Bewertungsverfahren zur Bestimmung des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades von Produktideen und Produkten

Von der Fakultät Maschinenbau der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

von

Manfred Reichle
geboren in Nürtingen - Raidwangen

Hauptberichter:	Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz
Mitberichter:	Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath

Tag der Einreichung:	01.02.2006
Tag der mündlichen Prüfung:	13.07.2006

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design
Universität Stuttgart

2006

D 93

ISBN-10: 3-922823-64-5

ISBN-13: 978-3-922823-63-6

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design

Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz

Universität Stuttgart

Pfaffenwaldring 9

D-70569 Stuttgart

Telefon +49 (0)711 685-66055

Telefax: +49 (0)711 685-66219

E-Mail: mail@iktd.uni-stuttgart.de

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand aus einer externen, wissenschaftlichen Tätigkeit heraus am Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design der Universität Stuttgart unter Leitung des Institutsdirektors Prof. Dr.-Ing. H. Binz.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Binz für das Überlassen des Themas und die Möglichkeit, als externer Doktorand wissenschaftlich arbeiten zu können. Seine offene Art gegenüber neuen Erkenntnissen, seine Anregungen, seine Unterstützung und sein mir dabei entgegengebrachtes Vertrauen haben in besonderem Maße zur Erstehung der Arbeit beigetragen.

Ebenfalls danken möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. D. Spath, Leiter des Instituts für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement und des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), für die Übernahme des Mitberichts und seine wohlwollende Unterstützung.

Für das offene, freundschaftliche und hilfsbereite Klima am Institut bedanke ich mich besonders bei den Mitarbeitern und den Damen des Sekretariats.

Ein besonderer Dank gilt meiner Tochter, Dipl.-Ing. (FH) Annette Kaya, für ihre Unterstützung bei der Lösung von Problemen während der Ausarbeitung der Dokumentation.

Nicht zuletzt danke ich meiner Familie, meiner Frau Ilse und unseren Kindern Annette, Sebastian und Christine, die die Anfertigung der Arbeit stets mit Aufmerksamkeit begleitet haben. Danken möchte ich vor allem meiner Frau Ilse für ihre Geduld und ihr Verständnis, wenn die gemeinsame, freie Zeit bisweilen durch ‚die Arbeit' in Anspruch genommen wurde.

Stuttgart, im Juli 2006 Manfred Reichle

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen ..... **VII**

Abstract ..... **IX**

1 Einleitung und Ziele **1**

1.1 Notwendigkeit der Bewertung innovativer Produkte 1

1.2 Problemstellung und Zielsetzung 4

1.3 Aufbau der Arbeit 6

2 Begriffe zu innovativen Ideen und Produkten **9**

2.1 Zur Unterscheidung Kreativität – Invention – Innovation 9

2.1.1 Kreativität 9

2.1.2 Invention 13

2.1.3 Innovation 15

2.2 Typologisierung und Systematisierung von Innovationen 21

2.3 Der Produktinnovationsprozess 25

2.3.1 Integratives und kooperatives Verständnis 27

2.3.2 Einfluss und Bedeutung von Innovationsmethoden auf den Innovationsprozess 33

3 Beurteilungs-, Bewertungs- und Analyseverfahren **37**

3.1 Aufgaben, Zweck und Bedeutung der technischen Bewertung 37

3.2 Bewertungs- und Analyseverfahren in der Konstruktionstechnik 40

3.2.1 Auswahlverfahren 41

3.2.2 Einfache und gewichtete Punktebewertung 43

3.2.3 Nutzwertanalyse im Vergleich mit VDI-Richtlinie 2225 45

3.2.4 Paarweiser Vergleich und Rangfolgeverfahren 48

3.2.5 Fehler-Möglichkeits- und Einfluss-Analyse 48

3.2.6 QFD-Methode 52

3.3 Übersicht von Bewertungsmethoden im Innovationsprozess 55

3.4 Begründung für die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Beurteilung 59

4 Konkretisierung der Aufgabenstellung und Lösungsansatz 61

4.1 Eingrenzung der Aufgabenstellung 61

4.2 Lösungsansatz 61

5 Bestimmung des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades 65

5.1 QFD-Produktaufnahme 65

5.1.1 Eingabe der Produktkenngrößen 65

5.1.2 Berechnung der Technischen Bedeutung 70

5.2 Einflussgrößen auf den Produkterfolg 71

5.3 Berechnung des Erfolgspotenzials 74

5.3.1 Auswertung der mathematischen Verknüpfungen (Portfolios) zwischen der Technischen Bedeutung und den Einflussgrößen 75

5.3.2 Einfluss-Wertigkeiten aus Technischer Bedeutung und den Einflussgrößen 81

5.3.3 Einfluss-Wertigkeit aus den Erfüllungsgraden der Kundenanforderungen 82

5.3.4 Ermittlung des Erfolgspotenzials 84

5.4 Berechnung des Innovationsgrades 85

5.4.1 Technische Bedeutung mit Neuheits-Bedeutung 85

5.4.2 Einfluss-Wertigkeit der Erfüllungsgrade mit Neuheits-Bedeutung 90

5.4.3 Ermittlung des Innovationsgrades 92

5.5 Maximalwerte des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades 94

5.6 Überlegungen zu den Einfluss-Wertigkeiten 96

6 Praktische Erprobung in Pilotprojekten 101

6.1 Die Pilotprojekte 102

6.1.1 Projekt A: Akku-Schrauber „Power-Grip“, Firma Metabo, Nürtingen 102

6.1.2 Projekt B: Schneefräse, Firma X 104

6.1.3 Projekt C: Modularer multiphasen low-cost E-Antrieb, Firma Y 107

6.1.4 Projekt D: Miniaturisierte Linearversteller, Forschungsprojekt BAULIN, Firma Festo, Esslingen 109
6.1.5 Projekt E: Haarformer C 20 S, Firma Braun, Kronberg 113
6.2 Analyse und Diskussion der Ergebnisse 116
6.2.1 Ergebnisse und Stellungnahmen der Firmen 116
6.2.2 Einsatzmöglichkeiten des Verfahrens 119
6.2.3 Bedeutung und Aussagekraft der Berechnungsergebnisse 122
6.2.4 Aussagefähigkeit der Berechnungsergebnisse auf den Projekterfolg 125
6.2.5 Vergleichbarkeit von Berechnungsergebnissen 126
6.2.6 Effizienz des Verfahrens 128
6.2.7 Chancen und Grenzen der Anwendung 129

7 Zusammenfassung 131

8 Ausblick 133

Literatur 135

Literatur, gesichtet 141

Anhang 145
A.1 Mathematische Mittelwertbildungen 145
A.2 Pilotprojekte 152

Formelzeichen

Zeichen	Einheit	Bedeutung
$E_{e,i}$	-	Einfluss-Einzelwertigkeit
$E_I...E_V$	-	Einfluss-Wertigkeiten der Einflussgrößen I bis V (Erfolgspotenzial)
E_{VI}	-	Einfluss-Wertigkeit der Erfüllungsgrade (Erfolgspotenzial)
E_P	-	Erfolgspotenzial
g_u	-	Streckungs- Stauchungsfaktor u
g_v	-	Streckungs- Stauchungsfaktor v
$I_{e,i}$	-	Einfluss-Einzelwertigkeit mit Neuheits-Bedeutung
$I_I...I_V$	-	Einfluss-Wertigkeiten der Einflussgrößen I bis V (Innovationsgrad)
I_{VI}	-	Einfluss-Wertigkeit der Erfüllungsgrade (Innovationsgrad)
I_G	-	Innovationsgrad
m_a	-	Arithmetischer Mittelwert
$m_{g,N}$	-	Geometrischer Mittelwert, Bezug Nullpunkt
$m_{g,M}$	-	Geometrischer Mittelwert, Bezug Maximum
$m_{h,N}$	-	Harmonischer Mittelwert, Bezug Nullpunkt
$m_{h,M}$	-	Harmonischer Mittelwert, Bezug Maximum
$m_{q,N}$	-	Quadratischer Mittelwert, Bezug Nullpunkt
$m_{q,M}$	-	Quadratischer Mittelwert, Bezug Maximum
$p_{NB,i}$	-	Neuheits-Bedeutung
$p_{NB,max}$	-	Neuheits-Bedeutung Maximum
$p_I...p_{VI}$	-	Gewichtungsfaktoren der Einfluss-Wertigkeiten (Erfolgspotenzial)
$q_{NB,i}$	-	Gewichtungsfaktor Neuheits-Bedeutung e-Funktion
$q_I...q_{IV}$	-	Gewichtungsfaktoren der Einfluss-Wertigkeiten (Innovationsgrad)
s_i	-	Neuheitsfaktor
$TB_{i,s}$	-	Summand der Technischen Bedeutung der Produktanforderung
TB_i	-	Technische Bedeutung der Produktanforderung
$TB_{N,i,s}$	-	Summand der Technischen Bedeutung der Produktanforderung mit Berücksichtigung der Neuheit
$TB_{N,i}$	-	Technische Bedeutung der Produktanforderung mit Berücksichtigung der Neuheit
u	-	Einzelurteil der Mittelwertbildung (Portfolio x-Achse)
v	-	Einzelurteil der Mittelwertbildung (Portfolio y-Achse)

Abstract

Innovative products are the key to success for all kinds of companies to assure competitiveness, especially in a highly competitive global market. In order to successfully develop innovative products, methods are necessary which are particularly related to the innovative parameters “novelty” and “successful commercialization” to achieve the desired success. The different phases of development of a novelty from the idea up to the readiness for marketing represent the so-called “innovation process” and need a goal-directed procedure. For example, proposals out of the collection of ideas have to be analysed with regard to their market chances. The process of selection of what is perceived to be the “best ideas” or the “best solutions” will have a strong influence on the effectiveness and efficiency of a development department. One of the most important tasks during the innovation process is to separate very promising ideas or solutions from those which are less promising at an early stage.

