom Spannungsfeld Termin, Kosten und Qualität geprägt. Unter Kenntnis dieser Einflüsse und der immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen wird ersichtlich, dass die Produktentwicklung gefordert ist, immer schneller zu einem immer besseren und günstigeren Produkt zu kommen. Die Konstruktionsmethodik bietet dem Produktentwickler eine problemorientierte Vorgehensweise an, um mit wenigen Iterationsschritten zu neuen und innovativen Lösungen zu gelangen.



NETZWERK

Was sind die Voraussetzungen für ein erfolgreiches Netzwerk?

Um ein breites Fach- und Methodenwissen im Entwicklungsteam zu sichern, müssen Personen aus Unternehmen und Hochschulinstituten unterschiedlicher Fachdisziplinen zusammenarbeiten.

PROJEKT BEnefit

Was sind die Ziele des Projekts?

Die Ziele des BEnefit Projektes lassen sich grob in zwei Bereiche einteilen. Zum einen ist dies die Entwicklung innovativer, nachhaltiger Produkte, zum anderen die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit derartiger Erzeugnisse auf dem nationalen und internationalen Markt.

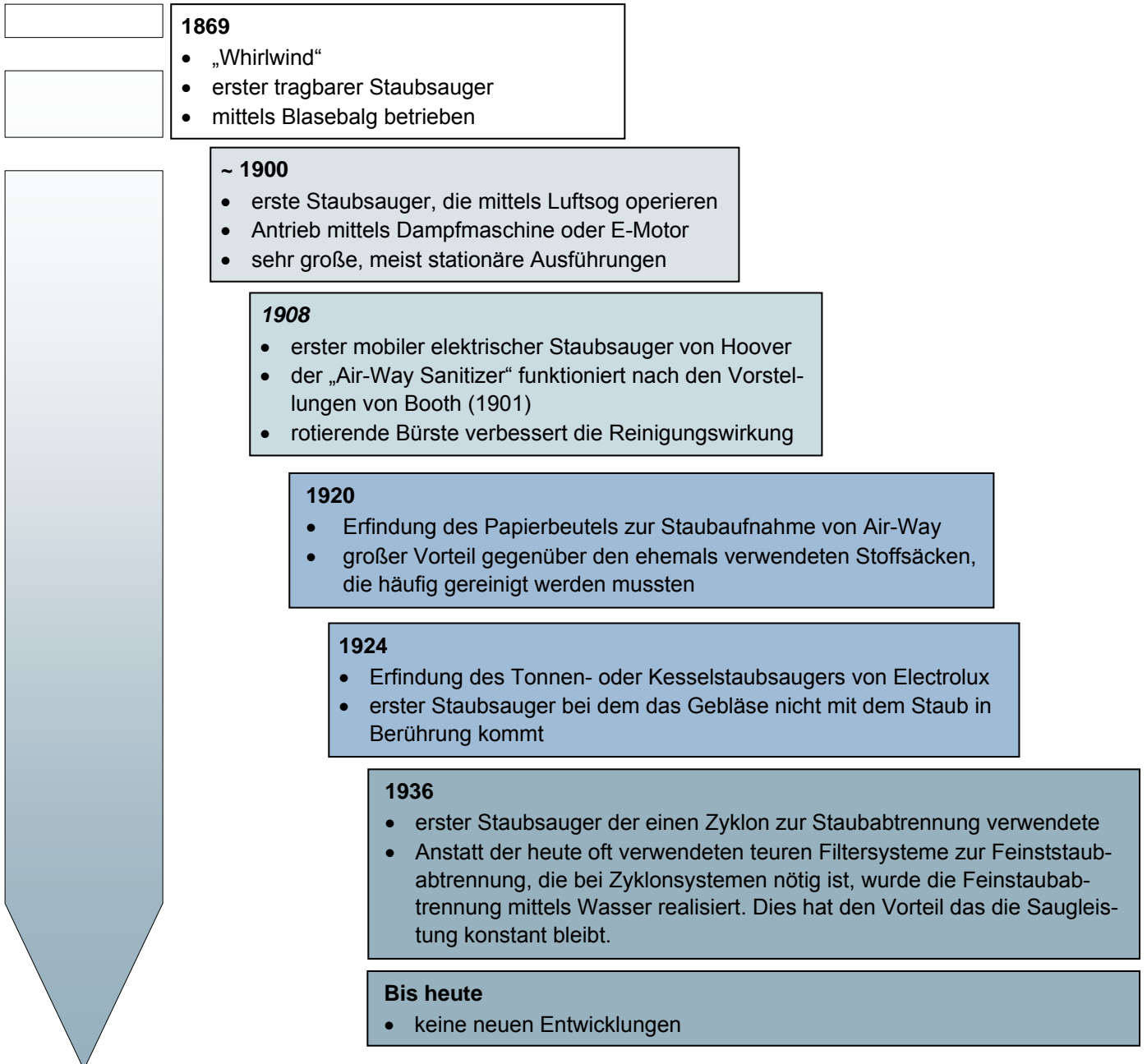
AUSGANGSSITUATION

Um welches Produkt handelt es sich?

Bei der Suche nach einem „geeigneten“ Produkt war wichtig, dass es sich um ein offensichtlich vollständig ausgereiztes und ausgereiftes Massenerzeugnis han-

delt. Nach umfangreichen Recherchen fiel die Entscheidung auf einen Haushalts-Bodenstaubsauger.

Historie

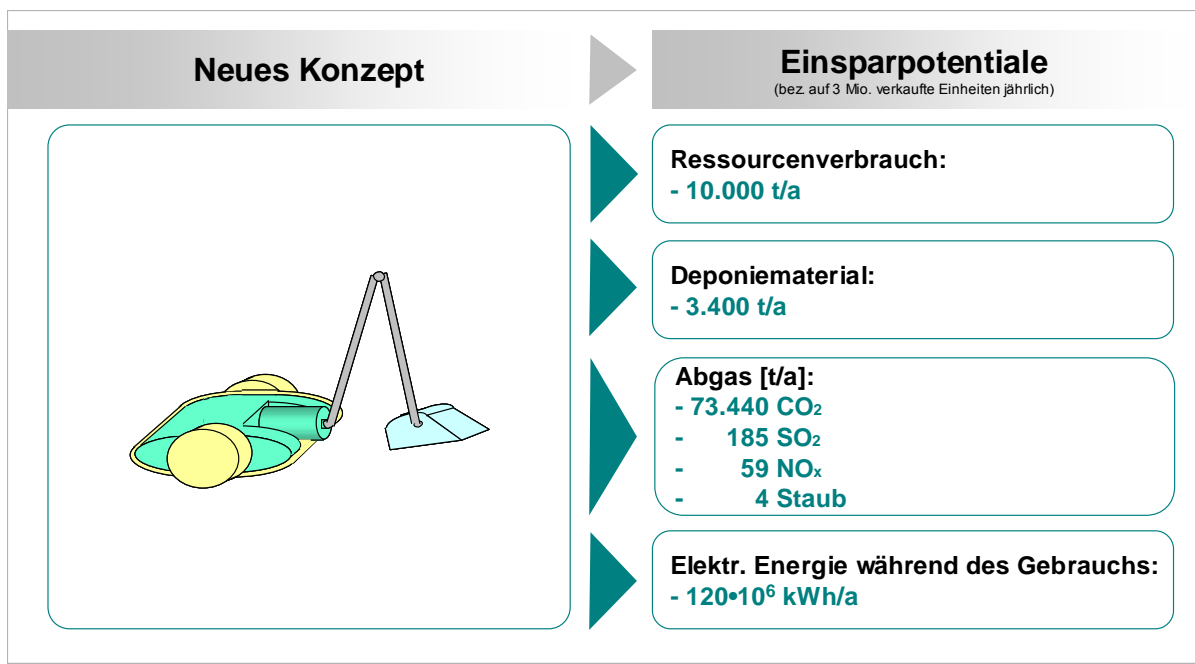


Einsparpotential

Welches Einsparpotential hinsichtlich Ressourcen, Stoff- und Energiefluss in diesen als vermeintlich ausgereiften Produkt „Bodenstaubsauger“ steckt, zeigen folgende Analysen:

Derzeit werden ca. 3 Millionen Einheiten pro Jahr verkauft. Unter der Annahme einer jährlichen Betriebszeit von etwa 80 Stunden können sich beachtliche Einsparpotentiale einerseits bei Ressourcen- und

Energieverbrauch ergeben. Ein vollkommen neues Konzept eines Bodenstaubsaugers kann andererseits auch anfallendes Deponiematerial und Abgasmassen reduzieren. Bei diesen Überlegungen sind dabei noch nicht die mögliche Erhöhung der Lebensdauer und die Verringerung des Schadstoffgehaltes berücksichtigt. Die möglichen Einsparpotentiale sind im nachfolgenden Bild zusammengefasst und können im Abschlußbericht detailliert nachgelesen werden.



Einsparpotential

Entwicklungsschwerpunkte

Entsprechend der aufgezeigten möglichen Einsparpotentiale kristallisierten sich unterschiedliche Schwerpunkte für die Entwicklungsarbeiten heraus.

Die Recyclingfähigkeit stellte bei der Bearbeitung aller Themengebiete stets einen Entwicklungsschwerpunkt dar. Dazu wurde einerseits bei der Wahl sämtlicher Werkstoffe auf eine geringe Werkstoffvielfalt gesetzt, wodurch eine spätere werkstofforientierte Demontage und die Wiederverwertung der Materialien erleichtert werden. Andererseits führt eine einfache und schnelle Demontage dazu, dass die Kosten, die in den Phasen nach der Gebrauchsphase anfallen möglichst gering gehalten werden können.

Der Bodenstaubsauger wird zur Gruppe der aktiven Produkte gezählt, d. h. der Hauptanteil der während seines gesamten Lebenszyklus benötigten Energie ist während seiner Nutzungsphase anzusetzen. Dadurch war ein weiterer Schwerpunkt die Verbesserung des Wirkungsgrads und die damit verbundene Verringerung des Energieverbrauchs.

Weitere Entwicklungsschwerpunkte stellten die Minimierung der Montagezeit und somit die Reduzierung der Herstellungskosten, die einfache Handhabung und Bedienung des Gerätes sowie die Gewichtsreduzierung dar, die hinsichtlich der Kunden- und Kostenaspekte im Rahmen der IPP gefordert werden.

INTEGRIERTE PRODUKTENTWICKLUNG (IPP)

Was ist IPP?

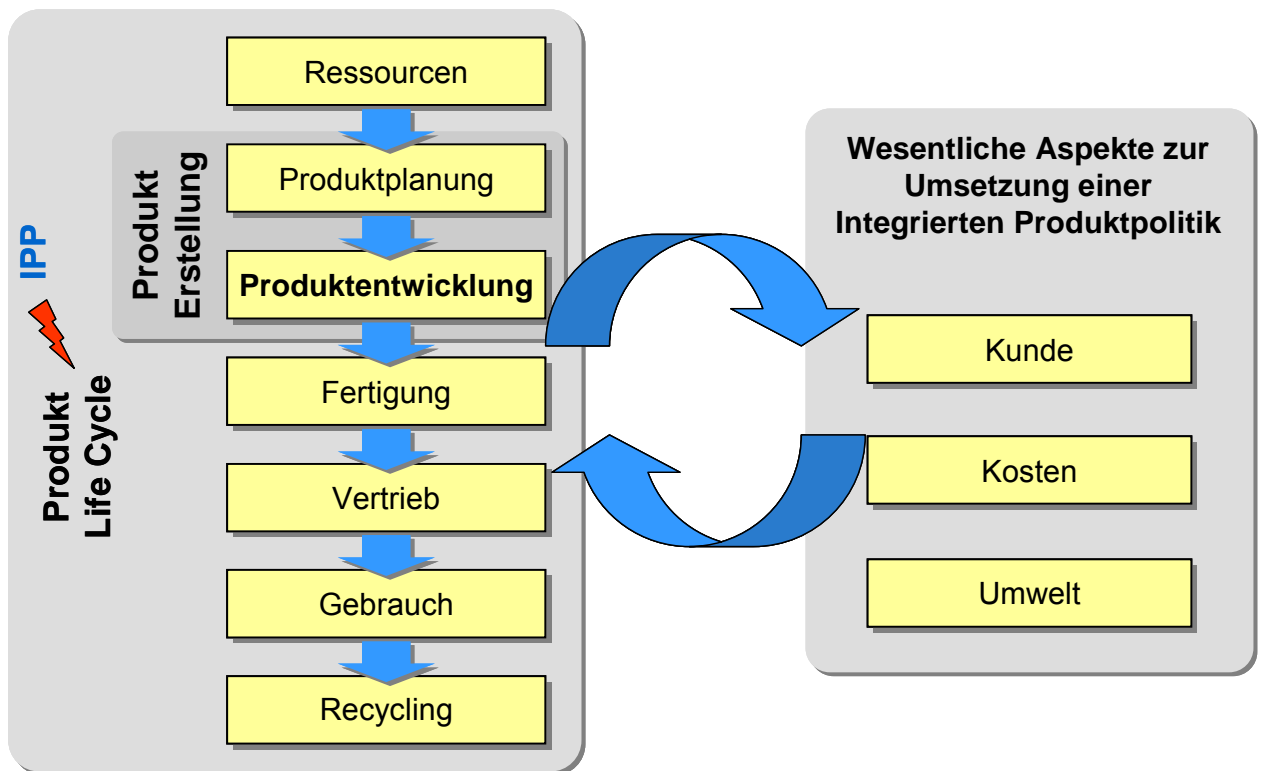
Bis heute gibt es noch keine einheitliche Definition des Begriffs IPP. Über die Jahre lässt sich jedoch ein tendenzieller Wandel erkennen. Als der Begriff Integrierte Produktpolitik aufkam, wurde darunter eine vornehmlich staatliche Aufgabe verstanden, die sich ausschließlich auf Produkte und deren Herstellung konzentrierte. Im Laufe der Zeit weitete sich die Betrachtungsebene von der Produktionsphase auf den gesamten Produktlebenszyklus aus und auch Dienstleistungen nehmen in der IPP eine wichtige Stellung ein. Zudem erweiterte sich die anfänglich staatliche Ausrichtung auf alle Akteure entlang des Produktlebensweges und basiert zunehmend auf deren Kooperation.

Die Auffassung und Umsetzung des IPP-Gedankens im BEnefiT-Projekt basieren auf der Definition, die im

Rahmen des Umweltpaktes Bayern formuliert wurde:

„Integrierte Produktpolitik fördert und zielt auf eine stetige Verbesserung von Produkten und damit zusammenhängenden Dienstleistungen hinsichtlich ihrer Wirkungen auf Menschen und Umwelt entlang des gesamten Produktlebensweges“.

Dies stimmt im Wesentlichen auch mit der IPP-Definition der EU überein, auf der das Projekt aufbaut. Aber auch soziale und ökonomische Aspekte entlang des gesamten Lebensweg eines Produktes, von der Konzeption und Konstruktion über die Nutzung bis hin zur Entsorgung, fließen in die Betrachtungen mit ein.



Im Rahmen der IPP integrierte Aspekte in den Produktlebenszyklus

Die Basis der Integrierten Produktpolitik

Grundelemente der IPP

Trotz dieser unterschiedlichen Definitionsansätze kristallisieren sich beim Verständnis über die IPP wesentliche Gemeinsamkeiten, in den Bereichen *Integration, Produkte und Dienstleistungen* wie auch *Akteure* heraus.

Integration

Das Konzept der Integration, die im Rahmen der IPP einen Mittelpunkt darstellt, bezieht sich auf vier unterschiedliche Ebenen.

Im Gegensatz zu bisherigen umweltpolitischen Ansätzen, in welchen vorwiegend die Bereiche Produktion und Recycling einen entscheidenden Einfluss auf die Produktentwicklung hatten, wird bei der Integrierten Produktpolitik der gesamte Produktlebenszyklus in den Entwicklungsprozess einbezogen. Neben einer stofflichen Analyse des Lebensweges von Produkten oder Dienstleistungen werden auch Aspekte der Ökonomie und Soziologie integriert.

Integration steht im Zusammenhang mit IPP auch für eine medienübergreifende Betrachtung der ökologischen Wirkungen von Produkten oder Dienstleistungen. D. h. eine Verlagerung von Schadenspotentialen innerhalb der Umweltmedien wird durch eine ganzheitliche Betrachtung des Produktlebensweges vermieden.

Neben dem Kernbereich der Umweltpolitik berührt eine Integrierte Produktpolitik zusätzlich andere politische Bereiche. Insbesondere durch die ganzheitliche Betrachtung des Produktlebensweges ist die Integration ökologischer Zielsetzungen in wirtschaftliche und soziale Politikbereiche unumgänglich und stellt einen wechselseitigen Prozess dar.

Die Umsetzung der IPP erfolgt unter Einsatz vielfältiger Instrumente und Maßnahmen, die unterstützend in den Entwicklungsprozess integriert werden. Dabei wird auf „weiche, flexible“ aber dennoch effektive Instrumente gesetzt, die je nach Problemstellung angepasst werden können.

Produkte und Dienstleistungen

Der Geltungsbereich der Integrierten Produktpolitik bezieht sich neben Produkten auch auf Dienstleistungen, die ebenfalls einen Beitrag zur Belastung und Entlastung der Umwelt leisten können. Auch wenn Dienstleistungen gegenüber Produkten eine untergeordnete Rolle einnehmen, kann durch deren Berücksichtigung bereits im Entwicklungsprozess zusätzlich eine Reduktion der möglicher Umwelteinwirkungen resultieren.

Akteure

Der Entwicklungsprozess nach Gesichtspunkten der IPP sieht eine Kooperation aller Akteure vor, die entlang des Produktlebenszyklusses direkten oder indirekten Einfluss auf die ökologischen Eigenschaften des Produktes bzw. Dienstleistungen nehmen können. Durch diese interdisziplinäre Zusammenarbeit wird der Aspekt der Ganzheitlichkeit verstärkt und sichergestellt, dass alle Gesichtspunkte, die für ein nachhaltiges Produkt von Relevanz sind, in allen Phasen des Produktentstehungsprozesses berücksichtigt werden.

Diese Grundelemente der IPP, die sich im Laufe der Zeit herauskristallisiert haben, bilden gleichzeitig die inhaltliche Basis des Grünbuches zur IPP, das im Februar 2001 von der Europäischen Kommission als Diskussionsgrundlage veröffentlicht wurde.

Integrierte Produktentwicklung (IPE) als Basis der IPP

Die integrierte Produktentwicklung (IPE), die schon seit einigen Jahren zum modernen Instrumentarium der Produktentwicklung gehört, ist ein wesentlicher Teil für die Umsetzung der Integrierten Produktpolitik.

Unter „Integrierter Produktentwicklung“ verstehen wir ein ganzheitliches Denken in Verbindung mit einem gemeinschaftlichen, interdisziplinären Handeln bei der Entwicklung von Produkten. Es ist eine zielgerichtete Kombination organisatorischer, methodischer und technischer Maßnahmen, genutzt von ganzheitlich denkenden und arbeitenden Produktentwicklern. Partnerschaftliches, interdisziplinäres Arbeiten so-

wohl innerhalb des Unternehmens als auch mit Kunden und Zulieferanten tragen dazu bei. Die methodische Vorgehensweise ermöglicht die Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus mit der verstärkten Wechselwirkung zwischen Produkt und Prozess.

Somit empfiehlt es sich den Ansatz der IPE als Ausgangsbasis zu wählen, um nachhaltige Produkte im Sinne der IPP zu realisieren. Die darin postulierte Sicht und die sich daraus entwickelnden Vorgehensweisen stellen sicher, dass neue Produkte entwickelt werden können, die die Bedingungen des IPP-Ansatzes erfüllen.



Integrierte Produktentwicklung als Basis der IPP

Netzwerk

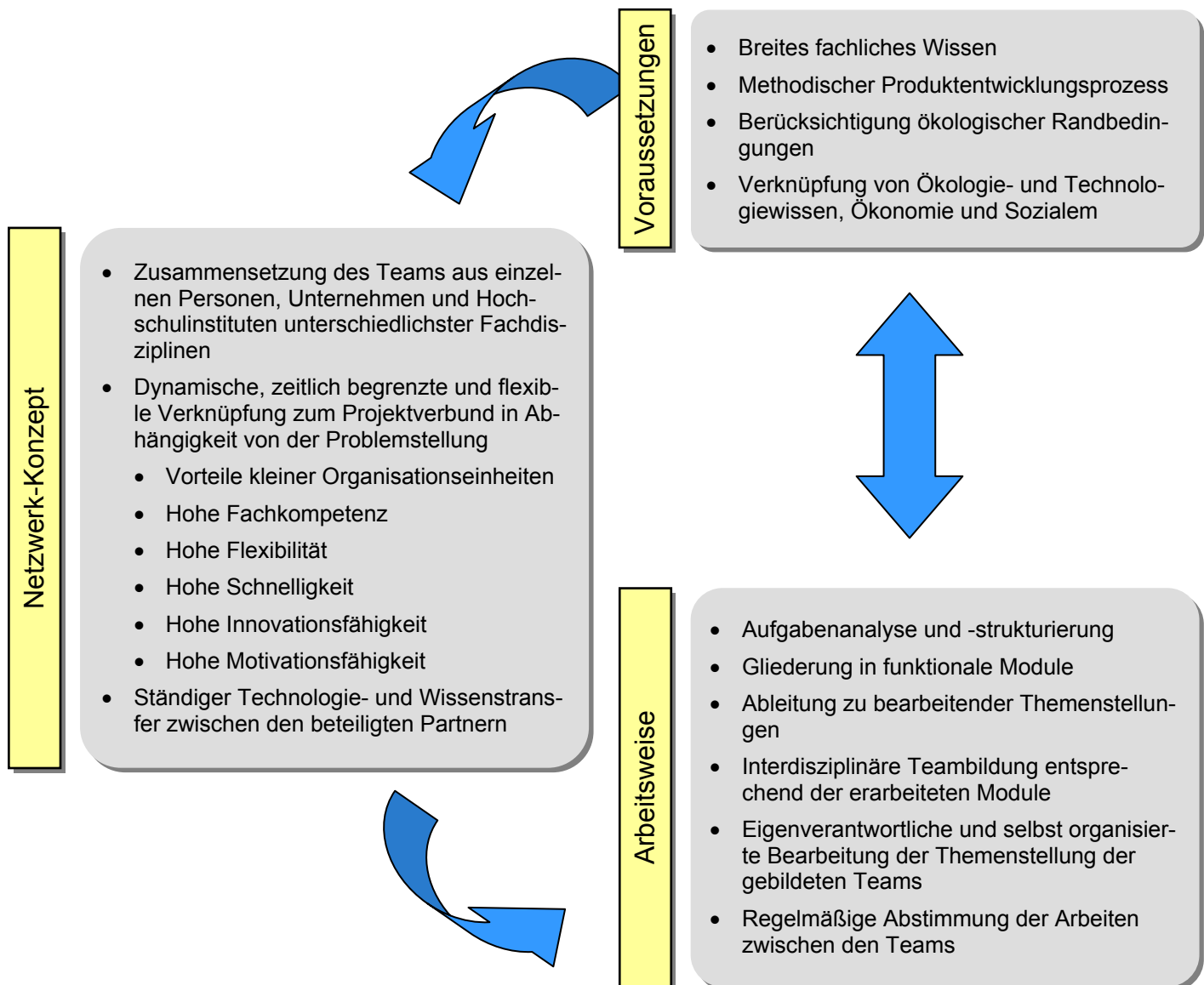
Der Netzwerkgedanke

Eine ganzheitliche Produktbetrachtung, wie sie die Integrierte Produktpolitik postuliert, lässt sich nur schwer im Alleingang realisieren. Hinzu kommt, dass sich die Produktkomplexität durch eine zunehmende Funktionsintegration ständig erhöht.

Um den daraus resultierenden und geforderten Arbeitsumfang zu bewältigen, sind Kooperationsnetzwerke erforderlich. Diese Netzwerke sind idealerweise interdisziplinär aufgebaut, sodass Produktentwickler aller erforderlichen Fachdisziplinen ihr spezifi-

sches Fachwissen schon bei der Konzeption „IPP-gerechter“ Produkte einfließen lassen können.

Damit sind die Kernkomponenten eines erfolgreichen Netzwerkkonzepts neben einer engen Kooperation zwischen Unternehmen und Hochschulinstituten deren gut funktionierende Kommunikation, die problem-spezifisch flexible Struktur und der sich dadurch ergebende ständige Technologie- und Wissenstransfer.

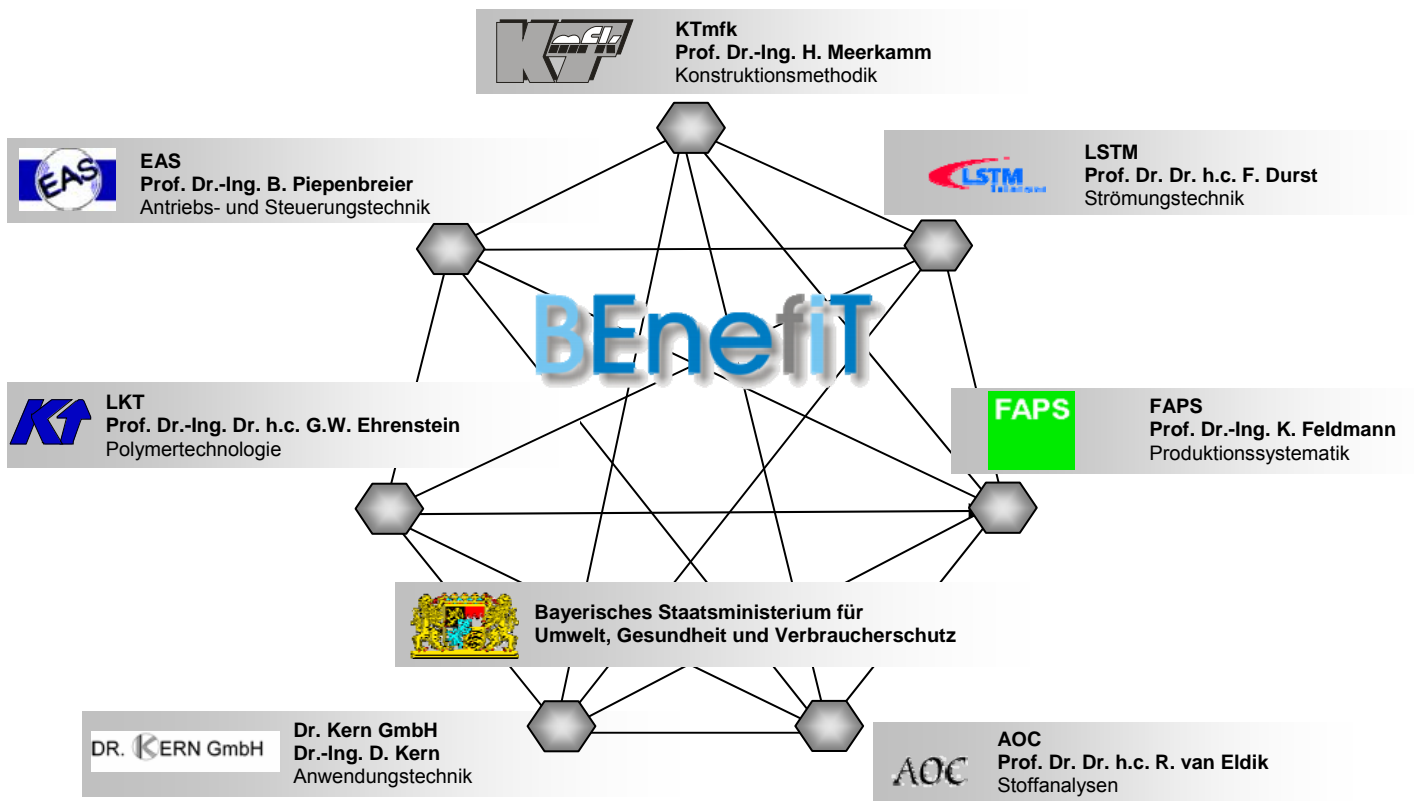


Das Netzwerk BEnefiT

Was ist BEnefiT?

Der Projektname *BEnefiT* steht für „**B**ayerisches **E**ntwicklungs**n**etz für innovative **T**echnologien“ – mit „High“- und „Clean“-Technology zu marktfähigen Produkten. Dabei werden unter „Clean“-Technologies Technologien verstanden, die zur Realisierung von Produkten mit integriertem Umweltschutz notwendig sind und somit unsere natürlichen Lebensgrundlagen schützen. Damit derartige Erzeugnisse den steigenden Ansprüchen und Bedürfnissen der Kunden ent-

sprechen und somit konkurrenzfähig gegenüber konventionellen Produkten sind, kommen so genannte „High“-Technologies zum Einsatz. Darunter verstehen wir nicht nur Hochtechnologie im konventionellen Sinne, sondern insbesondere der Einsatz moderner Technologien zur Unterstützung und Effizienzsteigerung des Entwicklungsprozesses nachhaltiger Erzeugnisse.



Netzwerk BEnefiT—Pilotprojekt

Ziele von BEnefiT

Hohe Lohn- und Gehaltskosten machen Deutschland als Standort für Unternehmen immer weniger attraktiv, was nicht zuletzt zum Niedergang einiger traditionsreicher und renommierter Unternehmen führte. Für eine Trendwende sind jedoch Impulse nötig, die mit Hilfe neuer, innovativer Produkte mit integriertem Umweltschutz gegeben werden sollen. Derartige Produkte, die von Hause aus ganz oder zumindest weitestgehend ohne zusätzliche „End-of-Pipe“-Maßnahmen umweltfreundlich sind, lassen sich heute nur ganz selten mit herkömmlichen Lösungen erreichen. Daher ist eine geänderte, innovative Vorgehens- und Denkweise bei der Produktentwicklung notwendig.

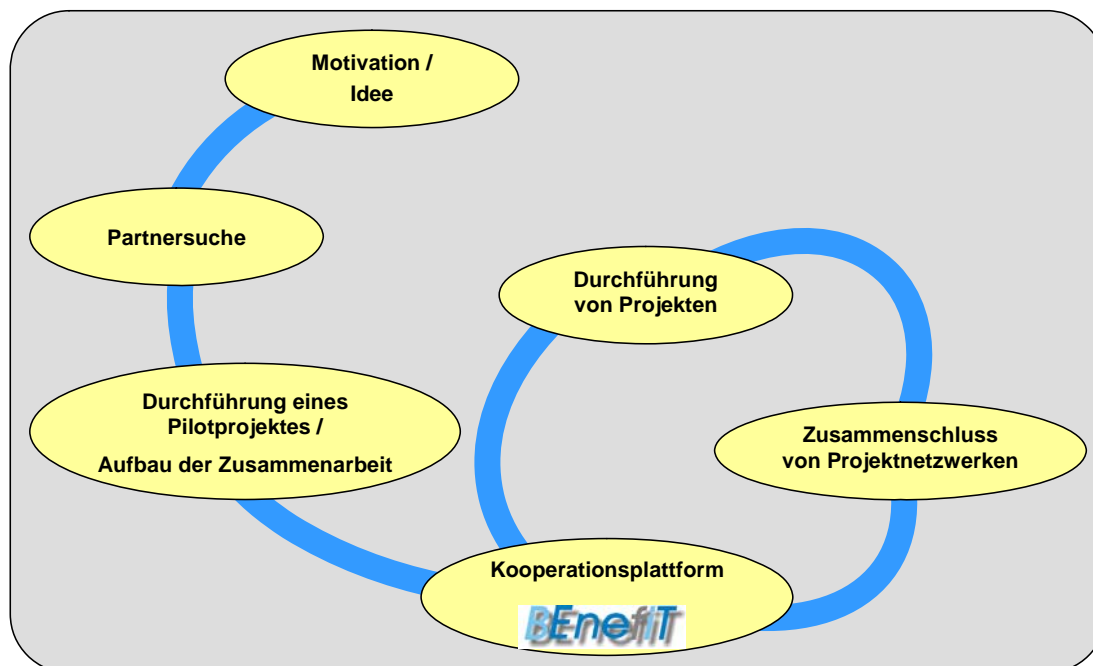
Ein weiteres Ziel des Netzwerks war es den Beweis zu erbringen, dass es möglich ist, den Widerspruch zwischen Umweltschutz und technisch-wirtschaftlichen Fortschritt aufzulösen und stattdessen eine enge Kopplung beider Ziele zu realisieren.