In order to launch successful products, a detailed knowledge of customer requirements and their conversion into product requirements is necessary. The exact fulfilment of customer requirements is an essential criterion for quality. For every enterprise, this results in the following basic questions:

- Have all customer wishes been accurately analysed and implemented?
- How innovative is the product to be successful on the market?
- What is the ranking of the product on a defined scale in comparison to competitive products?

Based on these questions, a new evaluation method was developed to identify the chances of market penetration (success potential) and the degree of innovation of technical product ideas and products. The objective of this new evaluation method is the determination of quantitative parameters which will allow a comparison with other products (preceding models or competitive products).

Updated definitions of genuine “(product) innovation” imply that a product not only has to be *new,* but also *successful* on the market. A product can certainly be called “successful” if it offers a higher benefit than other products to both the

customer and the manufacturer and if it is accepted on the market. The following definition can be derived from this analysis:
A product innovation is the successful realisation of a creative new idea or invention with an enhanced customer and manufacturer benefit.

According to this definition, the task of making innovation measurable raises the problem of how to quantitatively determine the degree of novelty and the enhanced customer and manufacturer benefit of an innovation. In order to measure the manufacturer benefit, business economics provides many approaches and operating figures, such as turnover, contribution margin, profit, etc. The new method focuses on the aspects: *innovation* as well as *customer and manufacturer benefits from a technical point of view.*

Since *customer benefit* can be equated with the best possible fulfilment of customer requirements, the new procedure must, as a first step, analyse customer requirements and their conversion into product requirements. To achieve this, the solution approach uses elements of the customer-oriented Quality Function Deployment (QFD) method for systematic product and process design. The results from the first QFD phase, the “technical importance of the product requirements” are the key variables for the evaluation algorithm.

The question concerning the importance of the novelty of an innovation entails the analysis of customer and product requirements in the context of the central parameter *novelty.* The meaning of the expression *“importance of novelty”* can be seen from the answer to the following question: To what extent can the product be judged as *new* in comparison to already existing products, if both customer and product requirements are fulfilled?

The product requirements must be technically implemented. Favourable influences on the product manufacturing lead to *product success* in the market and *enhanced manufacturer benefit.* Therefore, for each product requirement, influencing variables regarding product success must be analysed and taken into consideration, i.e. market comparison index, producibility index, fulfilment index, economic efficiency index and ideality index.

To record these values of an innovation, the novelty of the product and the enhanced customer and manufacturer benefit, the QFD matrix has been modified. Based on the *technical importance of the product requirements,* the *importance of novelty* and the *influencing variables on product success* a mathematical evaluation algorithm was established to quantitatively determine the success potential and the degree of innovation.

The evaluation algorithm was tested and validated in pilot projects. On the one hand, this was carried out with products already on the market and, on the other hand, with innovative product ideas from the development and design phase. The completed evaluations should show a spectrum of possible results in the innovation process. The pilot projects selected were typical projects of the consumer and the investment goods industry.

A basic result of the pilot project phase is that the application of the evaluation method is possible at an early stage of the innovation process, from the moment that concrete customer requirements are known.

The following results arose from discussions with the companies involved about the applied procedures and the conclusions drawn from the evaluation data.

1. It is possible to evaluate
   a) individual segments of the innovation process of a product,
   b) technical subsystems during the development phase,
   c) products on the market.
2. The evaluation results are particularly qualified as a decision-making aid in product development.
3. Ideas and products mostly arise from a combination of conventional design elements and/or partial solutions for a new purpose.
4. The evaluation method supports an overall entrepreneurial evaluation.

The results obtained during the pilot project phase evidenced that the objective as far as the development of a new evaluation method is concerned has been achieved. For the first time, it is now possible to quantitatively determine pa-

rameters to evaluate the potential for market penetration and the degree of novelty of innovative ideas or products in comparison with competitive products. The calculated success potential and innovation degree are values, which in relation to maximum possible values respectively values of competition products can be seen as important decision aids.

The big advantage of the method is that there is practically no application limit in view of the objects to be evaluated. It can be used for decisions in the development process, where well-founded decision-aids are necessary, as well as for overall trend statements in view of the competition. In combination with criteria of enterprise-specific planning strategies, decisive indications are made available to management to improve the capability for innovation.

1 Einleitung und Ziele

1.1 Notwendigkeit der Bewertung innovativer Produkte

Auf gesättigten Märkten wird die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in erster Linie nicht durch Kostensenkungs- und Sparprogramme, sondern durch marktgerechte Produktinnovationen gesichert /WITT96/. Diese Aussage unterstreicht die herausragende Bedeutung von neuen Produkten, die sich an den stetig verändernden, anspruchsvollen Kundenwünschen im intensiven Wettbewerb orientieren müssen. Der Erfolg und letztlich die Existenz eines Unternehmens sind von der professionellen Entwicklung, Umsetzung und Vermarktung neuer Produkte abhängig /JAHBERG03/. Innovative Produkte sind der Schlüssel zum Erfolg für alle Unternehmen, besonders auf einem konkurrierenden globalen Markt /HARGADON01/. Die Realisierung einer kreativen Idee und deren erfolgreiche Vermarktung kann auch als Antriebsmotor für die Unternehmensentwicklung und –erneuerung dienen, wie zahlreiche Arbeiten auf dem betriebswirtschaftlichen Sektor belegen /BRANDENBURG01/ (siehe dazu /BÖHM96, HAFKESBRINK, HAHNER00, HERSTATT91, SCHNEIDER91, SCHLAAK99, SCHULTZENDORFF92, WEBER97/).

Forschung ist die Umwandlung von Geld in Wissen, Innovation ist die Umwandlung von Wissen in Geld /WARNECKEHJ03-1/. Häufig werden die Begrifflichkeiten stark verwischt: Innovation wird mit Forschung und Entwicklung gleichgesetzt, im Volksmund wird eine kreative Idee oft mit Innovation bezeichnet und als Modewort gebraucht. Die erfolgreiche Umsetzung von Wissen in reale, vom Kunden gewünschte und akzeptierte Produkte sichert den Unternehmenserfolg und die Marktstellung, ohne die ein erfolgreiches Unternehmen mittelfristig nicht überleben kann oder ein eher bedeutungsloses Dasein fristet /ZEW01/.

Um Neues auf den Markt bringen zu können, muss zwangsläufig auf breiter Front geforscht werden, wobei die eigene Forschung oder der Erwerb von Kernkompetenzen, Patenten, Lizenzen, Schutzrechten u. v. m. Investitionen erforderlich machen, die von vielen Unternehmen eher zögerlich getätigt werden.

Deutschland liegt bei der Umsetzung von Neuheiten, also dem Hervorbringen von innovativen Produkten und Dienstleistungen, im internationalen Vergleich an siebter Stelle und damit im Mittelfeld: nur 7,1% des Umsatzes wird mit Marktneuheiten erzielt. Deutschland will und muss im Technologiebereich in der Weltspitze, z. B. mit den USA, mitspielen, sonst werden wir unsere wirtschaftlichen und sozialen Probleme nicht bewältigen können (Europäische Kommission, 2002, nach /WARNECKEHJ03-1/).

Auch in Zukunft wird sich der Lebensstandard einer hoch entwickelten Gesellschaft auf der Fähigkeit begründen, innovative Industrieerzeugnisse hervorzubringen und auf dem Weltmarkt mit Gewinn zu verkaufen. Innovation ist für eine Gesellschaft besonders dann wichtig, wenn deren Lebensstandard nahezu ausschließlich von der Erzeugung technischer Produkte abhängt /KOLLER97/. Demnach heißt Zukunft gestalten auch, neue innovative Erzeugnisse zu entwickeln und zu produzieren /GAUSEMEIER01/. Die Fähigkeit eines Unternehmens, den Innovationsprozess zum Hervorbringen innovativer Industrieerzeugnisse zielgerichtet zu steuern, erfordert aber die Kenntnis über den effizienten Einsatz von Methoden zur Beurteilung, Bewertung und Selektierung eines Produkts oder einer Produktidee im Produktentstehungsprozess /BÖHM96/.

Produktideen für neue Produkte bzw. für Produktverbesserungen werden ständig von verschiedenen Seiten an ein Unternehmen herangetragen. Die frühzeitige Trennung besonders Erfolg versprechender von weniger aussichtsreichen Ideen ist eine der wichtigsten Aufgaben im Innovationsprozess. Von sieben Ideen wird in der Regel nur eine zur Entwicklungsreife gebracht /WARNECKEHJ03-1/. Die Vorschläge aus der Ideensammlung müssen auf ihre Marktchancen hin untersucht werden, wobei sich die erfolgversprechendste Idee aufgrund von Kriterien der Realisierbarkeit und Kundenorientierung herauskristallisieren sollte.

Die Auswahl der „besten Idee“ oder „besten Lösung“ hat außerdem einen bedeutenden Einfluss auf die Effektivität und Effizienz des Entwicklungsbereiches. Die Entwicklung und Anwendung geeigneter Verfahren muss in der Absicht geschehen, dadurch die Effektivität und die Effizienz der Forschungs- und Entwick-

lungstätigkeit zu steigern /BROCKHOFF99/. Weiterhin werden die erst später ausgabenwirksamen Kostenteile bereits in diesem Stadium der Ideenselektion größtenteils festgelegt /HAHNER00, KALKOWSKI97/. Manche Studien sprechen von über 70 % der Produktfolgekosten /GROTE95/.

Innovative Unternehmen zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass sie nach Verwirklichung einer Vision streben und welche Marktstellung sie dadurch im dynamischen Gesamtwettbewerb einnehmen /BARSKE01/. Der Vergleich mit Konkurrenzprodukten, z. B. durch Benchmarking, erlaubt dabei zwar Aussagen über technische und eventuell betriebswirtschaftliche Aspekte, jedoch ist eine Einschätzung der Stellung des innovativen Produktes im Hinblick auf einen erweiterten Kunden- und Herstellernutzen nicht möglich. Die am Kunden orientierten Neuheiten erlauben immer einen Marktvorsprung oder gar eine Sonderstellung, so lange das Produkt genügend Neuheit aufweist und dem Kunden neuen oder zusätzlichen Nutzen bietet. Die Fähigkeit, Innovationen auf den Markt zu bringen, ist in zunehmendem Maße die Schlüsselkompetenz von Unternehmen, um neue Anforderungen zu erfüllen und den Marktvorsprung zu sichern /WARNECKEG99/.

Daraus ergeben sich zentrale Fragestellungen für jedes Unternehmen:

1. Sind Kundenwünsche genau analysiert und umgesetzt worden?
2. Wie innovativ ist unser Produkt?
3. Welche Stufe nimmt es innerhalb einer definierten Skala im Vergleich zu Konkurrenzprodukten ein?

Aus diesen Fragen wird jedes verantwortungsbewusste Management eines aktiven Unternehmens Maßnahmen zur Verbesserung und Stärkung für das eigene Unternehmen ableiten. Handlungsbedarf gibt es allemal, wenn sich das Unternehmen mit solchen vergleicht, die technologisch besser positioniert sind. Denn erfolgreiche Innovationen orientieren sich immer am Markt /KLEINSCHMIDT96/.

1.2 Problemstellung und Zielsetzung

Viele Innovationen in früheren Zeiten wie auch heute entstanden und entstehen oft rein zufällig, teilweise intuitiv oder durch Experimentierfreude. In Zeiten großer Not und Umbrüche, z. B. in Kriegszeiten, sind oft revolutionäre, neuartige Produkte und Technologien entstanden, die wiederum viele neue Wege zu neuen Produkten, Technologien und Prozessen ermöglicht haben. Als Beispiel sei hier die Lasertechnik genannt, deren Entdeckung und weiterführende Entwicklung der menschlichen Gesellschaft phänomenale Möglichkeiten eröffnete.

Die Systematisierung in der Konstruktionstechnik hat in den vergangenen Jahrzehnten Möglichkeiten geschaffen, durch geeignete Verfahren und Methoden die Entwicklung neuer Produkte zielgerichtet zu betreiben. Dies führte weg von einer rein intuitiv geleiteten oder nur auf einer Idee fokussierten Konstruktion, hin zu einer bewusst gesteuerten und geführten Vorgehensweise, vom Beginn bis zur Marktreife eines Produkts /PAHL97/.

Systematisches Vorgehen und Methodik führen allerdings nicht zwangsläufig zu Innovationen. Die nähere Beschäftigung mit der Thematik der Entwicklung von neuen Produkten zeigt, dass es zwar für die Umsetzung „der Sprache des Kunden“ (individuelle Kundenwünsche) in Produktanforderungen Möglichkeiten und Verfahren gibt. Eine ganzheitliche Betrachtung jedoch, die die zentralen Größen Neuheit und erweiterten Kunden- sowie Herstellernutzen mit all ihrer Vielschichtigkeit integriert, wird mit keinem Verfahren quantitativ erfasst.

Eine ganzheitliche Betrachtung und Bewertung ist aber die Grundlage für den Erfolg eines Produktionssystems und für den Erfolg innovativer Unternehmen. Folgende Stichpunkte aus dem Bereich der innovativen Organisation und Führung dienen zur Klärung, welcher Zweck mit ganzheitlich verfolgt werden soll /SPATH03/:

- umfassend: alle Bereiche der Aufgabenstellungen des Produzierens abdecken,

- durchgängig: keine Prozesslücken,
- bruchlos: keine organisatorischen Brüche, z. B. zwischen Konstruktion und Fertigung,
- alle Aspekte berücksichtigend: Mensch, Organisation und Technik sind in ihrem Zusammenwirken als Ganzes zu betrachten.

In dem Bereich der Wirtschaftswissenschaften gibt es zahlreiche Untersuchungen auf dem Gebiet des Innovationsmangements und der Beurteilung und Bewertung von Produktideen, die vor allem auf dem Hintergrund der Einflussgrößen des magischen Dreiecks Leistung-Nutzen-Zeit durchgeführt wurden (siehe hierzu /HAHNER00, HAFKESBRINK88, SCHNEIDER91/).

Aus technischer Sicht findet sich kein Verfahren, das eine ganzheitliche und quantitative Bewertung und Beurteilung neuer Produktideen und Produkte befriedigend ermöglicht. Dies wird in Kapitel 3 mittels Literatur- und Internetrecherchen belegt.

Die Entwicklung eines solchen Verfahrens, mit dem zum einen die Höhe und Bedeutung der Neuheit (Innovationsgrad) eines Produktes bestimmt werden kann und sich zum anderen auch Produktideen, Schutzrechte, Patente usw. auf ihre Marktchancen (Erfolgspotenzial) hin überprüfen lassen, ist Ziel dieser Arbeit.

Mit diesem Verfahren soll den Entwicklern und der Unternehmensleitung ein Verfahren an die Hand gegeben werden, das die „Sprache des Kunden“ (individuelle Kundenwünsche) und ihre Erfüllbarkeit, d. h. die technische Durchführbarkeit mit den damit verbundenen Risiken, erfasst. Damit sollen die typischen Größen von Innovationen, Marktdurchsetzungsfähigkeit (Erfolgspotenzial) und Bedeutung der Neuheit von innovativen Ideen und Produkten, quantitativ erfasst werden.

Mit der Höhe und Bedeutung der Neuheit (Innovationsgrad) lässt sich dann durch Vergleich mit anderen Produkten oder einem Vorgängermodell die Position bestimmen, die es innerhalb einer definierten Skala einnimmt. Der anschlie-

ßende Vergleich mit Konkurrenzprodukten hilft außerdem, die eigene Leistungsfähigkeit zu erkennen, um daraus zielgerichtet Verbesserungen ableiten zu können. Das neu zu entwickelnde Verfahren muss dies ermöglichen, um schließlich Konsequenzen für das unternehmerische Handeln ziehen zu können.

1.3 Aufbau der Arbeit

In dem einleitenden Abschnitt wurden die Bedeutung und die Notwendigkeit, innovative Produkte hervorzubringen, allgemein aufgezeigt und durch Aussagen namhafter Forscher begründet und belegt.