Umgesetzt werden diese Ziele durch die Entwicklung nachhaltiger Produkte. Der Ansatz hierfür ist die Integration von Aspekten des Umweltschutzes bereits in den frühesten Entwicklungsphasen von Produkten, da schon in der Konzeptphase der wesentliche Anteil ihrer späteren Eigenschaften festgelegt wird.

Nutzen des Netzwerks

Das Fundament virtueller Netzwerke oder Verbünde bilden Kooperationsnetzwerke, innerhalb dessen die Partner eine gemeinsame organisatorische und technische Infrastruktur aufbauen müssen. Diese erlaubt es den Partnern sich bedarfsabhängig ad hoc zu einem dezentral organisierten Projektverbund zusammen zu finden.

Derartige Netzwerke durchlaufen verschiedene Lebensphasen, ausgehend von der Idee über die Partnersuche und den Aufbau der Zusammenarbeit in Form eines Pilotprojektes. Danach besteht eine etablierte Kooperationsplattform, welche für weitere F&E-Projekte zur Verfügung steht.



Kooperationsplattform BEnefiT

METHODIK

Bei der Umsetzung einer Integrierten Produktpolitik (IPP) werden alle Gruppen, die mit einem Produkt entlang des gesamten Produktlebenszyklusses in Kontakt treten in die Verantwortung genommen. Die Produzenten, welche die Erzeugnisse produzieren und damit die Produkte als Ursache der Umweltbelastung schaffen, der Handel, welcher die Produkte vertreibt sowie der Kunde, der die Produkte kauft.

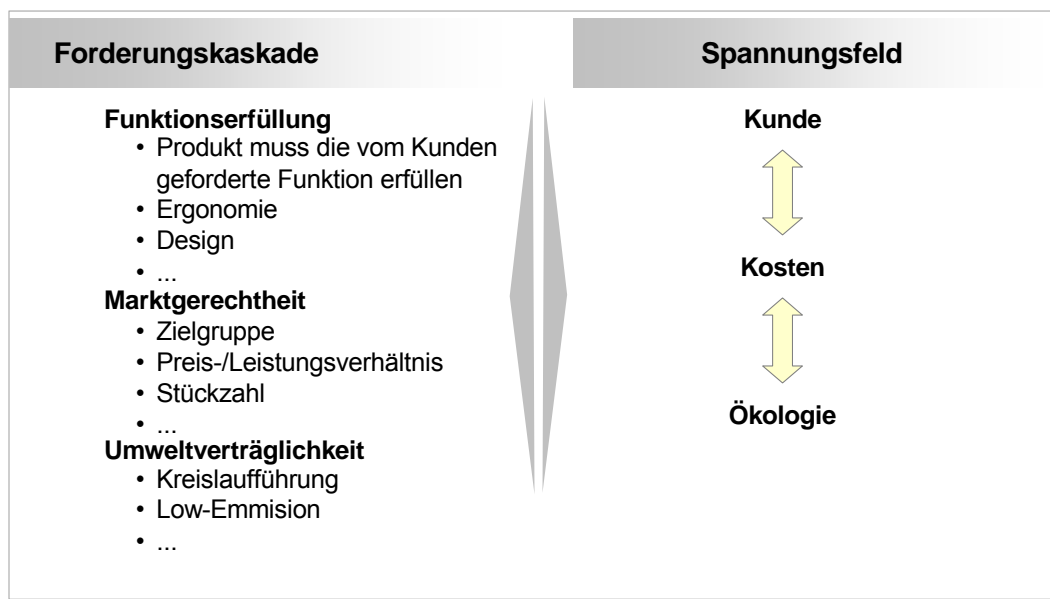
Letztendlich werden alle Erzeugnisse nur deshalb entwickelt und produziert, weil eine potentielle Nachfrage vorhanden ist oder erwartet wird. Somit können aber wiederum nennenswerte Entlastungen nur über die Kunden und nicht gegen die Kunden erreicht werden, d. h. für die Steigerung der Nachfrage nach umweltverträglicheren Produkten müssen Kundenanforderungen von umweltverträglichen Produkten mindestens in der gleichen Weise erfüllt werden, wie von anderen Kaufalternativen. Dies bedeutet zu einem mit dem Wettbewerb vergleichbarem Preis.

Daraus sind bei der Beschreibung der Anforderungen an umweltgerechte Produkte, welche gleichzeitig

wettbewerbsfähig sind, drei Anforderungsgruppen ableitbar:

- Kundenanforderungen
- Kostenanforderungen
- Umweltaforderungen

Unter Kundenanforderungen sind diejenigen zu verstehen, die direkt der Erfüllung der gestellten Aufgabe (Funktion, Bsp.: „Staub saugen“), sowie des einfachen und ergonomischen Produkteinsatzes dienen. Die Erfüllung dieses Produktzwecks darf allerdings für den Kunden nicht teurer sein, als ein vergleichbares Erzeugnis. Eine Erhöhung des Kaufpreises kann lebenszyklusorientiert für den Kunden eine Kostenreduzierung bedeuten, sie muss jedoch entsprechend durch das Marketing und den Verkauf kommuniziert werden. Sind diese Anforderungen erfüllt, so sind wichtige Grundsteine für den Erfolg eines umweltgerechten Erzeugnisses auf dem Markt gelegt. Daraus ergibt sich ein Spannungsfeld zwischen Kundenforderungen, Kostenforderungen und Umweltforderungen:



Spannungsfeld und Forderungshierarchie zur Etablierung umweltverträglicher Erzeugnisse am Markt

Entwicklungsmethodik

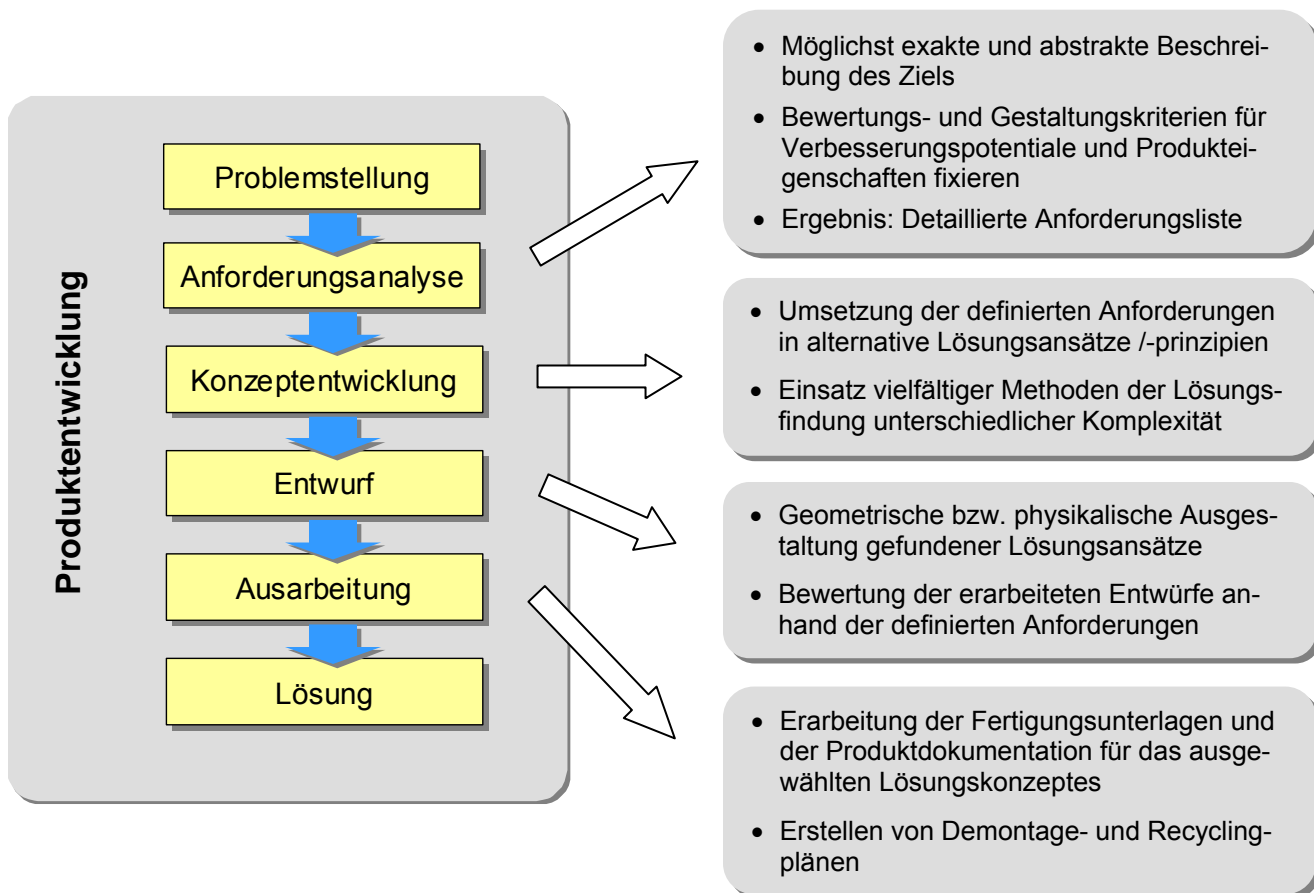
Ablauf

Der Ablauf der Entwicklungsmethodik ist von allgemeingültigem Charakter und kann mit entsprechend aufgabenspezifischer Anpassung einfach für andere Produktentwicklungsprozesse übernommen werden.

Das Vorgehen im Projekt gliedert sich grundsätzlich in folgende Phasen:

1. Klären der Aufgabenstellung; Voruntersuchungen und Aufbau von Versuchseinrichtungen
2. Konzeptentwicklung
3. Entwurf; Optimierung und Erprobung
4. Ausarbeitung und Umsetzung
5. Erprobung

Die Phasen gliedern sich in enger Anlehnung an die methodische Produktentwicklung gemäß der VDI-Richtlinie 2221 und beziehen sich sowohl auf das Gesamtprodukt als auch auf separat behandelte Teilmodule. Diese Gliederung stellt ein übersichtliches Schema dar, welche jedoch erweitert sind, um Aspekte zur Entwicklung umweltgerechter, wettbewerbsfähiger Erzeugnisse besonders zu berücksichtigen. Deshalb wird die Projektbearbeitung konsequent an den Anforderungsgruppen Kunde, Kosten, Umwelt orientiert.



Ablauf einer Entwicklungsmethodik

Ziele und Ergebnisse der Arbeitsschritte

Klären der Aufgabenstellung:

- Klären und Spezifizieren gewünschter Kunden- / Kosten- und Umwelanforderungen. Hierbei stellen Umwelanforderungen nur ein Ziel dar, das erreicht werden sollte.
- Ergebnis dieser Phase ist eine Spezifikation bzw. die Anforderungsliste. Sie bildet die Grundlage der nachfolgenden Arbeitsschritte und ist stets entwicklungsbegleitend zu aktualisieren und mit neuen Erkenntnissen abzugleichen. Sie enthält Zuständigkeiten und Abhängigkeiten.

Konzeptentwicklung:

- Suche und Erarbeitung von Lösungsalternativen
- Verbal argumentative Bewertung der Konzeptalternativen bezüglich der Anforderungsgruppen - Kunde, Kosten, Umwelt - durch das interdisziplinäre Expertengremium der Arbeitsgruppe sowie Klassifizierung der Lösungsvorschläge hinsichtlich des Umsetzungsaufwandes.

Entwurf, Erprobung und Optimierung:

- Gliederung und Detaillierung der ausgewählten Variante
- Ganzheitliche Bewertung der Umwelteigenschaften bei der Festlegung und Optimierung der einzelnen Produktdetails wie z.B. Werkstoffe, Produktstruktur, Wirkungsgrad, etc.

Ausarbeitung / Umsetzung:

- Ausarbeitung von Dokumentationsunterlagen für Fertigung, Nutzung und End-of-Life
- Berücksichtigung von Ergebnissen von Optimierungsverfahren

An diese Phase schließen sich abschließende Produkttests an, soweit Entwicklungen nicht bereits durch begleitende Versuche verifiziert wurden.

Die Berücksichtigung der Umweltauswirkungen sowie die zunehmende Komplexität heutiger Produkte erfordern ein sehr breites Wissen. Daher ist die Vorgehensweise stark von interdisziplinärem Charakter. Die Zusammenarbeit der einzelnen Disziplinen muss deshalb strukturiert und in einem geordneten Ablauf überführt werden. Die einzelnen Phasen sind deshalb nach Gliederung der Arbeitsinhalte von verschiedenen aufgabenspezifischen Teams, die je nach Aufgabenstellung zeitlich befristet zusammenarbeiten, abzuarbeiten.

Im Sinne einer lebenswegorientierten Betrachtung sind Kosten- und Umwelanforderungen entsprechend des Produktlebenszyklusses parallel zum Entwicklungsprozess aufzustellen und können somit bei Entscheidungsfindung helfen.

Strukturierung der Arbeitsinhalte und Bildung von Arbeitsgruppen

Für die Strukturierung der Arbeitsinhalte ist die Analyse der in der Anforderungsliste geforderten Produkteigenschaften unerlässlich. Dadurch können die geforderten Funktionen einfach und deutlich herausgearbeitet werden. Mit Hilfe einer geeigneten Gewichtung und Reduzierung der meist großen Anzahl an Forderungen und eine abstrakte, lösungsneutrale Formulierung wird die Haupt- oder Gesamtfunktion herausgearbeitet. Diese wird wiederum in sinnvolle Teilfunktionen aufgegliedert.

Diese sind Basis der Arbeitsgruppen, die je nach Art der zu erfüllenden Funktion und des notwendigen fachlichen Know-hows zusammenzustellen sind. Sie bearbeiten gemäß der Entwicklungsmethodik die der Gruppe gestellten Aufgaben. Die Gruppen bestimmen dazu aufgabenabhängig selbstständig das zur Problemlösung zweckmäßige Vorgehen.