Im nächsten Abschnitt wird der notwendige und umfassende Einsatz moderner Methoden zur bewussten Steuerung der Innovationsprozesse zum Hervorbringen innovativer Industrieerzeugnisse dargelegt. Dieser Einsatz erfordert die umfassende Kenntnis von Kreativitätstechniken und Innovationsmethoden, das Wissen über deren Effektivität und Anwendungsmöglichkeiten innerhalb des Entwicklungsprozesses. Letztlich muss der effektive Einsatz der Methoden in der Praxis ständig geübt, immer auf neuen Problemfeldern erprobt und ihre Effizienz immer aufs Neue kritisch hinterfragt werden. In der Diskussion mit Produktmanagern wird zum einen deutlich, dass dies in der Praxis oft gar nicht stattfindet. Zum anderen gilt es, noch so manche Lücke auf dem Gebiet der Innovationsforschung zu schließen, vor allem im Sektor der Beurteilung und Bewertung innovativer Produktideen und, wie bereits dargelegt wurde, von Produktinnovationen aus technischer Sicht /SCHLAAK99/.

In den ersten Kapiteln dieser Arbeit, dem Grundlagenteil, wird das relevante Forschungsgebiet aufgezeigt, zu verwandten Gebieten abgegrenzt und die Begrifflichkeiten der einzelnen Bausteine des zu entwickelnden Bewertungsverfahrens geordnet und beschrieben. Daraus ergeben sich die für die Arbeit wichtigen Definitionen der zentralen Begriffe „Innovation“ und „Innovationsgrad“, die dann die Basis für das zu entwickelnde theoretische Bewertungsverfahren bilden.

Im Kapitel 3 werden die vorhandenen Methoden zur Bewertung im Innovationsprozess beschrieben und der Mangel an geeigneten Methoden aufgezeigt.

Die kritische Durchsicht der umfangreichen Literatur geschieht immer mit dem Hintergrund festzustellen, welche Verfahren und Methoden es für den Techniker und Ingenieur aus seiner überwiegend technischen Sichtweise gibt.

Einige betriebswirtschaftlichen Arbeiten wurden bei der Literaturrecherche darauf hin überprüft, inwieweit Methoden und Verfahren, oder auch nur Teilaspekte, auf die technische Beurteilungs- und Bewertungsmethodik übertragen werden können.

Die Aufgabe, Innovation messbar zu machen, führt zu dem Problem, Kenngrößen einer Innovation zu identifizieren und quantitativ zu bestimmen. In Kapitel 4 wird daher zunächst die Aufgabenstellung konkretisiert und eingegrenzt. Anschließend wird durch Lösungsschritte eine Möglichkeit beschrieben, innovative Kenngrößen zu ermitteln, mit deren Hilfe dann ein Bewertungsalgorithmus erstellt werden kann.

Der theoretische Aufbau eines Berechnungsalgorithmus zur Ermittlung des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades erfolgt in Kapitel 5, wobei die Konzeptualisierung durch empirische Überlegungen begründet wird.

Mit Hilfe von ausgewählten Pilotprojekten wird der Berechnungsalgorithmus einer kritischen Überprüfung unterzogen. Dies wird in Kapitel 6 dargestellt. Daraus werden Rückschlüsse für die Grenzen der Anwendbarkeit sowie der Effektivität und Effizienz des Verfahrens abgeleitet. Dadurch werden notwendige Maßnahmen zur Modifizierung des theoretischen Berechnungsalgorithmus aufgezeigt, um damit den realen Verhältnissen der Anwendungspraxis gerecht zu werden.

Aus dieser Erprobungsphase werden Konsequenzen für das betriebliche Handeln im Innovationsprozess aufgezeigt (Kap. 6), die aus der Anwendung dieses neuen Verfahrens abgeleitet werden können. Im Einzelnen sind dies für ein Un-

ternehmen kurz zusammen gefasst: die eigene Leistungsfähigkeit erkennen, um daraus zielgerichtet Verbesserungen für das Produkt einleiten zu können und damit die Wettbewerbsfähigkeit zu fördern.

Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung (Kap. 7) und mit einem Ausblick (Kap. 8).

Bild 1.1: Gliederung der vorliegenden Arbeit

2 Begriffe zu innovativen Ideen und Produkten

In der Produktentwicklung liegen die Begriffe häufig eng beieinander und die Gefahr einer Verwechslung ist groß. Die Begriffe, die den Entwicklungsprozess und seinen Inhalt beschreiben, müssen daher klar voneinander abgegrenzt werden, um Missverständnisse und Fehlinterpretationen zu vermeiden.

2.1 Zur Unterscheidung Kreativität – Invention – Innovation

Die Kreativität und die Innovation sind nicht dasselbe, dennoch sind sie irgendwie miteinander verwandt /BULLINGER02/. In diese Aussage ließe sich auch die Invention integrieren, ist sie doch das Ergebnis einer Kreation. Wegbereitende Innovationen sind oft die zur Marktreife realisierten Inventionen.

Alle drei Begriffe werden häufig falsch verwendet. Es handelt sich um Begriffe, die mit dem Erschaffen von Dingen zusammen hängen, und nicht selten werden damit Phantasie, Originalität o. ä. gemeint. Diese Begriffe finden für das breite Spektrum des menschlichen schöpferischen Schaffens Verwendung. Daher kann es kaum für jeden Begriff eine einheitliche Definition geben. Im Folgenden sollen wesentliche Inhalte angesprochen werden, die im Kontext dieser Begriffe stehen und die Grundlage des zu entwickelnden Bewertungsverfahrens bilden.

2.1.1 Kreativität

Der Begriff Kreativität hat seine Wurzeln in der lateinischen Sprache: „creare“ heißt dort so viel wie „erschaffen“. Früher wurde davon ausgegangen, dass Kreativität zwar beobachtbar, aber nicht beeinflussbar sei, d. h. es gab kreative Erfinder und nicht kreative Menschen /GAUSEMEIER01/. Nach heutiger Erkenntnis jedoch ist bei jedem Menschen eine geistige Grundstruktur für Kreativität vorhanden, welche jedoch unterschiedlich stark genutzt wird /MALORNY97/. Diese geistige Grundstruktur wird auch als natürliche Kreativität bezeichnet. Lange

Zeit wurde davon ausgegangen, dass nur manche Menschen diese „Geistesblitze“ haben, die für das Erfinden und für das Hervorbringen jeglicher Art von Kunst verantwortlich waren /SUTER83/.

Viele Kreativitätsbeschreibungen in der Literatur gehen auf Siegmund Freud zurück. Wie Bild 2.1 zeigt, sieht er Kreativität als Wechselwirkung von Logik und Phantasie, die sich zwischen konvergentem Zieldenken und divergentem Wunschdenken vollzieht. Dies jedoch kann durch äußere Einwirkungen begünstigt, aber auch verhindert werden /BUSCH99/.

Begünstigt wird die kreative Leistung des Einzelnen durch das gezielte Bestreben, sein Wissen zu vermehren. Die kreative Leistung ist die Bezeichnung für die Kombination aus natürlicher Kreativität und Wissen.

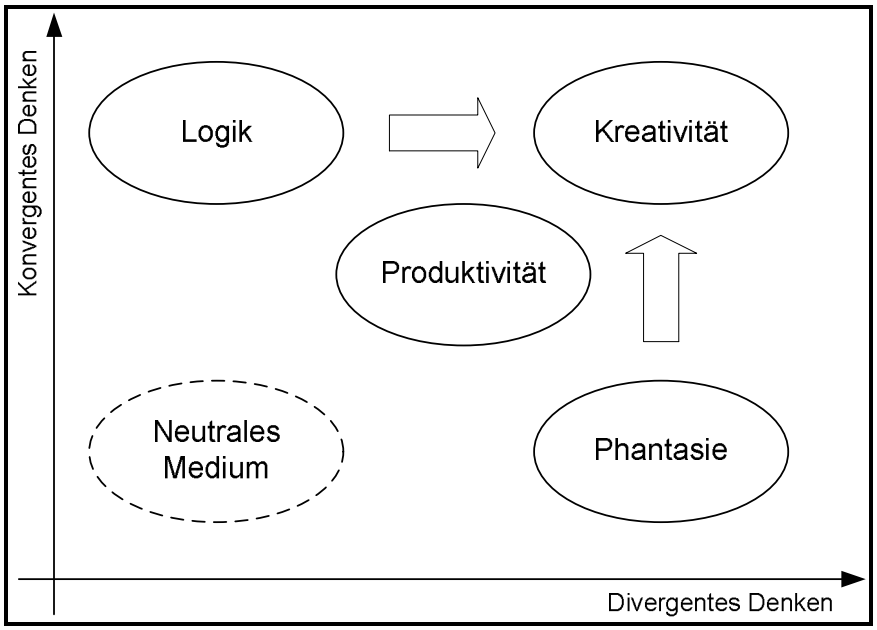


Bild 2.1: Wechselwirkung von Logik und Phantasie nach Freud /BUSCH99/

Der Mensch ist ein „Gewohnheitstier“, sagt der Volksmund und meint damit, dass er bei der Lösungssuche gerne ausgetretene, breite Pfade beschreitet. In der Wissenschaft wird dieses Verhalten Trägheit genannt und je nachdem, welche Perspektive oder welches Forschungsgebiet gemeint ist, mit einem entsprechenden Attribut versehen, z. B. fachspezifische Trägheit oder mentale Trägheit /BULLINGER02/.