PROJEKT Benefit

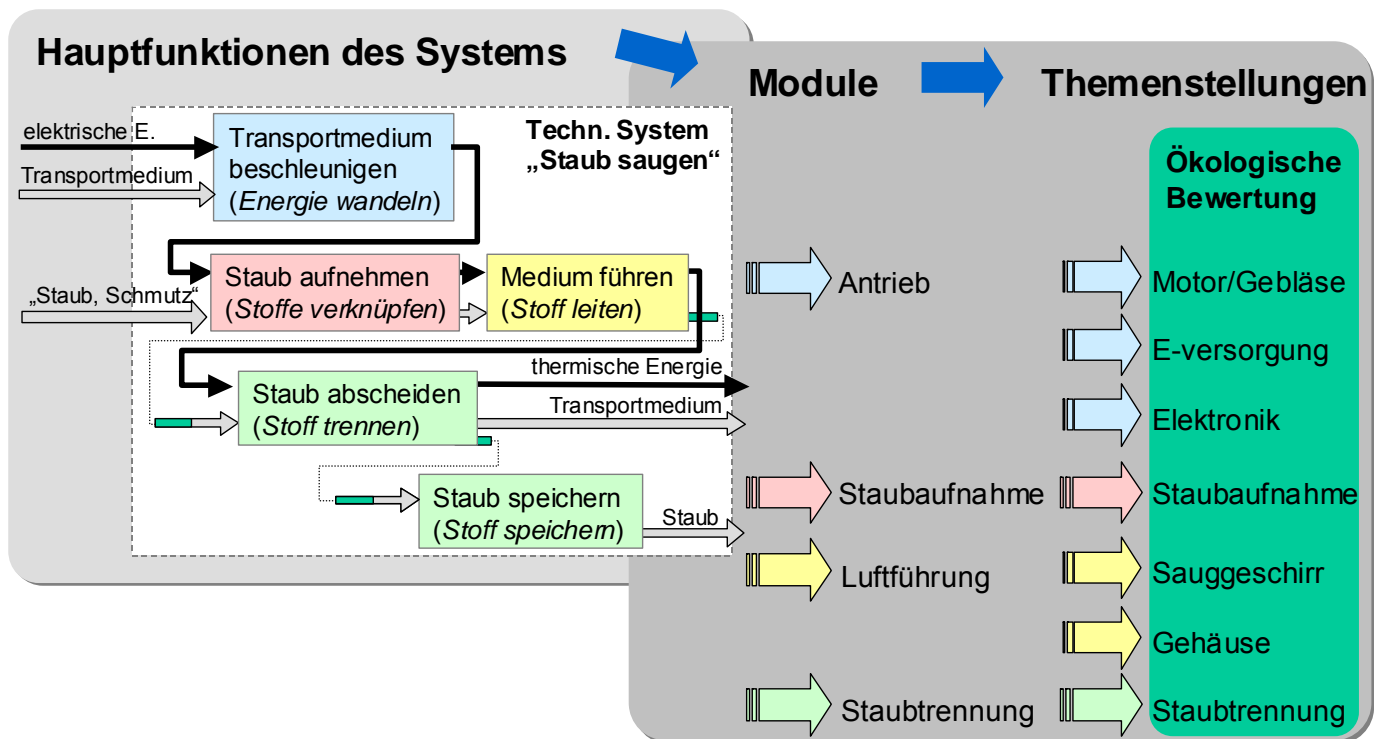
Strukturierung und Arbeitspakete

Für das am Beispiel eines Bodenstaubsaugers vorgestellte Pilotprojekt ergeben sich die nachstehend lösungsneutral dargestellten Hauptfunktionen des technischen Systems. Diese abstrakte und lösungsneutrale Gliederung in ihre wesentlichen Teilfunktionen führt auf die im Bild links dargestellten Schwerpunkte, woraus sich die Arbeitsinhalte der Arbeitsgruppen (rechts) ableiten lassen. Die Auswahl und Zusammenstellung der in den Teams notwendigen Fachdisziplinen kann in Anlehnung an die mögliche Realisierung der Teilaufgaben geschehen.

Funktionelle, produktbezogene Abhängigkeiten, welche sich auch in thematischen Abhängigkeiten der Arbeitsgruppen widerspiegeln, werden durch Zusammenhänge im Stoff-, Energie- oder Informationsfluss

zwischen den Teilfunktionen wiedergegeben und können dadurch im Informationsfluss über Teamgrenzen hinweg berücksichtigt werden.

Im weiteren Arbeitsfortschritt müssen die einzelnen Arbeitsgruppen gegenseitig über ihre Arbeitsergebnisse berichten, um Schnittstellen und neue Abhängigkeiten zu entdecken. Hierbei können Arbeitspunkte deutlich werden, welche die Gründung neuer Arbeitsgruppen sinnvoll macht. Diese bilden sich idealerweise durch Selbstorganisation und eigenmotivierter Auswahl sowie Zusammenstellung der Gruppenmitglieder. Die Arbeitsergebnisse werden durch die Abhängigkeitssituation gegenseitig verifiziert, sollten jedoch von einer leitenden Instanz regelmäßig kontrolliert werden.



Ableitung von Arbeitsgruppen aus den Teilfunktionen des Technischen Systems

Umsetzung am Beispiel des Themengebietes Gehäuse

Der methodische Arbeitsablauf wird im Rahmen dieses Leitfadens am Beispiel „Themengebiet Gehäuse“ demonstriert. Durch die allgemein gehaltenen Formulierungen, die exemplarisch nachvollzogen werden können, wird eine einfache Übertragbarkeit auf andere Problemstellung sichergestellt.

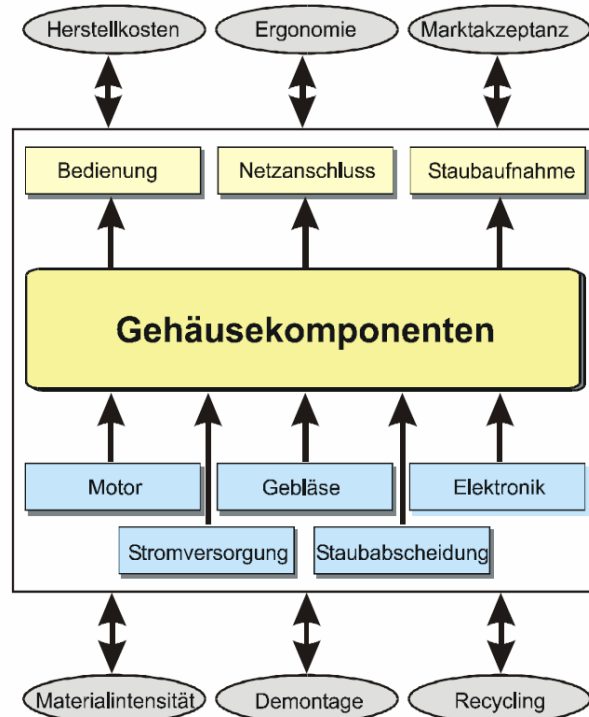
Angelehnt an den Entwicklungsansatz auf Basis der Konstruktionsmethodik und der Integrierten Produktentwicklung führen folgende fünf Arbeitsschritte bzw. Arbeitspakete zur Realisierung eines nach IPP-Kriterien konstruierten Produktes bzw. Gehäuses.

- Anforderungsanalyse
- Analyse konventioneller Lösungskonzepte
- Herausarbeiten von Optimierungspotentialen
- Entwicklung alternativer Lösungskonzepte
- Umsetzung des Lösungskonzepts

Welche Rolle spielt das Gehäuse?

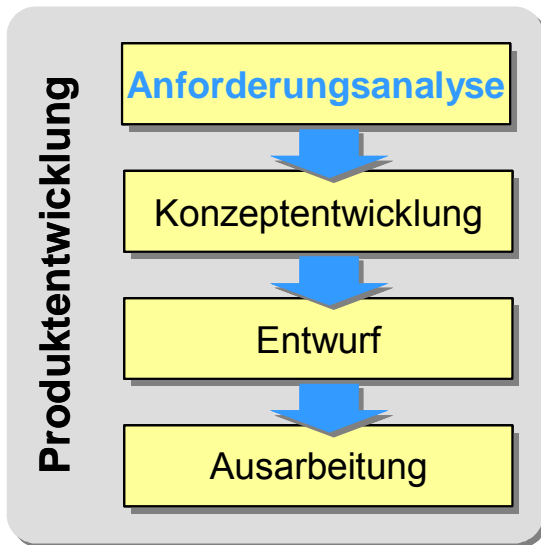
Gehäusekomponenten erfüllen für den überwiegenden Anteil auch unterschiedlichster, technischer Produkte die Rolle eines zentralen Funktionsträgers. Sie dienen der Aufnahme von Baugruppen, die zur Funktionserfüllung eines Produktes notwendig sind, und stellen die Schnittstelle zur Umwelt wie z.B. Benutzer,

Stromversorgung oder Peripheriekomponenten dar. Damit beeinflusst die Gehäusegestaltung über den gesamten Lebenszyklus hinweg wesentliche Kriterien wie Herstellkosten, Marktakzeptanz (Design-Aspekte), Ergonomie, Ressourceneffizienz, Recyclingeignung und -kosten



Zentrale Rolle von Gehäusekomponenten am Beispiel Staubsauger

Welche Anforderungen werden an das Gehäuse gestellt?



Ablauf Entwicklungsprozess -
Anforderungsanalyse

Die Anforderungen und die entsprechenden Funktionen bilden die Basis für alle nachfolgenden Entwicklungsarbeiten. Aus diesem Grund ist es von besonderer Bedeutung, die jeweilige Problemstellung genau zu analysieren und die Schwerpunkte herauszuarbeiten.

In Form eines „Round Table“ wurden – ausgehend von verschiedenen Referenzprodukten – zunächst detailliert die zu realisierenden Funktionen ermittelt. Die resultierenden Anforderungen bezüglich Umweltaspekte, Kostenaspekte, Kundenaspekte und eingesetzter Technologien wurden aufgrund der Komplexität der Baugruppe für jede Einzelfunktion des Gehäuses betrachtet und berücksichtigt.

“Round Table”



Funktionsforderungen

- Aufnahme der Module
=> Motor/Gebläse/Elektronik
- => Kabelrolle
- => Staubabscheidung
- => Bedienelemente

Kunden-/Marktanforderungen

- Sicherheit
- Ergonomie
- Optik
- geringes Gewicht / kleine Baugröße
- hohe Beweglichkeit des Gerätes
- ...

Kostenforderungen

- Ca. 31,- DM mit Montage

Forderungen aus Umweltsicht

- 60% Verwertungsquote
- Stoffeinsatz minimieren
- Maximaler energetischer Wirkungsgrad
- Modulorientierte Verwertungskompatibilität
- Trennbarkeit
- ...

Auftrag: BENEFIT		Anforderungsliste für: Gehäuse		Bearbeiter: B. Rosemann	Datum: 23.01.2001	Blatt: 1 / 1
Gliederung	Forderung (FF, BF, WF)	Anforderungsliste			Verantwortlicher:	
		Nr.	Bezeichnung	Wert, Erläuterung		
Zweck / Funktion	FF	1	Mechanische Aufnahme von Motor und Gebläse	Stabile Fixierung, Abfuhr von ca. 300 Watt elektrischer Verlustleistung (Wärme, Temperaturen gem. Messung Fr. Wolf); Elektrische Verbindungen (Kabeldurchführungen) luftdicht, Reduzierung der Geräuschemission von 65dB auf < 60 dB	Trautner/Melzer/Künkel/Rosem.	
	FF	2	Aufnahme der Staubabscheidung	Verwendung des Beutelprinzips; Luftdichter Abschluss des Staubraumes zur Umgebung	Trautner/Melzer/Künkel/Rosem.	
	FF	3	Aufnahme der Elektronik	Abfuhr von ca. 30 Watt elektrischer Verlustleistung (Wärme); Elektrische Verbindungen (Kabeldurchführungen) luftdicht	Trautner/Melzer/Künkel/Rosem.	
	FF	4	Aufnahme der Stromversorgung	Elektrische Verbindungen (Kabeldurchführungen) luftdicht	Trautner/Melzer/Künkel/Rosem.	
	FF	5	Aufnahme der Bedienelemente	Elektrische Verbindungen (Kabeldurchführungen) luftdicht	Trautner/Melzer/Künkel/Rosem.	

BENEFIT Arbeitsgruppe Gehäuse Eigenschaften des Referenzgerätes

Funktion: Mechanische Aufnahme

Anforderung	Lösung
Stabile Aufnahme	Fixierte Teile, neu gezeichnet, Innengehäuse in U...
Dichtheit	Gebäl...
Schwingungsarme Lagerung	Gummi...

Ermittlung der Anforderungen bei der Gehäuseentwicklung

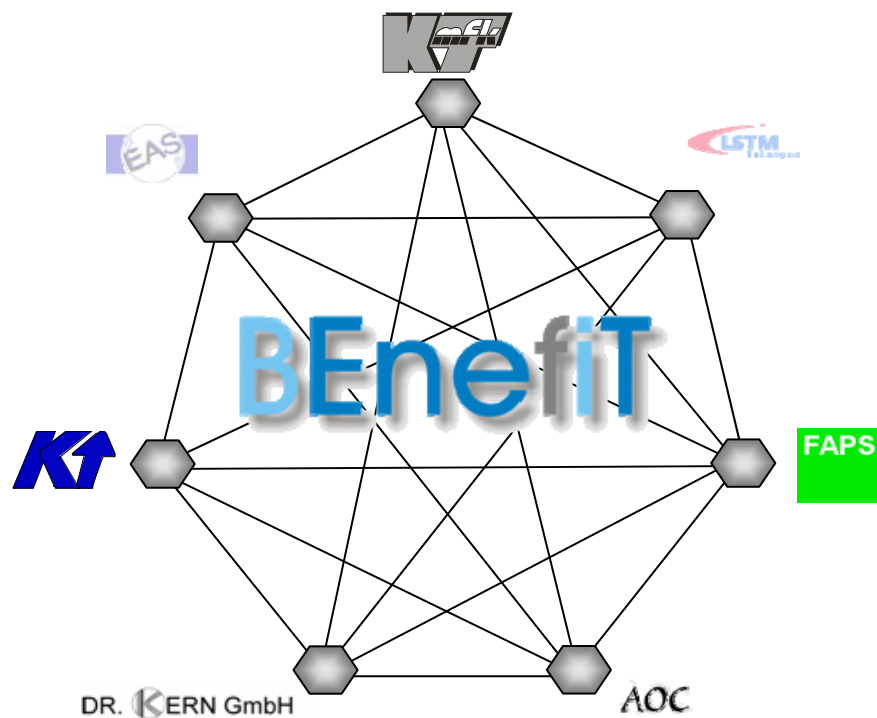
Funktionen und Anforderungen an die Gehäuseentwicklung

Funktion	Anforderung
Mechanische Aufnahme von Motor und Gebläse	<ul style="list-style-type: none"> • stabile Aufnahme • schwingungsarme Lagerung • Dichtheit • tief liegender Schwerpunkt • Geräuschkämpfung • Wärmeabfuhr
Aufnahme der Staubabscheidung	<ul style="list-style-type: none"> • Zugänglichkeit • Hygiene • Dichtheit • Strömungsführung • Füllstandanzeige • Sicherheit • optimale Lebensdauer des Staubaufnahmesystems
Aufnahme der Elektronikkomponenten	<ul style="list-style-type: none"> • mechanische Aufnahme • Schnittstelle zu Bedienelementen • Schnittstelle zur Stromversorgung • Schnittstelle zum Motor • Wärmeabfuhr
Schnittstelle zur Stromversorgung	<ul style="list-style-type: none"> • stabile Schnittstelle zur Elektronik • Zugänglichkeit
Mobilität	<ul style="list-style-type: none"> • geringes Gewicht • ergonomische Griffgestaltung • hoher Aktionsradius • Parksystem • Stabilität • aktive Beweglichkeit • Sturzbeständigkeit • Kollisionsverhalten/Kantenschutz (Stoßdämpfung/Reibung)
Ergonomie/ Design	<ul style="list-style-type: none"> • Anordnung der Bedienelemente • Bedienung mit dem Fuß • mechanische Belastbarkeit • Empfindlichkeit der Sichtflächen • kompakte Bauweise • Haptik

Aus welchen Mitgliedern setzt sich die Arbeitsgruppe „Themengebiet Gehäuse“ zusammen?