Die neuere Forschung auf dem Gebiet des menschlichen Denkens hat jedoch gezeigt, dass die Anwendung von Kreativitätstechniken die kreative Leistung in jeder Altersstufe signifikant erhöhen kann, sofern das problemlösungsrelevante Wissen vorhanden ist oder Wissen gezielt erworben wird /KÖRSTEN01, MALONY97/ (Bild 2.2).

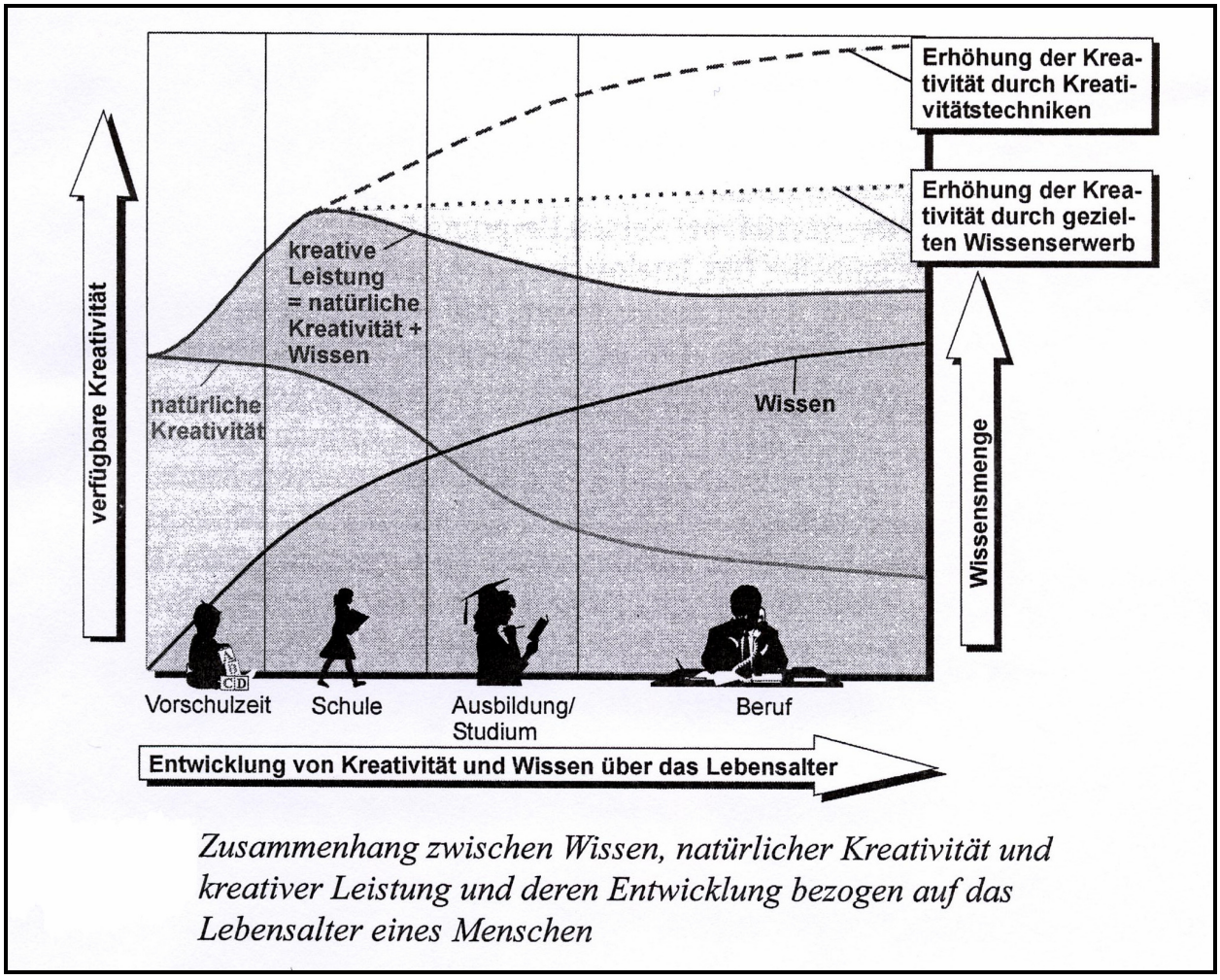


Bild 2.2: Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Kreativität und Wissen über das Lebensalter und die verfügbare Kreativität /GAUSEMEIER01/

Die Kreativität spielt in der Phase der Ideengenerierung im Innovationsprozess eine sehr bedeutende Rolle. Kreativitätstechniken (Tabelle 2.1) finden deshalb bei der Lösungssuche häufig Anwendung, helfen sie doch ausgetretene breite Pfade zu verlassen und/oder Denkblockaden zu überwinden.

	Verfasser	I. Schw.G.	II. G/E	III. Mod.	Ø-Dauer	IV. Prot.
Progressive Abstraktion	GESCHKA	3	G, E	+ +	2 h	P!
Hypothesenmatrix	SCHLICKSUPP	2	E	O	> 1 Tag	P
KJ-Methode	KAWAKITA	2	E (G)	(+ +)	> 1 Tag	P!
Morphologischer Kasten	ZWICKY	3	E (G)	(+ +)	bis > 1 Tag	A
Sequentielle Morphologie	SCHLICKSUPP	3	E (G)	(+ +)	bis > 1 Tag	A
Attribute-Listing	CRAWFORD	1	E, G	O	bis > 1 Tag	A
Morphologische Matrix	ZWICKY	2	E (G)	(+)	bis > 1 Tag	P
Problemlösungsbaum		2	E (G)	(+)	bis > 1 Tag	A
Brainstorming	OSBORN	2	G	+	0,5 bis 1 h	P!
Methode 635	ROHRBACH	1	G	O	0,75 h	A
Brainwriting-Pool	SCHLICKSUPP	1	G	O	0,75 h	A
SIL-Methode	SCHLICKSUPP	2	G	+ +	2 h	P!
Synektik	GORDON	3	G (E)	+ +	3 h	P!
TILMAG-Methode	SCHLICKSUPP	2	G (E)	+	2 bis 3 h	P!
Semantische Intuition	SCHLICKSUPP	1	G, E	+	1 h	P!
Visuelle Synektik	GESCHKA/ SCHAUDE/ SCHLICKSUPP	2	G, E	+	1 h	P!

I. Schwierigkeitsgrad:
1 = nicht sehr hoch; gut als „Einstiegs"- oder „Anfängermethode"
2 = setzt gute Methodenkenntnisse voraus
3 = Schwierige Methode, die ausreichend zu trainieren ist

II. Eignung für
E = Einzelarbeit
G = Gruppenarbeit
( ) = bedingte Eignung

III. Moderation:
o = keine Anforderungen
+ = normale Anforderungen
++ = besondere Anforderungen
( ) = wenn in Gruppen angewandt

IV. Protokollierung:
AS = „automatisches" Protokoll
P = normale Protokollsorgfalt
P! = besondere Protokollsorgfalt (z.B. zus. Tonband-Aufz.)

Tabelle 2.1: Übersicht Kreativitätstechniken mit Anwendermerkmalen /BULLINGER02, SCHLICKSUP92/

Besonders Erfolg versprechend wird der Einsatz dieser Methoden, wenn personen-bezogene Erfolgsfaktoren starke Berücksichtigung finden: kreative Atmosphäre, Unvoreingenommenheit u. ä.

Schon frühzeitig haben sich Menschen damit beschäftigt, systematisch Entdeckungen zu fördern und nach ihrer Wertigkeit in einzelne Bereiche einzuordnen. Altschuller ordnete in seiner nach ihm benannten TRIZ-Methode Entdeckungen (in Form von Patenten) in Bereiche ein (Bild 2.3).

Patente mit nur einfacher Veränderung des bestehenden Systems ordnete Altschuller ganz unten an. Patente, bei denen eine deutliche Veränderung im bestehenden System erkennbar ist, wurden in die Mitte eingeordnet. Solche mit völlig neuen Technologien, wie z. B. die Lasertechnik, entsprechen dem höchsten Niveau.

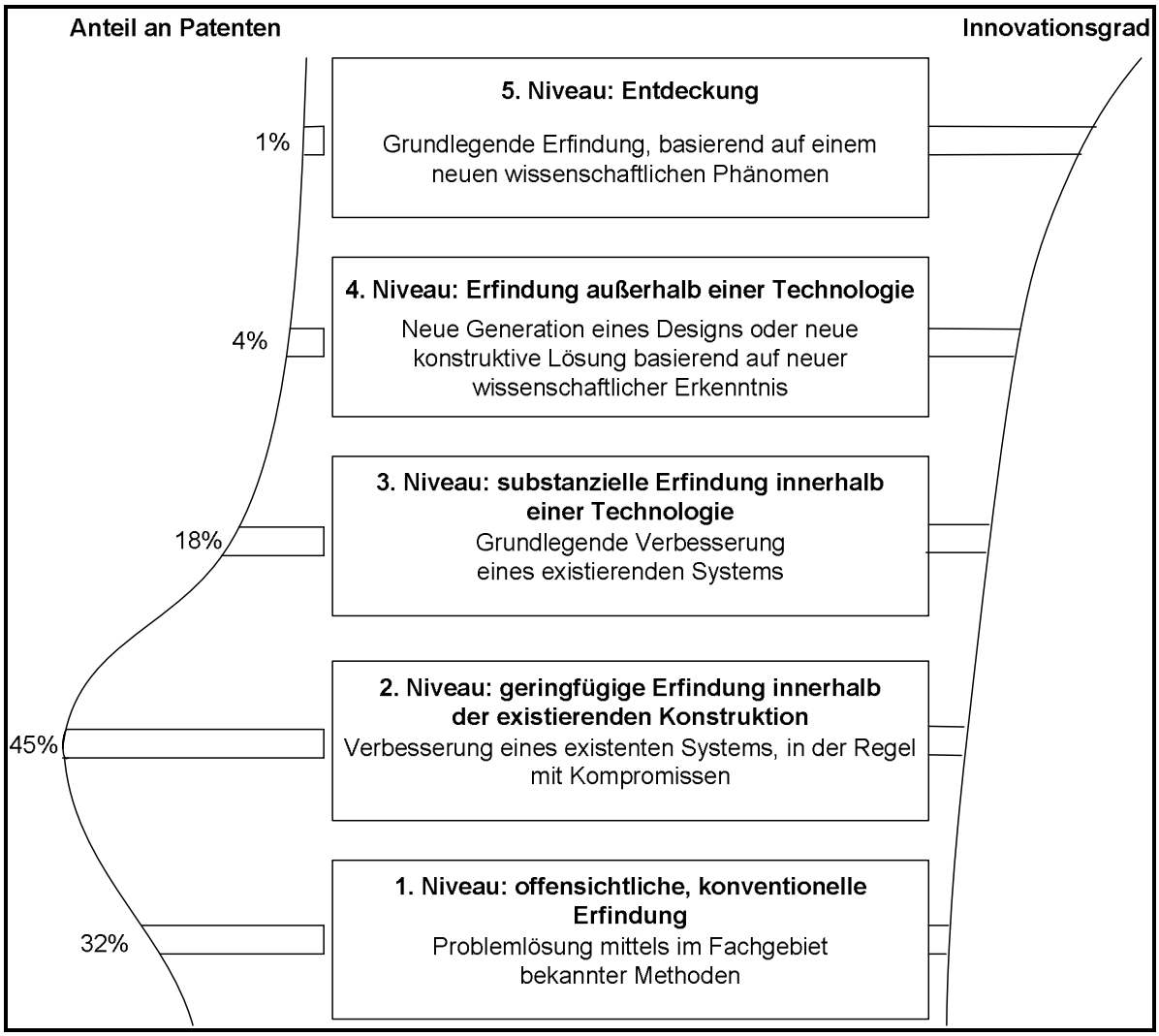


Bild 2.3: Einordnung von Patenten in fünf Niveaus der Kreativität /GAUSEMEIER01/

Eine mögliche Einteilung kreativer Produktideen kann nach demselben Muster vorgenommen werden, wie Altschuller dies mit Patenten getan hat, wobei allerdings zu prüfen wäre, nach welcher mathematischen Funktion die progressive Zunahme der Wertigkeit (Innovationsgrad) erfolgen soll.

2.1.2 Invention

Erfindungen sind Ideen für ein neues Produkt und werden auch als Inventionen bezeichnet. Der aus dem lateinischen kommende Begriff Invention bedeutet das Auffinden. Die Invention ist, von spontanen Intuitionen abgesehen, meist das Ergebnis von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten und kann als das Erfin-

den oder Entdecken bisher unbekannter Problemlösungen umschrieben werden. Dies resultiert aus dem intensiven Bemühen von kreativen Wissenschaftlern, Ingenieuren, Technikern und Projektteams, Neuheiten zu schaffen, um die Marktchancen ihres Unternehmens zu stabilisieren, zu erhöhen oder in manchen Fällen neue Märkte und Marktnischen zu erschließen. Sie können demnach veraltete Produkte ersetzen, zusätzliche Nachfrage mit Mehrumsätzen schaffen sowie eine zeitlich begrenzte Alleinstellung auf dem Markt bewirken, in deren Folge höhere Preise leichter durchsetzbar sind. Außerdem fördern sie das Image des Unternehmens („fortschrittliches Unternehmen“) und die Dynamik des Betriebsgeschehens, indem sie die Arbeitsmotivation der beteiligten Mitarbeiter beleben /WITT96/.

Neuheiten auf dem Markt umzusetzen erfordert aber auch Risikobereitschaft sowie die gründliche Überprüfung der Neuheit auf ihre Markchance hin, da das Unternehmen oft nur über Erfahrungswerte ähnlicher Produkte oder Vorgängermodelle verfügt.

Um sicherzustellen, dass die eigene kreative Leistung (die Invention) im freien Wettbewerb unseres Wirtschaftssystems nicht in fremde Hände kommt, kann mit der Anmeldung und Erteilung eines Patents oder Gebrauchsmusters beim Deutschen oder Europäischen Patentamt eine Erfindung geschützt werden, um diese für zwanzig Jahre ausschließlich herzustellen, zu vertreiben oder zu gebrauchen. Das Patentrecht hindert Dritte daran, die Erfindung für sich wirtschaftlich zu nutzen /BRUNS01, HALLMANN82/.

Mit dem Gebrauchsmusterschutz können neue Produkte geschützt werden, deren Neuheit in ihrer ästhetischen, das Auge ansprechenden, Gestaltung liegt.

Ein Marktvorsprung kann die Lizenznahme an fremden Schutzrechten erfordern, wenn die notwendige Kernkompetenz im eigenen Betrieb nicht vorhanden ist oder zeitliche und wirtschaftsstrategische Gründe dies berechtigen. Bei allen diesbezüglichen Überlegungen der Unternehmensführung gilt der zweckmäßige Grundsatz, nur das selbst zu tun, was man besser kann als andere, und ansonsten zu kooperieren. Um allerdings brauchbare Innovationen, patentwürdige und

nicht patentwürdige Erfindungen voneinander abgrenzen zu können, ist es notwendig, einen Überblick über die in der Praxis vorkommenden Lösungen zu haben /BURBAUM97/.

Diese Arbeit soll einen wichtigen Beitrag zu neuen Beurteilungs- und Bewertungsverfahren von technischen Produktideen leisten, um auch beim Erwerb von Schutzrechten eine Hilfestellung zu bieten.

2.1.3 Innovation

Der Begriff „Innovation“ wird heute in vielen Bereichen – von der Technik über die Wirtschaft bis hin zur Politik – in mannigfaltiger Weise und wohl auch oft ohne Kenntnis der exakten Bedeutung benutzt. Er hat dadurch viel an Präzision eingebüßt und ist fast zu einem schillernden Schlagwort geworden, das momentan in jedwedem passenden und unpassenden Zusammenhang Anwendung findet. In der umgangssprachlichen Verwendung wird Innovation oft als Synonym für eine originelle Neuheit, Idee, Handlung etc. verwendet /BULLINGER02/. Die Begriffe Innovation und Innovationsgrad sind zentrale Begriffe dieser Arbeit. Das zu erstellende Verfahren erfordert eine klare, präzise Definition und Abgrenzung dieser Begriffe zu etwaigen weiterreichenden, in manchen Bereichen durchaus zulässigen Definitionen, da es sich hierbei um ein mathematisch begründetes Verfahren handelt. Die Intention zur Erstellung des Bewertungsalgorithmus ist die Ermittlung einer möglichst genauen Kennzahl für die Innovationsbewertung und nicht eine eher qualitative Aussage über den Untersuchungsgegenstand.

Der Begriff Innovation (lateinisch: innovare) bedeutet Erneuerung oder Neuerung und meint die Einführung einer Neuheit. Übertragen auf die Wirtschaft wird damit ein In-den-Markt hineinführen einer Idee bzw. eine Umwandlung von wissenschaftlichen Erkenntnissen und neuen Ideen in eine marktwirtschaftliche oder technische Realisierung verstanden /BROMMER91, BULLINGER02/.