Die Rolle des Gehäuses und die sich ergebenden Anforderungen erfordern eine interdisziplinäre Zusammensetzung der Arbeitsgruppe. Die Teilnehmer des Teams waren die Projektbearbeiter der Lehrstühle für anorganische und analytische Chemie (LAAC), für Konstruktionstechnik (KTmfk), für Kunststofftechnik (LKT), für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS) sowie die Fa. Dr. Kern GmbH. Damit sind alle erforderlichen Fachdisziplinen zur Entwicklung eines IPP-gerechten Gehäusekonzepts im Team integriert.

Zahlreiche Aspekte der Arbeitsgruppe „Gehäuse“ erforderten intensive Schnittstellenarbeit zu den weiteren Arbeitsgruppen, die durch parallele Mitarbeit der Projektbearbeiter in verschiedenen Arbeitsthemen sowie durch gemeinsame Arbeitssitzungen gewährleistet war.



Mitglieder Arbeitsgruppe „Themengebiet Gehäuse“

Analyse konventioneller Lösungskonzepte und Ableitung von Optimierungspotentialen

Untersuchungen handelsüblicher Referenzgeräte erlauben die Ableitung von Optimierungspotentialen. Das Gehäuse ist als zentraler Funktionsträger anzusehen, der alle Komponenten wie Antrieb, Kabelrolle und Schaltelemente trägt und somit vielfältige interne und externe Schnittstellenfunktionen erfüllt.

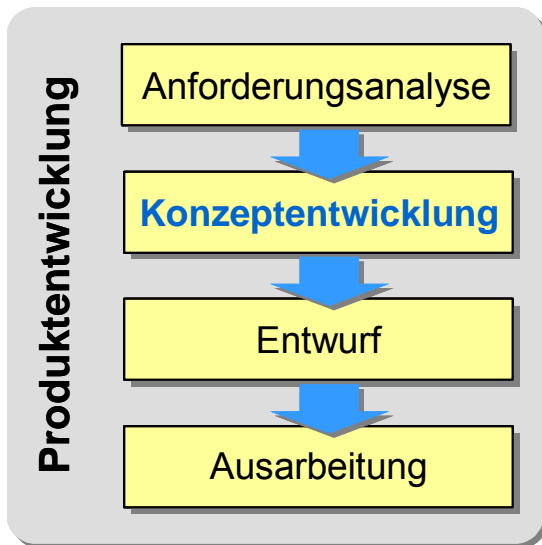
Die ermittelten Anforderungen werden an repräsentativen, handelsüblichen Geräten verifiziert und deren Umsetzungen auf Vor- und Nachteile untersucht. Aus diesen lassen sich Ansätze für die Neugestaltung des Gehäuses ableiten.

Die Realisierung der untersuchten Gerätegehäuse durch ein konventionelles Gehäusekonzept widerspricht zahlreichen ökologischen Anforderungen. Ein integriertes oder separates Innengehäuse wirkt sich negativ auf eine Reduzierung der Materialvielfalt, eine Reduzierung der eingesetzten Werkstoffmassen und damit einem geringeren Gewicht oder einer Erhöhung der Materialeffizienz aus. Daher wurden als Ansatzpunkt zur Konzeptoptimierung neben einer intelligenten Materialwahl auch die unterschiedlichen Füge- und Zerlegerichtungen bei Verwendung eines Innengehäuses betrachtet.

Methoden und Werkzeuge bei der Anforderungsanalyse

Um den Produktentwickler und die Arbeitsgruppen bei ihren Arbeitspaketen, die im Rahmen der ersten Phase der Produktentwicklung – der Anforderungsanalyse – zu unterstützen existieren zahlreiche Methoden und Werkzeuge, auf die zurückgegriffen werden kann (siehe Kasten). Um den Rahmen dieses Leitfadens nicht zu sprengen, soll an dieser Stelle nicht näher auf die einzelnen Hilfsmittel eingegangen werden und wird auf einschlägige Literatur verwiesen.

- Marktanalyse
- Brainstorming
- Methode 635
- Galerie-Methode
- Synektik
- Analyse vorhandener Produkte
- Aufdeckung umweltorientierter Potentiale:
 - Analyse der energetischen Prozesskette im System
 - Chemische Analyse der Werkstoffe in existierenden Geräten
 - Stoffliche Analyse der Gebrauchsphase (Entgasungstests)
 - Stoffflussanalyse / Recycling



Ablauf Entwicklungsprozess -
Konzeptentwicklung

Entwicklung alternativer Lösungskonzepte

Neben den Erkenntnissen aus den Analysen konventioneller Lösungskonzepte sind bei der Entwicklung alternativer Lösungskonzepte vor allem die Ergebnisse der anderen Arbeitsgruppen von entscheidender Bedeutung. Aus diesen resultiert ein Verbleiben beim konventionellen Funktionsprinzip „Saugen durch ein elektrisch angetriebenes Gebläse“ und „Staubabscheidung im Staubsack“, wodurch der Lösungsraum bereits erheblich eingeschränkt wurde.

Analysen bestehender Gehäusekonzepte aus anderen Produktbereichen wie beispielsweise Fahrradhelme oder Computergehäuse führen zu dem Erfolg versprechendem Alternativkonzept, dass auf dem Einsatz von Formschaumteilen für das gesamte Gehäuse basiert. Mit diesem von der Fa. DMT GmbH entwickelte E-PAC-Konzept können die genannten Optimierungspotentiale umgesetzt werden. Bei dieser Lösung werden die zu fixierenden Komponenten direkt in Formschaumteile aus expandiertem Polypropylen (EPP) eingelegt und mittels Pressung fixiert. Ein Vorteil ist dabei die Reduzierung von Verbindungselementen.

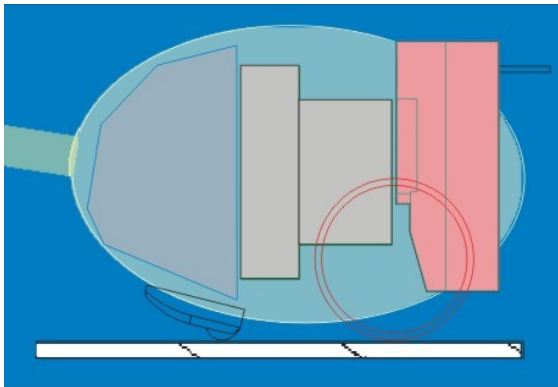
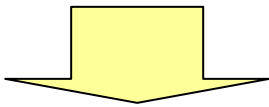
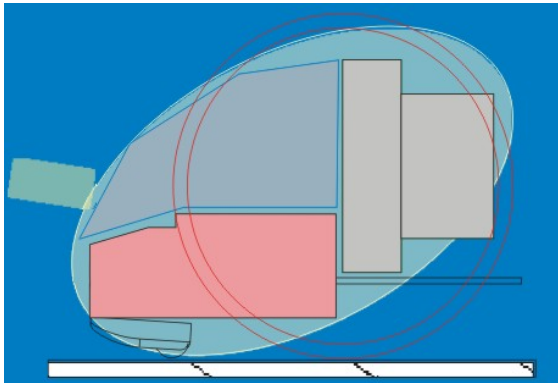
Konzepteignung

Vor der eigentlichen Konzeptentwicklung, wird die Eignung des Schaumteileprinzips hinsichtlich der Temperaturbeständigkeit und der mechanischen Belastung durch Schwingungen geprüft. Erst nach einschlägigen Tests, die die potentiellen Belastungen als unkritisch einstufen, werden die Lösungskonzepte für die gestellten Anforderungen konzipiert.

Konzeptionelle Umsetzung der Anforderungen

Die Umsetzung der erarbeiteten Anforderungen lässt sich durch die Bearbeitung folgender Arbeitspunkte realisieren:

- Anordnung der Komponenten
- Abdichten des Staubraums
- Oberflächengestaltung
- Strömungsmechanische Gestaltung des Staubraums
- Schutz des Gebläses vor Grobteilen



Alternative Anordnung der Gerätekomponenten

Abdichtung

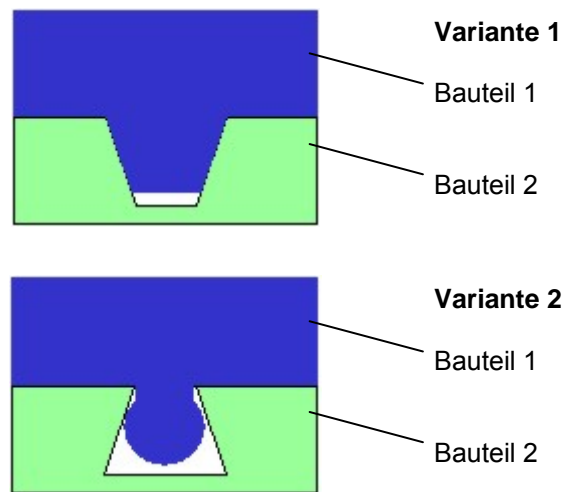
Um zu erreichen, dass das Gebläse nur durch das Sauggeschirr Luft ansaugt, d. h. um eine möglichst hohe Saugleistung an der Düse zu erhalten, muss der Staubraum gegenüber seiner Umgebung abgedichtet sein. Aufgrund der geschlossenen Oberfläche des PP-Schaums und des elastischen Werkstoffverhaltens kann durch angeformte Trapezprofile und Pressung (Beispiele Bild rechts) direkt mit EPP eine Dichtfunktion erreicht werden. Dadurch kann auf zusätzliche Dichtkomponenten aus weiteren Werkstoffen verzichtet werden. Diese Möglichkeit leistet einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der Materialvielfalt.

Bauraum

Die Größe des Gehäuses ist ein wichtiges Kriterium für die Benutzerfreundlichkeit und für den Materialeinsatz bzw. die Materialeffizienz. Um die Gehäusegröße klein zu halten, ist eine effiziente Anordnung der aufzunehmenden Komponenten Motor, Gebläse, Kabelrolle, Staubaufnahme und Elektronik entscheidend. Nachdem der geometrische Körper einer Kugel die geringste Oberfläche bezogen auf das umschlossene Volumen hat, ist eine Gehäuseform umso effizienter, je mehr sie der Kugelform anzunähern ist.

Aufgrund des Wirkprinzips sollten Staubabscheidung und Motor-/ Gebläseeinheit in der Strömungsrichtung liegen. Die Elektronikkomponenten sollten möglichst nahe am Motor angebracht sein. Nur für die Kabelrolle als ein besonders geometriestimmendes Element sind alternative Lösungen denkbar. Konventionell liegt die Drehachse der Kabelrolle meist entweder koaxial zur Rotorachse hinter dem Motor oder normal zur Rotorachse neben dem Motor. Damit ist jedoch meistens aus Symmetriegründen ein Leervolumen oder eine entsprechende Abweichung von der idealen Kugelform verbunden.

Verschiedene Bauraumsimulationen unter Berücksichtigung der vorhandenen Freiheitsgrade wurde die Anordnung der Kabelrolle unter dem Staubraum gewählt. Im Bild links unten ist leicht zu erkennen, dass durch diese Anordnung eine dichtere Packung der Komponenten im Vergleich zu konventionellen Konzepten (Bild links oben) erreicht wird.

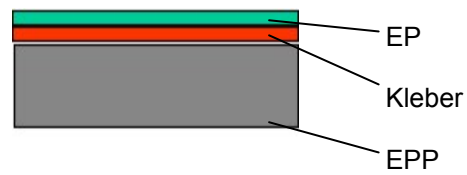


Realisierung der Dichtfunktion

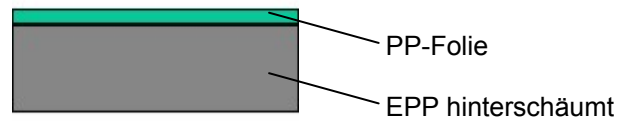
Oberflächengestaltung

Gehäuse aus EPP-Formschaumteilen weisen aufgrund der Werkstoffeigenschaften und des mechanischen Aufbaus ein sehr günstiges Absorptionsverhalten gegenüber stoßartigen Belastungen durch stumpfe Gegenstände auf. Wirken jedoch Stöße mit spitzen Gegenständen auf diese Gehäuse, so haben sie diesen Gegenständen nur wenig entgegenzusetzen. Durch den Einsatz entsprechender Technologien, wie das direkte Hinterschäumen von Folien oder Geweben (Bild rechts), kann dem Gehäuse eine schützende und ansprechende Oberfläche gegeben werden, ohne ein separates Außengehäuse vorzusehen.

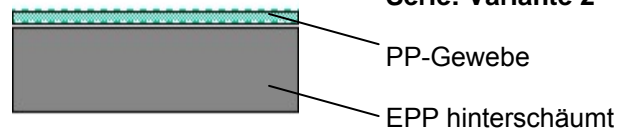
Funktionsmuster



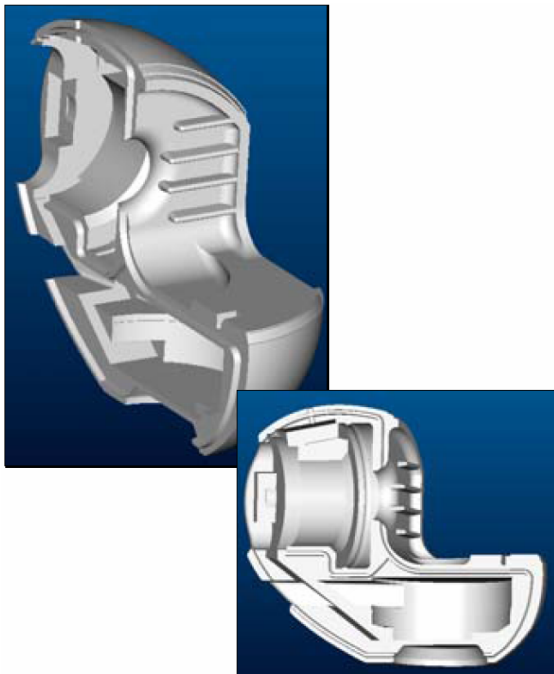
Serie: Variante 1



Serie: Variante 2

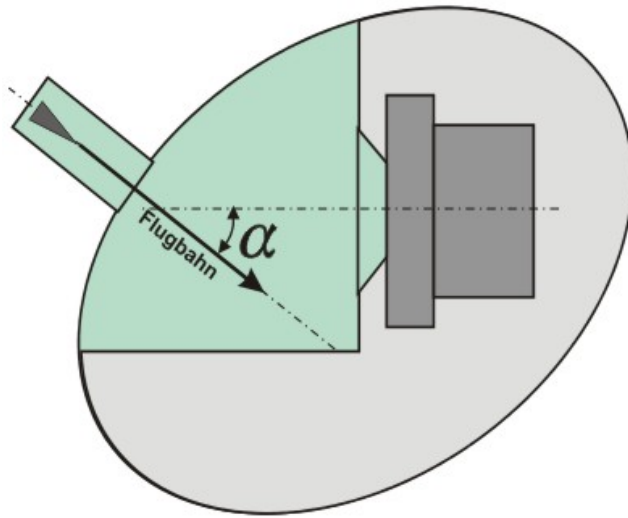


Alternative Oberflächengestaltung für Serie und Funktionsmuster



Gestaltung einer Gehäusehälfte

Strömungsmechanische Gestaltung des Staubraums
Aufgrund der Gestaltungsfreiheit bei der Verwendung von EPP kann die Strömungsführung gerade im Staubraum durch die Anformung entsprechender Rippen und gewölbter Flächen erheblich verbessert werden. Dadurch werden Strömungsverluste vermindert und letztlich ein Beitrag zur Reduzierung des Energiebedarfs geleistet. Außerdem begünstigt die Eliminierung von Barrieren die Reduzierung von Strömungsverlusten.