Der Begriff Innovation wird nicht nur für die Realisierung technischer Neuerungen verwendet. Daneben werden auch realisierte methodische, finanzwissen-

schaftliche, administrative, soziale und ökologische Neuerungen als Innovationen bezeichnet /BULLINGER02, QUADBECK98/.

Aus dieser ersten Beschreibung einer Innovation lassen sich bereits wichtige Kernelemente ableiten, die in vielen Definitionen zur Innovationsforschung aufgeführt sind, nämlich Neuheit und Realisierung bis zur Marktreife. Bei weiteren Überlegungen ergeben sich jedoch Spielräume für die Definition einer Innovation, über die /SCHLAAK99/ (in Anlehnung an /HAUSCHILDT97/) in seiner Arbeit recherchiert hatte, deren Ergebnisse allgemein zur Identifizierung einer Innovation herangezogen werden können.

Ob ein Objekt als Innovation erkannt und bezeichnet wird, ist demnach abhängig von:

- den Eigenschaften, die in Relation zu den Eigenschaften anderer Objekte gesetzt werden,
- der Genauigkeit, mit der die Eigenschaften der Objekte verglichen werden, und
- der Definition der Menge der Referenzobjekte.

Die weiteren Ergebnisse nach /SCHLAAK99/ sollen das Begriffsverständnis weiter verdeutlichen und die Merkmale von Innovationen herausstellen:

1. Inhaltliches Merkmal: Was ist neu?
   Frage nach den relevanten Eigenschaften des Innovationsobjektes, die mit anderen Objekten verglichen werden.

2. Intensitäts-Merkmal: Wie viel Neuheit ist notwendig?
   Ab welchem Grad von Unterschiedlichkeit kann beim Vergleich von einer wesentlichen Veränderung gesprochen werden?

3. Subjektives Merkmal: Neu für wen?
   Wer ist der Beurteiler? Die Wahrnehmung einer Innovation kann auf die Einschätzung unterschiedlicher Personengruppen beruhen, die die Neuheit auf Grundlage eines bestimmten Wissensstandes beurteilen.

4. Kontext-Merkmal: Neu vor welchem Hintergrund?
   Von welcher Ebene aus wird beurteilt, d. h. aus welcher Sicht?

5. Prozessuales Merkmal: Wo beginnt, wo endet die Innovation?
   Der Innovationsprozess reicht von der Idee bis zur erforderlichen erfolgreichen Einführung der Invention im Unternehmen und auf dem Markt.

6. Normatives Merkmal: Ist neu gleich erfolgreich?
   Konstitutives Merkmal ist die Unterschiedlichkeit der Objekte. Auch eine Verschlechterung wäre theoretisch eine Innovation. In der Praxis wird Innovation jedoch mit dem Vorhandensein eines relativen Vorteils, einer Verbesserung in Verbindung gebracht, d. h. bessere Aufgabenerfüllung, „das Produkt löst Probleme“.

Aus den aufgeführten Merkmalen können bereits Schlussfolgerungen für einen späteren Lösungsansatz zur Erstellung des Bewertungsverfahrens gezogen werden:

1. Grundlage für die Aufstellung der relevanten Vergleichsgrößen bilden die Kunden- und Produktanforderungen.

2. Die Neuheit der Kunden- und Produktanforderungen muss quantitativ ermittelt werden.

3. Eine allgemein gültige Beurteilung und Bewertung sollte von einem unabhängigen Expertenteam erfolgen, um Subjektivität zu vermeiden, wenn die Ergebnisse als Vergleichsgrößen auf dem Markt Akzeptanz haben sollen.

4. Die Sicht, aus der ein Objekt beurteilt wird, sollte möglichst wenigen Einschränkungen unterliegen. Jedoch wird eine Beurteilung sicherlich überwiegend aus technischer oder aus technisch-wirtschaftlicher Sicht erfolgen.

5. Ein neues Produkt, das sich bei der Markteinführung als ein nicht durchsetzbares Industrieerzeugnis oder gar als Misserfolg erweist, trägt nicht zum Unternehmenserfolg bei, auch dann nicht, wenn die kreative Leistung phänomenal wäre. Der Herstellernutzen ist daher von der erfolgreichen Einführung auf dem Markt abhängig.

6. Eine Neuheit mit Marktchancen wird mit besserer Aufgabenerfüllung und einem relativen Maß an Überlegenheit gegenüber den Konkurrenzprodukten verbunden (als Resultat der Innovationsforschung /VANJA98/).

Jeder Produktentwickler wird bestrebt sein, jede Neuheit zu einer überlegenen, erfolgreichen Neuheit machen zu wollen. Neu muss nicht gleich erfolgreich sein (siehe vorheriger Abschnitt). Erfüllt jedoch ein neues Produkt folgende Kriterien (nach /COOPER02/), hat es gute Erfolgchancen:

- Es weist für den Kunden einzigartige Aspekte auf.
- Es entspricht dem Kundenbedarf besser als Konkurrenzprodukte.
- Seine relative Qualität ist hoch.
- Es löst Probleme, die Kunden mit Konkurrenzprodukten haben.
- Es senkt die Kosten der Kunden.
- Es ist innovativ und neuartig.

Der Erfolg ist von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren und Kriterien abhängig /KLEINSCHMIDT96/, die in drei Dimensionen (/SCHLAAK99/ in Anlehnung an /GRIFFIN93/ und /GRIFFIN96/) eingeteilt werden können:

- der finanzielle Erfolg,
- der markt- oder kundenbasierte Erfolg und
- der technische oder prozessbasierte Erfolg.

Es gilt dabei, Erfolgsgrößen zu erheben, die über alle Projekttypen hinweg von Unternehmensvertretern als relevant zur Beurteilung des Projekterfolgs wahrgenommen werden können:

- die erzielten Gewinne,
- der erreichte Wettbewerbsvorteil gegenüber den Konkurrenten,
- der erreichte Marktanteil,
- die Zufriedenheit der Kunden mit dem Produkt,
- der relative Produktvorteil aus Kundensicht,
- die Entwicklungskosten und
- die Entwicklungszeit.

Neuere Definitionen von „(Produkt-)Innovation“ setzen des Weiteren voraus, dass ein Produkt nicht nur neu sein muss, sondern auch erfolgreich am Markt eingeführt werden muss /MEIER04/. Ein Produkt kann dann als erfolgreich bezeichnet werden, wenn es im Vergleich zu anderen Produkten sowohl dem Kunden als auch dem Hersteller einen größeren Nutzen bietet und sich daher am Markt durchsetzt. Bild 2.4 zeigt dazu eine Übersicht, in der die für die Arbeit relevanten Bereiche dargestellt sind. Die Hauptunterteilungskriterien bilden dabei die Produkt-Neuheit und die (erfolgreiche) Produktrealisierung, die, wie später gezeigt werden wird, die zentralen Kenngrößen des zu erstellenden Bewertungsverfahrens bilden.

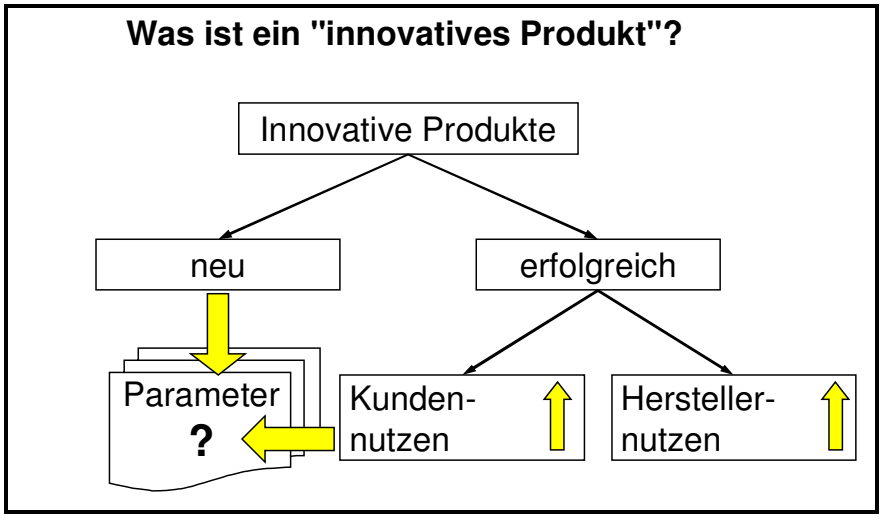


Bild 2.4: Bewertung innovativer Ideen und Produkte /Binz05/

Eine ganzheitliche Beurteilung und Bewertung von innovativen Ideen und Produkten ist vielgestaltig, wie es die bisherigen Erläuterungen aus der Innovationsforschung belegen. Zu einer umfassenden Beurteilung sind deshalb neben den Bewertungsergebnissen aus technischer Sicht weitere Bewertungsergebnisse aus sehr unterschiedlichen Bewertungsfeldern erforderlich, z. B. aus betriebswirtschaftlicher, ökologischer oder soziologisch-psychologischer Sicht. Erst die Summe vieler Bewertungsurteile aus unterschiedlichen Bewertungsfeldern ergibt schließlich ein Gesamturteil.