Geometrische Gestaltung der Einlassöffnung

Schutz des Gebläses vor Grobteilen

Bei dem mit hohen Drehzahlen rotierenden Lüfterrad führen eingesaugte Grobteile wie z.B. Scherben oder Steine, die den Staubsack durchschlagen, zu Schäden bis hin zur Zerstörung des Rotors. Bei herkömmlichen Geräten führen Schutzgitter am Innengehäuse aufgrund der sehr dickwandig ausgeführten Streben jedoch zu hohen Strömungsverlusten.

Durch ein abgestimmtes, geometrisches Konzept und durch die Nutzung der Dämpfungseigenschaften von EPP kann auf ein Schutzgitter zwischen Staubaum und Gebläse verzichtet werden. D. h. durch die Wahl eines geeigneten Winkels zwischen der Eintrittsrichtung und der Gebläseachse wird erreicht, dass Grobteile auf den Boden des Staubraums auftreffen und – falls der Staubsack durchschlagen wird – in diesen eindringen. Durch die guten Dämpfungseigenschaften des Schaums wird die kinetische Energie der Teile rasch umgewandelt. Damit wird sicher verhindert, dass Grobteile in die Eintrittsöffnung des Gebläses eindringen.

Methoden und Werkzeuge bei der Konzeptentwicklung

Auch in die Konzeptphase stehen dem Produktentwickler zahlreiche Instrumente und Werkzeuge zur Erleichterung bei der Lösungssuche zur Verfügung (Bild rechts). Diese können in konventionelle, intuitive, diskursive Methoden und Innovationstechniken sowie Werkzeuge zur Auswahl und Bewertung von Lösungen unterteilt werden. Das Verfahren der Wertanalyse kann eigenständig oder unter zu Hilfenahme der anderen Problemlösungstechniken angewandt werden. Die genannten Hilfsmittel sind jedoch zu verschiedenen Zeitpunkten im Produktentwicklungsprozess einsetzbar und ihre Eingangsvoraussetzungen sind unterschiedlich. Da es den Rahmen dieses Leitfadens sprengen würde jede Methode bis ins Detail zu beschreiben, soll an dieser Stelle ein Überblick über die wichtigsten Methoden gegeben werden. Für nähere Informationen wird auf einschlägige Fachliteratur verwiesen.

Konventionelle Methoden

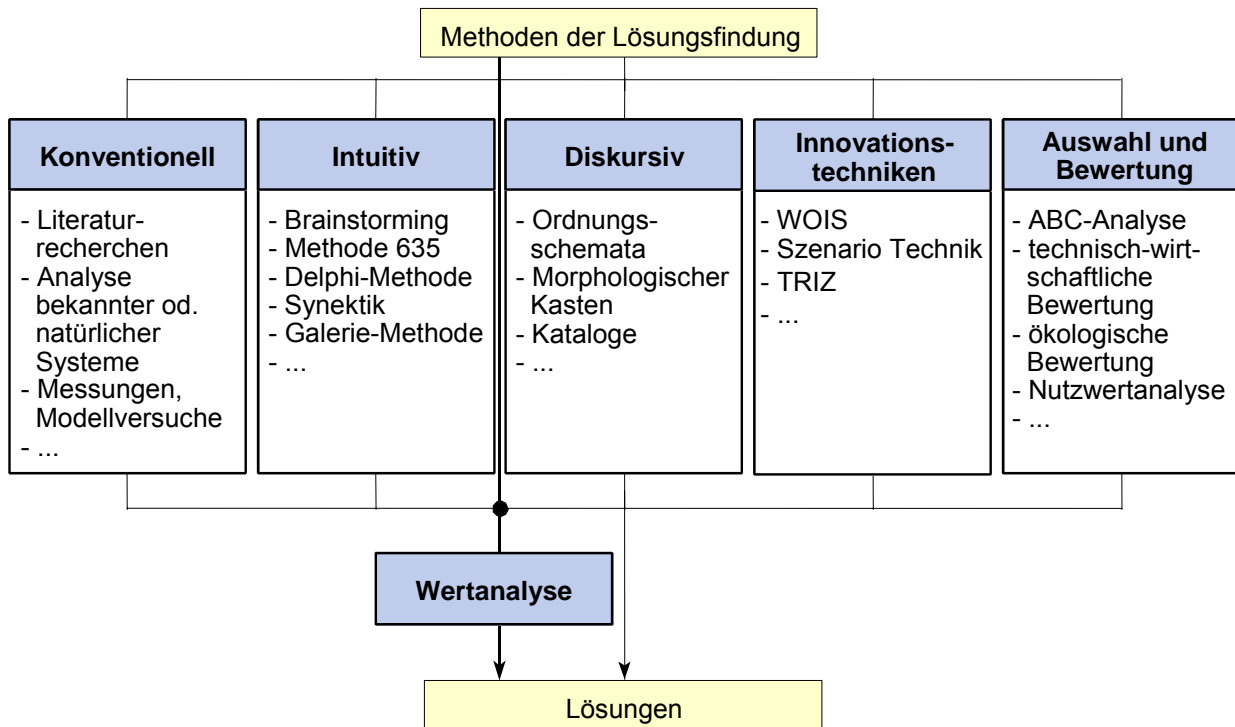
Zu den konventionellen Lösungsmethoden zählen Recherchen in verschiedenen Informationsquellen,

die Analyse bekannter oder natürlicher Systeme sowie Messungen und Modellversuche.

Die Recherche in Informationsquellen wie Literatur, Patenten, Internet und Datenbanken stellt zwar eine der einfachsten, jedoch eine der wichtigsten Problemlösungstechniken dar.

Bei der Analyse bekannter und natürlicher Systeme wird zunächst ein biologisches System abstrahiert, um dieses anschließend analysieren zu können. Das so entstandene abstrakte Modell kann nach einer Konkretisierung in eine technische Lösung überführt werden. Bemerkenswert ist, dass biologische Systeme häufig fast ohne jegliche Veränderung genutzt werden können. Berühmte Beispiele sind die stabilen Bienenwaben oder das Hakensystem der Klettenfrucht. Aber auch komplexere Systeme der Natur sind in die Technikwelt übertragbar, wie eine sechsbeinige Laufmaschine oder Schlangenroboter zeigen.

Zur Überprüfung von wesentlichen Merkmalen einer Konstruktion, können Modelle herangezogen werden.



Geometrische Gestaltung der Einlassöffnung

Das erarbeitete Modell sollte mit seinen Eigenschaften nahe genug an der Realität liegen, so dass eine Umwandlung der gewonnenen Information in den Originalbereich ohne Problem möglich ist.

Intuitive Methoden

Aufgrund ständiger, technischer Neuentwicklungen wächst das Wissensfeld, das bei der Entwicklung komplexer Systeme abdecken werden muss, stark an. Dabei hat dieses Wissensfeld sowohl in der Breite wie auch in der Tiefe dazu gewonnen. Daher lassen sich komplexe Aufgaben nur in einem Team meistern, das im günstigsten Fall interdisziplinär aufgebaut ist.

In diesen interdisziplinären Teams lassen sich mit Brainstorming, Delphi-Methode, Methode 6-3-5, Galerie-Technik (Metaplan-Technik) oder Synektik Problemlösungen auf intuitiver Basis finden, wobei die Methode „Brainstorming“ die wohl bekannteste Kreativitätstechnik ist.

Diskursive Methoden

Hilfsmittel zur diskursiven Lösungsfindung sind Kataloge, Ordnungsschemata und Morphologische Kästen. Sie geben einerseits eine Übersicht über Objekte, Vorgehensweisen und fertige Problemlösungen

und führen andererseits durch geeignete Kombination unterschiedlicher Einzellösungen zur alternativen Gesamtlösungen.

Innovationstechniken

Um schneller zu „innovativen“ Lösungen zu gelangen werden häufig Innovationstechniken eingesetzt. Beispielsweise beruht der TRIZ-Ansatz auf den Lehren von Genrich Altschullers „Theorie des erfinderischen Problemlösens“ und dient der effektiven Lösung von Problemen und als Hilfestellung psychologische Denkbarrieren aufzubrechen.

Auswahl- und Bewertungsmethoden

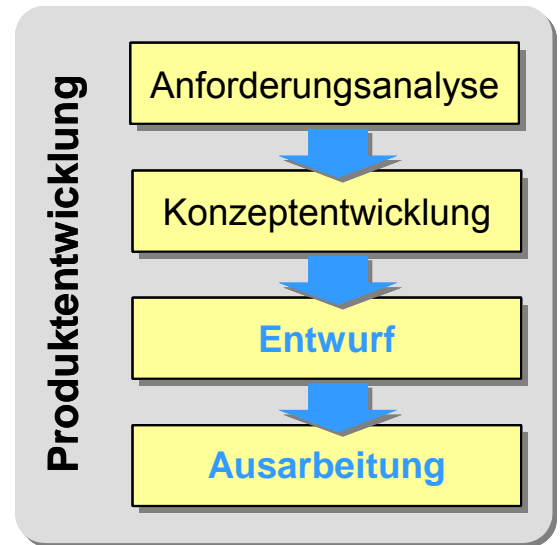
Im Zuge der Produktentwicklung sind mehrere Auswahl-Entscheidungen zu treffen. So hilft ihm beispielsweise bei der grundsätzlichen Frage nach verbesserungsbedürftigen Produktbereichen oder Teilen eine ABC-Analyse. Bieten sich mehrere Lösungen eines Problems an, so müssen die einzelnen Möglichkeiten unter verschiedenen Gesichtspunkten bewertet und die beste Lösung ausgewählt werden. Als Hilfsmittel hierfür bieten sich beispielsweise die technisch-wirtschaftliche und ökologische Bewertung sowie die Nutzwertanalyse an.

Umsetzung des Lösungskonzepts

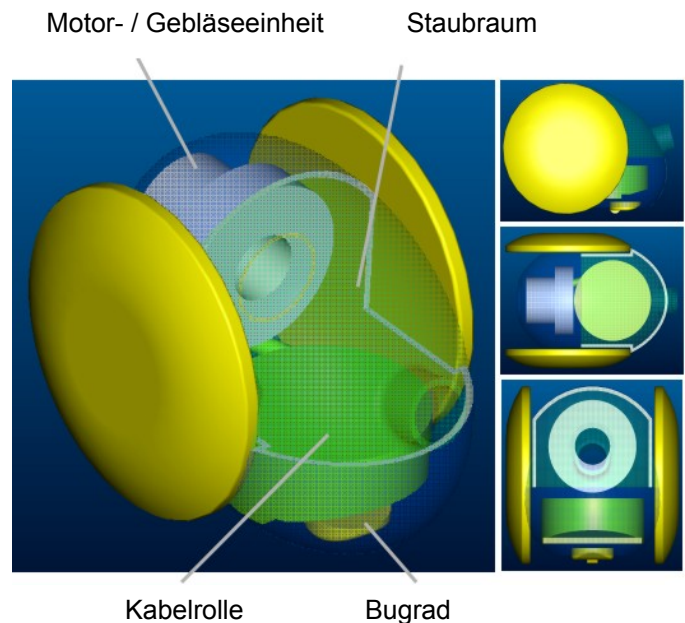
Die Konzeptarbeiten bilden die Basis zur Ausarbeitung eines detaillierten Entwurfs, der in einem anwendungsfähigen Funktionsmuster realisiert wurde. Aufgabe des Funktionsmusters war es, prinzipiell die Realisierbarkeit des Gehäusekonzeptes für einen Staubsauger in E-PAC und die damit verbundenen technologischen und ökologischen Vorteile aufzuzeigen.

Im Rahmen des Entwurfs wurden die Bauräume der einzelnen Komponenten in einem CAD-Modell angeordnet. Aufgrund des Entwicklungsstandes im Projekt wurden zunächst ausschließlich Standardkomponenten (Motor- / Gebläseeinheit, Kabelrolle, Bugrad) aus handelsüblichen Geräten vorgesehen, die ggf. leicht modifiziert wurden. Die Änderungen, die sich durch die Neuentwicklungen ergeben haben, wurden im Laufe der Entwurfsphase eingebracht.

Der erste Ansatz zur Umsetzung für die äußere Design-Gestaltung ergab sich aus Vorgaben bezüglich eines minimalen Ressourceneinsatzes und einer weitgehenden Annäherung an die Kugelform aus den umhüllenden Ellipsoiden. Um ein realitätsnahes Muster zu erhalten, wurden nach interner Diskussion in der Arbeitsgruppe ballige Haupträder an den Ellipsoiden angefügt, die nach entsprechender Versenkung im Gehäuse gleichzeitig den Kantenschutz und eine hohe Beweglichkeit sowie ausreichende Bodenfreiheit gewährleisten.



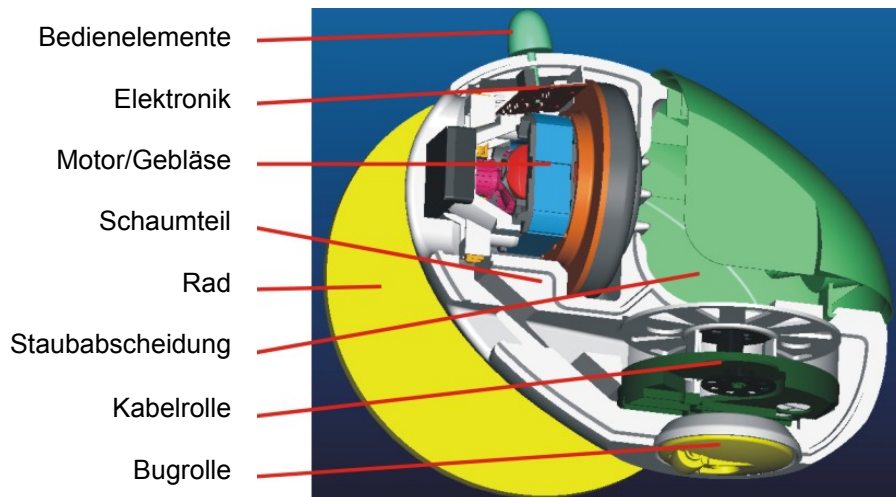
Ablauf Entwicklungsprozess - Entwurf und Ausarbeitung



CAD-Modell Design-Prototyp

Die Sicherstellung der Entformbarkeit der Schaumteile beim Herausnehmen der Gehäuseteile aus der Spritzgussform und die Montagefähigkeit für die eingefügten Komponenten wurde dadurch erreicht, dass die Gehäusetrennung – im Gegensatz zu den meisten konventionellen Konzepten – vertikal festgelegt wurde.

Um die Vorteile des E-PAC-Konzepts bezüglich der Montage- bzw. Demontagefreundlichkeit weiter auszunutzen, wurde der Verschluss dadurch realisiert, dass die beiden Gehäusenhälften lediglich durch einen Bügel umschlossen werden. Dadurch kann auf weitere Verbindungselemente verzichtet werden.



Detailansicht einer Gehäusenhälfte mit aufzunehmenden Komponenten

Methoden und Werkzeuge bei der Umsetzung der entwickelten Konzepte

Besonders in der Entwurfs- und Ausarbeitungsphase kann der Produktentwickler auf rechnerunterstützte Hilfsmittel wie CAD-Systeme oder Simulationen jeglicher Art zurückgreifen. Aber auch alle Auswahl- und Bewertungsmethoden aus den vorhergehenden Entwicklungsphasen können bei der Umsetzung der entwickelten Konzepte hilfreich sein. Die nebenstehende Liste gibt einen Überblick über derartige vorhandene Werkzeuge, die je nach Problem- oder Aufgabenstellung zum Einsatz kommen können:

Typische Methoden und Werkzeuge der Entwurfs- und Ausarbeitungsphase:

- Brainstorming
- Methode 635
- Analyse natürlicher Systeme
- Analyse bekannter Produkte
- Analogie, Ähnlichkeitsbetrachtungen
- Systematiken, Kataloge
- Technische Bewertung
- Wirtschaftliche Bewertung
- Wertanalyse
- Morphologischer Kasten
- Numerische Simulation
- CAD / VR
- Rapid Prototyping
- Recycling-, Demontagesimulation
- Messungen, Modellversuche
- Nummernsysteme
- Stücklisten
- Erzeugnisgliederung

Anwendungsbeispiele Umsetzung des Lösungskonzepts

Virtuelle Realität

Mit Hilfe von VirtualReality-Anlagen können komplexe dreidimensionale Geometrien mit räumlichem Eindruck projiziert werden. Dadurch besteht die Möglichkeit, bereits in den frühen Entwicklungsphasen mit Hilfe virtueller Modelle den Entwurf zu überprüfen, Abmessungen zu kontrollieren, einen umfassenden dreidimensionalen Eindruck zu vermitteln und mögliche Fehlerquellen noch vor der Realisierung bzw. vor dem Bau teurer Prototypen zu erkennen.

Die Vorteile der Virtual Reality auf einen Blick:

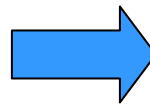
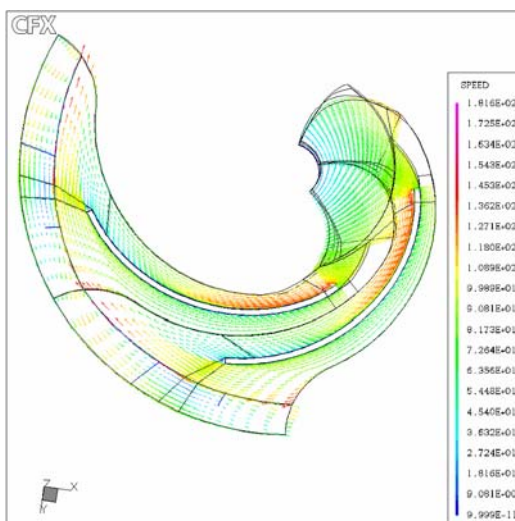
- abteilungsübergreifende Zusammenarbeit
- kurze Entwicklungszeiten
- Fehlerminimierung
- professionelle Produktpräsentation
- Kostenreduktion



VR-Modell des Prototypen

Computersimulation

Mit Hilfe kommerzieller aber auch eigens entwickelter Simulationssoftware wurden Gerätekomponenten hinsichtlich unterschiedlichster Eigenschaften untersucht (Bild unten: Strömungssimulation Lüfterrad). Auf Basis dieser Ergebnisse wurden sie entsprechend optimiert und durch erneute Simulationsläufe die Verbesserungen verifiziert.



Ergebnis aus Strömungssimulation und Optimierte Lüfterradgeometrie

RESULTATE

Ergebnisse Gehäuse

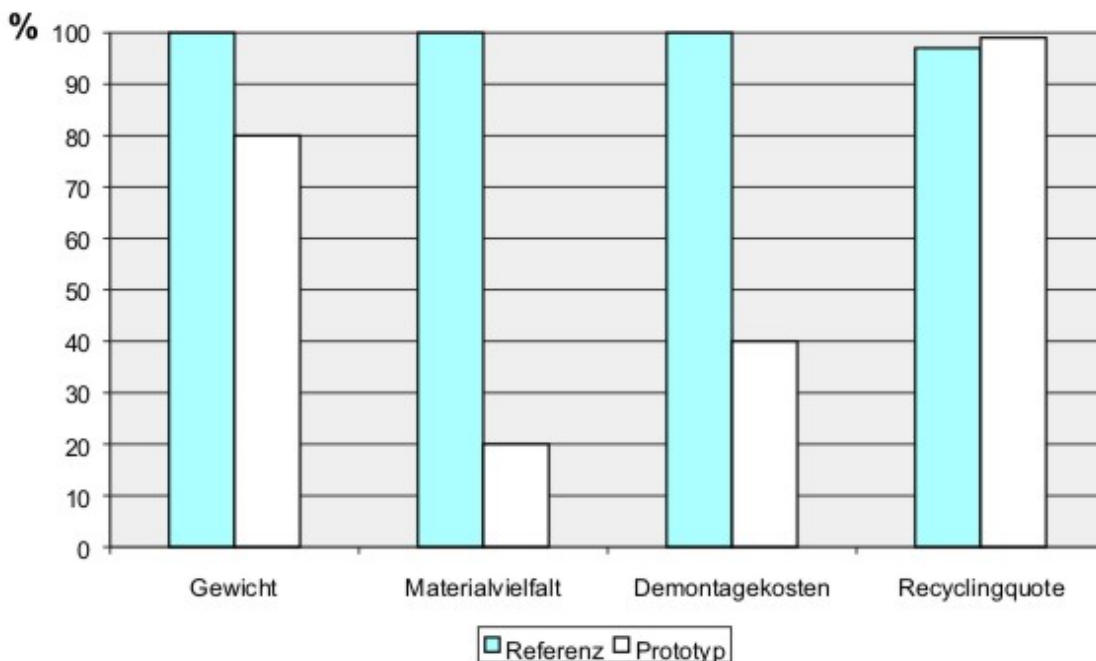
Ohne die Eigenschaften des Entwurfs wesentlich zu ändern, wurde das Gehäuse bzw. das Design des entwickelten Funktionsprototypen überarbeitet, um somit dem Kunden eine ansprechende Optik des IPP-gerechten Bodenstaubsaugers zu präsentieren.

Eine Gegenüberstellung der Gehäuseeigenschaften eines herkömmlichen Referenzgerätes mit dem neu entwickelten Prototyp verdeutlicht die erzielten Verbesserungen, die aus dem Themengebiet Gehäuse resultieren.

Vergleich hinsichtlich marktrelevanter Kriterien

Das mit 4,3 kg um ca. 1 kg geringere Gewicht im Vergleich zu Referenzgeräten trägt sowohl zum erhöhten Kundennutzen, als auch zu geringerem Ressourcenverbrauch bei. Auch die günstigen Eigenschaften des PP-Schaums bezüglich der Geräuschdämmung können die Akzeptanz durch den Kunden erhöhen.

Das ökologisch unbedenkliche Polypropylen ist die einzige Kunststoffsorte der Hauptkomponenten des Gehäuses. Aufgrund der geringen Materialvielfalt bei den Gehäusekomponenten (Referenzgerät: 9 Werkstoffe; Prototyp: 2 Werkstoffe) und durch die schnelle Zerlegbarkeit sehr niedrigen Demontagekosten (um Faktor 10 geringer als bei konventionellen Geräten), ist die Recyclingquote wesentlich effizienter zu erreichen. Mit Blick auf die Anforderungen an die Verwertung von Elektronikschrott ist auch damit ein direkter Kostenvorteil für den Hersteller verbunden.

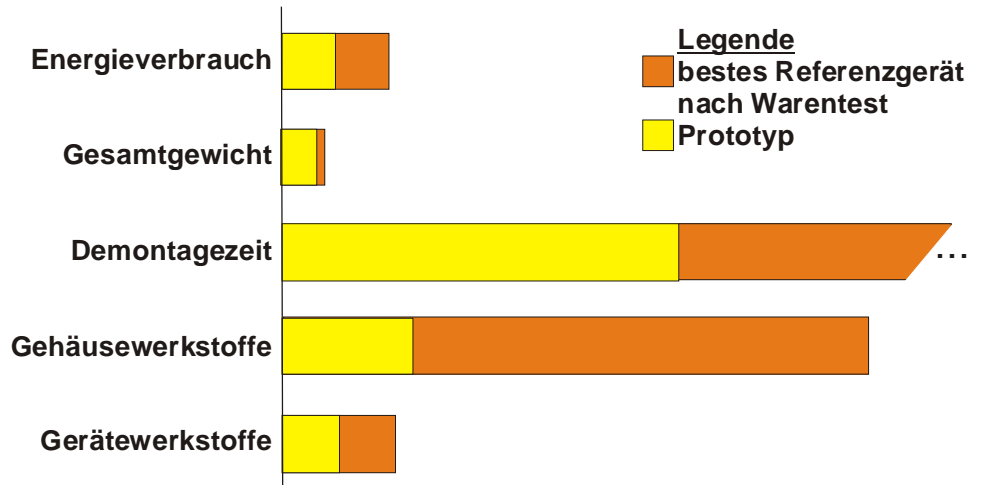


Vergleich von Referenzmodell und Prototyp hinsichtlich marktrelevanter und ökologischer Kriterien

Ergebnisse Gesamtgerät

Die Verbesserungen, die bei dem Prototyp im Vergleich zu den Referenzprodukten erreicht wurden, können durch den IPPsilon-Faktor charakterisiert werden. Dieser ist ein Ausdruck für den erreichten Fortschritt und steht somit für den Grad der Verbesserung von IPP-gerechten Produkten oder Dienstleistungen gegenüber herkömmlichen Arten der Funktionserfüllung. Anhand des IPPsilon-Faktors einiger aussagekräftiger Eigenschaften – Energieverbrauch, Gesamtgewicht, Demontagezeit, Gehäusewerkstoffe und Gerätewerkstoffe – sind im nachstehenden Bild die bedeutendsten Verbesserungen des BEnefit-Bodenstaubsaugers einem herkömmlichen Referenzprodukt graphisch gegenübergestellt.

So hat der BEnefit-Prototyp im Vergleich zum Referenzgerät beim Stromverbrauch während der Nutzungsphase einen IPPsilon-Faktor von 1,6 bis 2,0. Er verbraucht also gegenüber herkömmlichen Geräten nur die Hälfte des Stroms bei jedoch gleicher Saugleistung. Das Gesamtgewicht konnte um ein Kilogramm auf ca. vier Kilogramm beim BEnefit-Prototyp reduziert werden. Dies entspricht einem IPPsilon-Faktor von ca. 1,25 und stellt sich im Hinblick auf den Ressourcenverbrauch und die Handhabung als enorm vorteilhaft dar.



Gegenüberstellung Prototyp – Referenzgerät

Ökologische Produktbewertung

Die ökologische Produktbewertung ist im Bereich der ganzheitlichen und IPP-gerechten Produktentwicklung von besonderer Bedeutung. Zudem wird der Hersteller mittelfristig direkt für die Rücknahme und Verwertung seiner Produkte verantwortlich sein. Damit wird das Produktverhalten in der Nachgebrauchsphase zu einem wichtigen Wirtschafts- und Preisfaktor. Spezielle Analysen zur Demontagefreundlichkeit von Produkten liefern Informationen zur Abschätzung der jeweiligen Entsorgungskosten und der Recyclingfähigkeit.

Die vollständige Erfassung der von Produkten ausgehenden Umweltbelastungen lässt sich allerdings nur bei einer Betrachtung des gesamten Lebenszyklus, das heißt „von der Wiege bis zur Bahre“, durchführen. Dies ist der Ansatzpunkt für eine ökologische Bewertung, die es ermöglicht, die Herstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase von Produkten zu analysieren und zu bewerten.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt bei der Durchführung von ökologischen Produktbetrachtungen ist die Aufdeckung von Schwachstellen. Dabei kann es sich um Defizite bei der Materialwahl als auch um Verbindungstechniken oder Fertigungsprozesse handeln.

Der frühzeitige Einsatz derartiger Analysen bereits im Planungsstadium kann deshalb dazu beitragen, Optimierungspotentiale aufzuzeigen. Diese können bei der Umsetzung des Produkts in der Realisierungsphase zur Reduktion von Umweltbelastungen oder auch zu einer optimierten Produktgestaltung führen, so dass insgesamt Kosten gesenkt und innovative Fertigungsalternativen gewählt werden können.

Chemische und physikalische Untersuchungen der eingesetzten Werkstoffe hinsichtlich ihrer umwelt- und gesundheitsgefährdenden Potentiale liefern zusätzliche Informationen, die aufgrund der Herstellerangaben nicht zu erfassen sind. Ebenso ist das Stoffverhalten während des Gebrauchs, d. h. die Emission bzw. Ausgasung von Substanzen, ein wesentlicher, ökologischer Aspekt.

Produktbewertung

- Entwicklungsbegleitende ökologische Produktbewertung bereits während der Produktplanungs- und Entwicklungsphase
- Ökologische Produktbewertung
 - Zieldefinition
 - Stoff- und Energiebilanz (Sachbilanz)
 - Wirkungsbilanz
 - Bilanzbewertung
- Demontageanalyse mit Hilfe von DisPlav/ReGrEd

Sachbilanz

- Stoff- und Energiebilanzierung
- Quantitative Erfassung der Stoffströme, die während aller Lebensphasen des Produktes entstehen (Input-, Outputströme wie Rohstoffe, Energien, Emissionen oder Abfälle)
- Bewertung der Umweltauswirkungen in der Wirkungsbilanz

Ergänzende Analysen

- Ermittlung austretender Stoffe während des Betriebs durch chemische Analysen
- Akustische Messungen zur Quantifizierung der Lärmemission

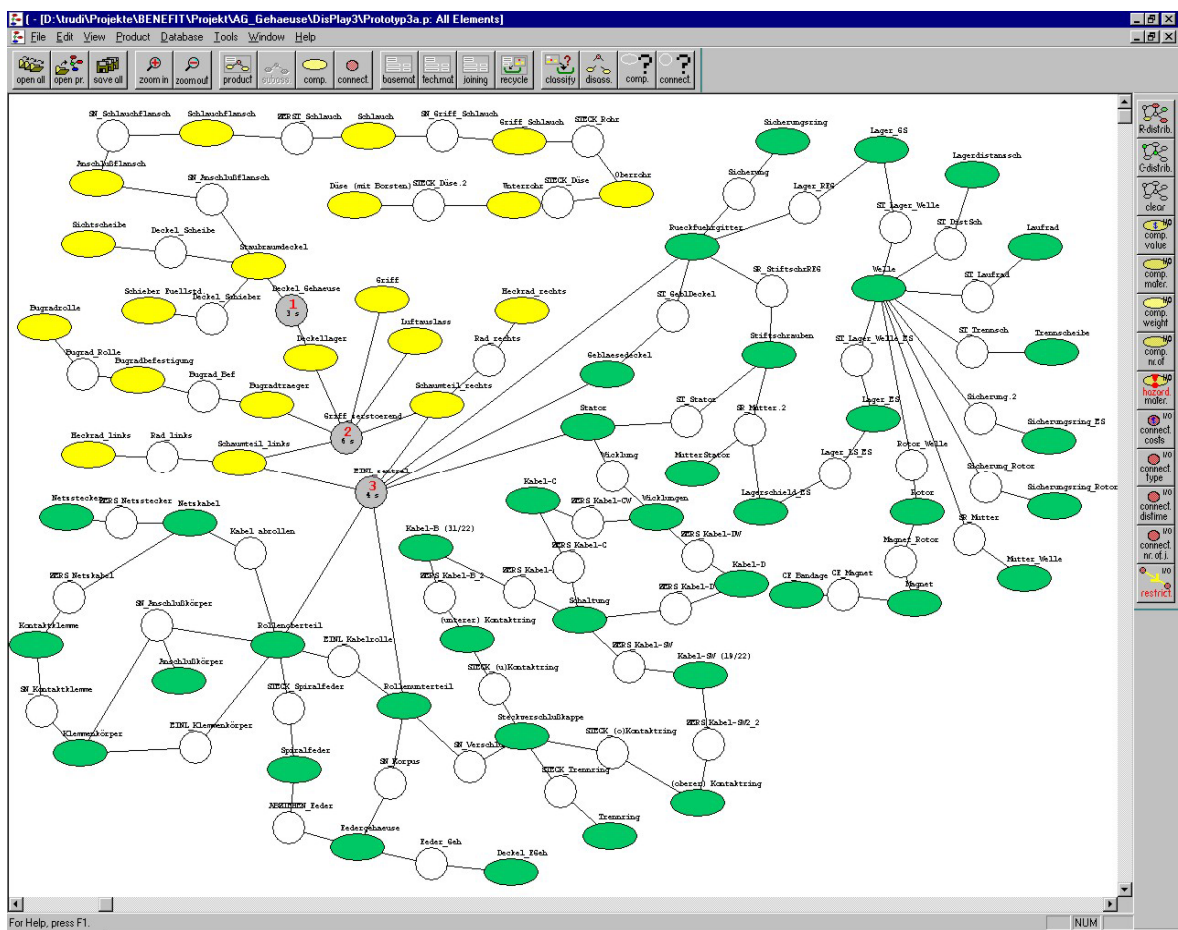
Ergebnisse

- Horizontale und vertikale Analyse des entwickelten Produkts
- Bewertung des Energie- und Stoffverbrauchs während der Nutzungsphase
- Ökologische Optimierung des Produkts durch Wirkungsanalyse alternativer Materialien

Demontageanalyse

Auskünfte über die Demontage- und Recyclingeignung des Referenzgerätes wie auch des Prototypen geben Analysen im Softwaresystem Recyclinggraph-Editor / Disassembly Planning System (ReGrEd/DisPlay). Darin werden alle Gerätekomponenten und eingesetzten Werkstoffe sowie die verwendeten Verbindungstechniken modelliert. Auf Basis dieser Informationen können die optimale Demontagetiefe und damit die Entsorgungskosten, wie auch die stoffliche Verwertungsquote der Produkte, bestimmt werden.

Mit Hilfe dieses Software-Werkzeugs konnte nachgewiesen werden, dass der entwickelte Prototyp potentiell zu 100% mit positivem Deckungsbeitrag stofflich verwertet werden kann und dass die Demontagezeit um ein Vielfaches geringer als bei einem vergleichbaren, handelsüblichen Gerät ist .



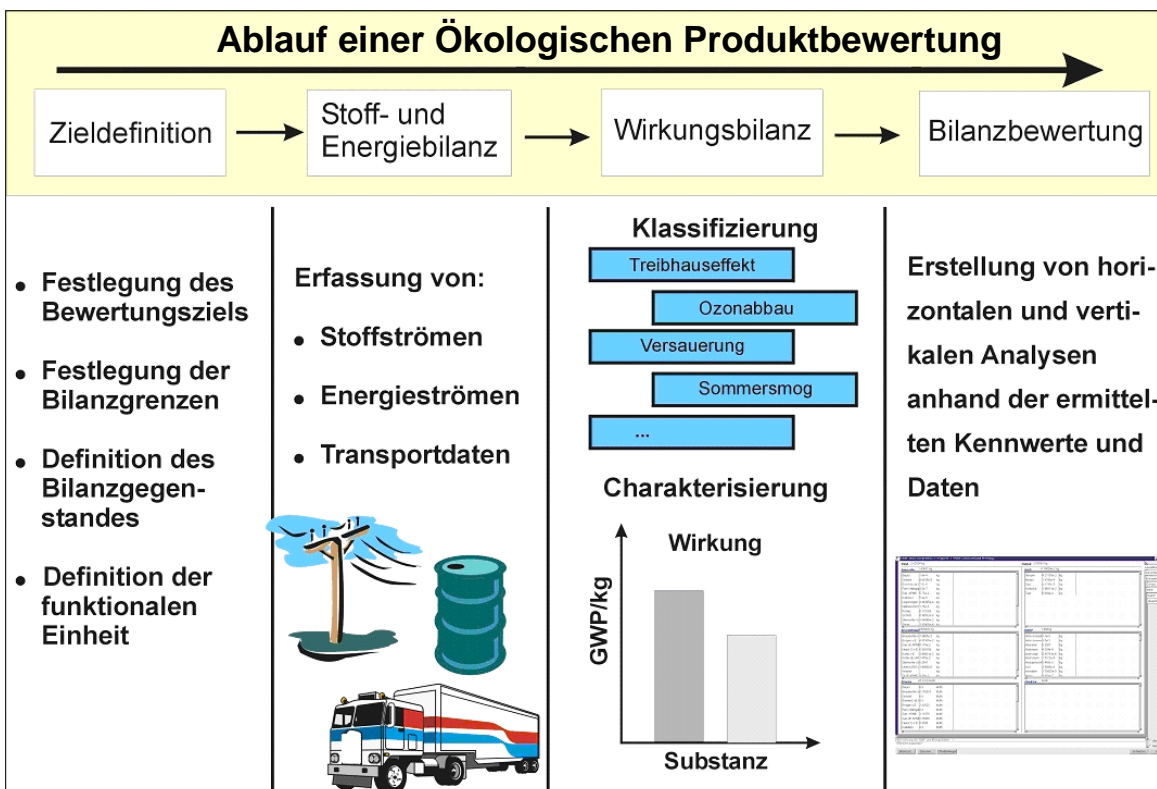
Berechnung der optimalen Demontagetiefe für die Neuentwicklung mit ReGrEd/DisPlay

Ökologische Bewertung des Prototypen

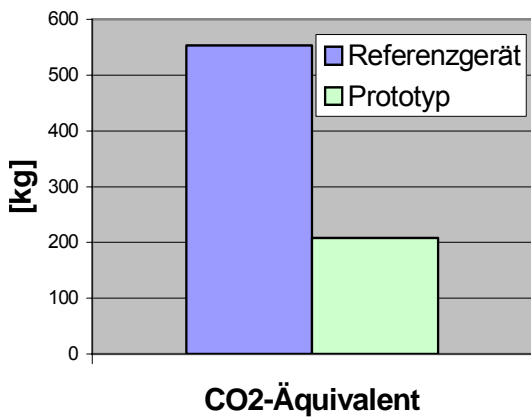
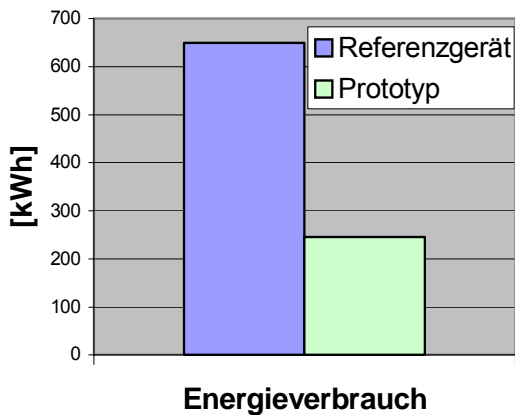
Mit Hilfe einer Ökobilanz wurden die ökologischen Auswirkungen entlang des Produktlebenszyklus des Referenzgerätes und des Prototypen analysiert. Mit Hilfe entsprechender Software werden die gesamten Produktlebenszyklen mit allen Stoff- und Energieflüssen modelliert.

Die Ergebnisse, die aus der Bilanzierung des Referenzgerätes resultieren zeigen das ökologische Potential auf und sind damit eine wichtige Informationsquelle bereits in den frühen Entwicklungsphasen.

Die Erkenntnisse aus unterschiedlichen Teilökobilanzen des neu entwickelten Prototypen und einzelner Komponenten fließen direkt in den Entwicklungsprozess ein. Eine Gegenüberstellung der Produkt-Ökobilanzen des Referenzgerätes und des Prototypen verdeutlichen die erzielten ökologischen Verbesserungen am Beispiel der Nutzungsphase (nächste Seite).



Ablauf einer ökologischen Produktbewertung



Energieverbrauch und CO2-Äquivalente während der Nutzungsphase

Bewertung der Nutzungsphase

Da es sich bei dem betrachteten Produkt um ein aktives Produkt handelt, verursacht es während seiner Nutzungsphase den Hauptanteil an Umweltauswirkungen. Während der Nutzungsphase bestimmt das Verhalten des Verbrauchers maßgeblich die zu erwartenden Daten. Daher können diese für den entsprechenden Zeitraum nur abgeschätzt werden.

Zur Bewertung und Gegenüberstellung beider Geräte wurde von einer zu erwartenden Lebensdauer von durchschnittlich 8 Jahren bzw. 650 Nutzungsstunden ausgegangen. Während dieses Zeitraumes kann damit gerechnet werden, dass der verwendete Staubsaugersack alle 2 Monate gewechselt werden muss.

Von besonderem Interesse ist die Betrachtung der Nutzungsphase hinsichtlich des Energieverbrauchs. Bei einer durchschnittlichen Anschlussleistung eines Staubsaugers von ca. 1000 W treten bei herkömmlichen Geräten ca. 775 W Verlustleistung in Form von Wärme auf. Diese Verluste fallen mit ca. 600 W größtenteils an der Motor- und Gebläseeinheit und mit 120 W am Gehäuse an. Die verbleibenden 55 Watt verteilen sich auf die Elektronik, Nebenluft, die Filter, das Dämmmaterial und Zubehör, wo auch der Saugschlauch zuzurechnen ist. Damit beträgt die verbleibende effektive Saugleistung lediglich 225 W.

Bei der Entwicklung des Prototypen wurde darauf geachtet, die Verluste zu minimieren, so dass trotz einer verringerten Anschlussleistung von 750 W eine erhöhte Saugleistung zu erwarten ist. Entsprechende Messungen ergeben eine effektive Saugleistung von 450 W, was einer Verbesserung des Wirkungsgrades von $\eta = 0,23$ auf $\eta = 0,6$ entspricht.

Ein Vergleich der beiden Geräte bei einer angenommenen effektiven Saugleistung von 225 W zeigt, dass sich für das Referenzgerät eine Anschlussleistung von 1000 W ergibt bzw. für den Prototypen 375 W. Diese verringerte Leistungsaufnahme bewirkt einerseits, dass sich der Energieverbrauch des Staubsaugers während der geschätzten Nutzungsdauer von 650 Betriebsstunden von ca. 650 kWh auf ca. 245 kWh reduziert. Entsprechend wirkt sich diese Energieeinsparung sowohl auf die CO2-Äquivalenten als auch auf die Energiekosten aus. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass 1 kWh Strom aus dem deutschen Energiemix ca. 850g CO2 emittiert.

SCHLUSSFOLGERUNG

Erfahrungen der beteiligten Institute

Aus universitärer Sicht gehört es zu den erstaunlichsten Erfahrungen, dass selbst ohne spezifische Fachkenntnisse auf dem Gebiet der Entwicklung von Staubsaugern sowie das Fehlen von Spezialisten sich innerhalb einer außerordentlich kurzen Zeitspanne von effektiv ca. 1,5 Jahren, die sicher auch für Industrieunternehmen bei Neuentwicklungen sehr ehrgeizig sind, ein beinahe vollständiges Grundgerät entwickeln lässt, das zudem in wichtigen Bereichen weit über den Stand der Technik am Markt hinaus geht. Es vereint dabei die wesentlichen Eigenschaften im Sinne einer Integrierten Produktpolitik, um eine spätere Fertigung sowie einen erfolgreichen Marktzugang vorzubereiten.

Dies wurde durch die methodisch orientierte, effiziente und harmonische Zusammenarbeit im Netzwerk zwischen Vertretern von teilweise fachlich sehr stark unterschiedlichen Wissensgebieten, insbesondere an der Universität möglich, die selbst die außerordentlich kritische Personalsituation und die zwangsläufig daraus resultierenden Spannungen sowie die operativen Lücken durch großes Engagement erfolgreich überwinden ließ. Die in Eigenverantwortung dynamisch ausgebildeten Arbeitsgruppen zeichneten sich durch Kombination komplementärer Kompetenzen und die damit erreichbaren Synergien aus. Die Selbstständigkeit der einzelnen Arbeitsgruppen sowie die Mitarbeit einzelner Bearbeiter in verschiedenen Arbeitsgruppen vermied effektiv Schnittstellenprobleme. Erst auf dieser Basis konnten die Vorteile einer konsequenten Umsetzung der IPP-Ziele in den beiden Funktions- und Designprototypen erfolgreich demonstriert werden.

Erfahrungen der Industriepartner

Aus IPP-Sicht gehört es zu den wichtigsten Erfahrungen, dass selbst ein an sich als ausgereizt angesehenes Gerät wie ein Haushaltsstaubsauger, in der Tat ein technisch hoch komplexes Produkt ist, dessen Verbesserungspotentiale nicht durch gegenseitiges Abschreiben, sondern nur bei einem systemischen Vorgehen und dem Einsatz verfügbarer moderner Technologien mit einer konsequenten Umsetzung des IPP-Konzepts sichtbar werden.

Mit Hilfe des funktionsfähigen Technologie-Demonstrators konnten darüber hinaus anpassbar die in einer erstaunlich kurzen Zeit unter absolut praxisnahen Randbedingungen erarbeiteten Verbesserungs-Potentiale konkret dargestellt werden. Das bedeutet, dass das IPP-Konzept keine Spielanleitung für die „Bewohner akademischer Elfenbeintürme“ ist, sondern im harten industriellen Projektalltag funktioniert. Außerdem bewies es sich, dass Technologie, Systemwissen und harte Arbeit alleine nicht ausreichen.

Neben dem methodisch richtigen Vorgehen gehört auch die Unvoreingenommenheit dazu, Bestehendes in Frage zu stellen und konsequent zu Ende zu denken. Es bedarf ebenso der Bereitschaft der jeweiligen Fachleute, dieses „Fragen“ ohne falsche Empfindlichkeiten zu begrüßen und sogar herauszufordern. Auch die Managementebene muss zu diesem IPP-Prozess beitragen, und zwar durch das Stellen der richtigen Fragen an die Organisation und das Schaffen einer Organisationskultur, die Innovationen ermöglicht und fördert.

Die Partner

Lehrstuhl für Konstruktionstechnik
Prof. Dr.-Ing. H. Meerkamm
Martensstraße 9
91058 Erlangen
Telefon: 09131 / 85-27986
Telefax: 09131 / 85-27988
email: meerkamm@mfk.uni-erlangen.de
www.mfk.uni-erlangen.de

Lehrstuhl für Kunststofftechnik
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. G.W. Ehrenstein
Am Weichselgarten 9
91058 Erlangen-Tennenlohe
Telefon: 09131 / 85-29700
Telefax: 09131 / 85-29709
email: ehrenstein@lkt.uni-erlangen.de
www.lkt.uni-erlangen.de

Lehrstuhl für Anorganische und Analytische Chemie
Prof. Dr. Dr. h.c. R. van Eldik
Egerlandstraße 1
91058 Erlangen
Telefon: 09131 / 85-27350
Telefax: 09131 / 85-27387
email: vaneldik@anorganik.uni-erlangen.de
www.anorganik.uni-erlangen.de

Lehrstuhl für Elektrische Antriebe und Steuerungen
Prof. Dr.-Ing. B. Piepenbreier
Cauerstraße 9
91058 Erlangen
Telefon: 09131 / 85-27249
Telefax: 09131 / 85-27658
email: piepenbreier@eas.e-technik.uni-erlangen.de
www.eas.e-technik.uni-erlangen.de

Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik
Prof. Dr.-Ing. K. Feldmann
Egerlandstraße 7
91058 Erlangen
Telefon: 09131 / 85-27971
Telefax: 09131 / 302528
email: feldmann@faps.uni-erlangen.de
www.faps.uni-erlangen.de

Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. Dr. h.c. F. Durst
Cauerstraße 4
91058 Erlangen
Telefon: 09131 / 85-29501
Telefax: 09131 / 85-29503
email: sekr@lstm.uni-erlangen.de
www.lstm.uni-erlangen.de

Dr. Kern GmbH
Dr.-Ing. D. Kern
Peterstraße 30
90478 Nürnberg
Telefon: 0911 / 99-46115
Telefax: 0911 / 99-46113
email: drkern@gmx.de

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
Rosenkavallerplatz 2
81925 München
Telefon: 089 / 92-1400
Telefax: 089 / 92-142266
email: ipp@stmlu.bayern.de
www.ipp-bayern.de