Fazit:
Die mit diesem Verfahren vorgenommene Bewertung innovativer Ideen und Produkte geschieht aus überwiegend technischer Sicht. Das Ergebnis ist demnach ein Beitrag zu einer gesamtunternehmerischen Bewertung.

Die zu Beginn des Kapitels aufgeführte Beschreibung und die aufgezeigten Spielräume für eine Definition von Innovation erlauben nun eine Definition, die auch die Besonderheiten der vorangegangenen Kapitel zu Kreativität und Invention beinhalten muss /Binz05/.

Definition Produktinnovation:
Eine Produktinnovation ist die erfolgreiche Realisierung einer kreativen neuen Idee oder Invention mit erweitertem Kunden- und Herstellernutzen.

Dabei ist Folgendes zu beachten:

- Die Bezeichnung „kreative neue Idee oder Invention“ schließt auch solche Innovationen mit ein, deren Neuheitsbedeutung nur sehr geringfügig ausgeprägt ist. Außerdem wird auch die Realisierung einer schon lange bekannten, kreativen Idee oder Invention, deren Realisierung bisher noch nicht gelang, als Innovation bezeichnet.

- In der Praxis wird Innovation mit dem Vorhandensein eines relativen Vorteils, einer Verbesserung in Verbindung gebracht. Dieser Sachverhalt wird mit erweitertem Kundennutzen, z. B. gegenüber einem Vorgängermodell

oder Wettbewerbsprodukt, beschrieben. Mit anderen Worten meint erweiterter Kundennutzen eine bessere Aufgabenerfüllung oder „das Produkt löst Probleme“ /GRIFFIN93, GRIFFIN96, SCHLAAK99/.

- Die erfolgreiche Realisierung ist die notwendige Voraussetzung für den erweiterten Herstellernutzen und schließlich für den Unternehmenserfolg.

2.2 Typologisierung und Systematisierung von Innovationen

In der Literatur wird auf verschiedene Art und Weise an das Problem der Typologisierung und Systematisierung von Innovationen herangegangen. Die für diese Arbeit notwendigen Zusammenhänge werden im Folgenden aufgezeigt.

Eine umfangreiche Systematisierung ergibt sich auf der Grundlage von Innovationskriterien (Tabelle 2.2). Diese Systematisierung führt zu einer umfangreichen Darstellung der Innovationsarten, in der nicht nur Produktinnovationen, sondern auch z. B. Prozess- und Sozialinnovationen aufgeführt werden können /SCHMEISSER86/.

Systematisierungskriterium	Innovationsarten	
1. Objekt der Innovation	technologische Innovation	Produktinnovation
		Prozess-/ Verfahrensinnovation
	soziale Innovation	Strukturinnovation
		Kontraktinnovation
2. Neuheitsgrad der Innovation	Basisinnovation	strukturelle Innovation
		systembezogene Innovation
	Verbesserungsinnovation	kombinatorische Innovation
		variatorische Innovation
	Routineinnovation	Schein- (Pseudo-) Innovation
		Imitation i. e. S.
3. Radikalitätsgrad der Innovation	diskontinuierliche Innovation	
	dynamisch kontinuierliche Innovation	
	kontinuierliche Innovation	
4. Schwierigkeitsgrad der Innovation	Komplexinnovation	
	Simplex- (Einfach-) Innovation	
5. Sachbezug der Innovation	materielle (Sach-) Innovation	
	immaterielle Innovation	
6. Bezugspunkte der Innovation	Objektinnovation („Erst“innovation)	
	Subjektinnovation (Folgeinnovation)	
7. Betrachtungsweise von Innovation	Prozess der Innovation	
	Ergebnis der Innovation	

Tabelle 2.2: Möglichkeiten der Systematisierung von Innovationen (/AMMON00/ nach /SCHMEISSER86/)

Betrachtet man hingegen nur Produktinnovationen, so lassen sich diese durch ihre Innovationsinhalte und den damit verbundenen Funktions- und Gestaltungsbereichen in Innovationstypen einordnen (Tabelle 2.3).

Innovationstyp	Innovationsinhalte
1. Basisinnovation	• z. B. neue Produkte in einem neuen Markt
2. Verbesserungsinnovation	• Änderung der Nutzung
3. Scheininnovation	• Erzeugung eines scheinbaren Neuheitswertes, keine reale Verbesserung
4. Konsumentenneuheit	• Produkt ist für den Kunden neu
5. Herstellerneuheit	• Produkt ist für den Produzenten neu
6. Bedürfnisverändernde Innovation	• Produktgestalt wird fundamental umstrukturiert, sie spricht neue Bedürfnisse an
7. Produktinnovation	
• Produktvariation	• Preisänderung, Verpackungsänderung
• Produktdifferenzierung	• Modifikation des Basisproduktes
• Diversifikation	• Einführung neuer Programme bei neuen Kunden
• Horizontal, vertikal, lateral	

Tabelle 2.3: Innovations-Typologie (/AMMON00/ nach /BIERMANN97)

Allgemein bedeutet der Begriff „technische Innovation“ sowohl Produktinnovationen als auch Prozess- bzw. Verfahrensinnovationen.

Dichotome Begriffspaare für Innovationen		
grundlegend (ultimate)	⇔	instrumental
größere (major)	⇔	geringere (minor)
revolutionäre	⇔	evolutionäre
radikale (fundamentale)	⇔	inkrementale
originäre	⇔	adaptive
Pionier-	⇔	Nachfolger-
Basis-	⇔	Verbesserungs-
diskontinuierliche	⇔	kontinuierliche

Tabelle 2.4: Dichotome Unterscheidungen von Innovationen (/AMMON00/ nach /HAUSCHILDT97/

Ein weiteres Klassifizierungsmerkmal ist der Neuheitsgrad. Die dabei zu treffenden Unterscheidungen reichen von dichotomen (gabelartigen) Gegenüberstellungen (Tabelle 2.4) bis hin zu mehrstufigen komplexen Differenzierungen.

Wie Bild 2.5 zeigt, bewegt sich der Neuheitsgrad einer Innovation zwischen den Extremen geringfügig (inkremental) oder grundlegend (radikal).

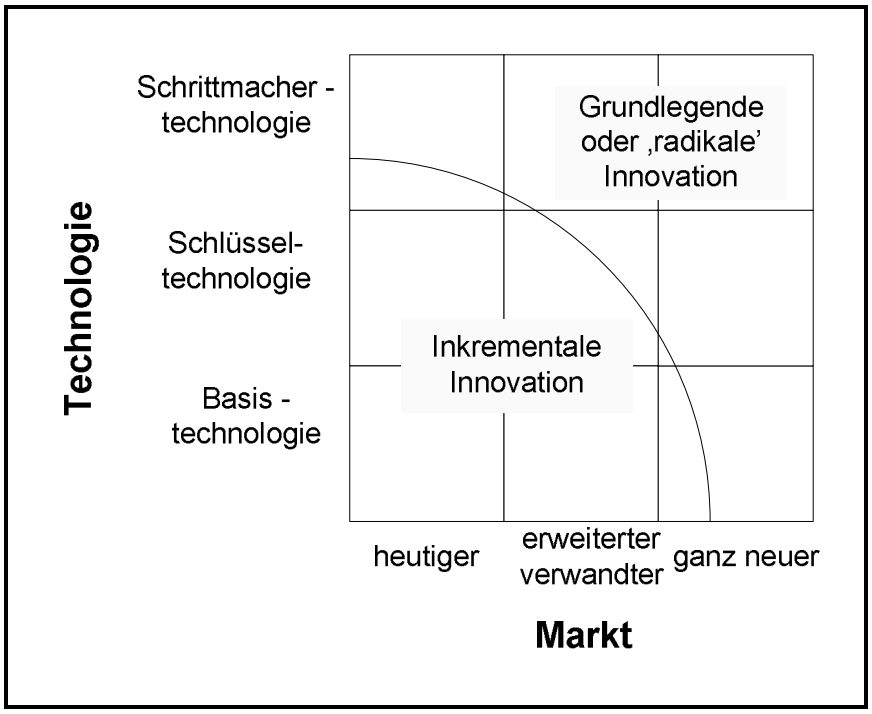


Bild 2.5: Inkrementale und radikale Innovationen (/AMMON00/ nach /KROY95/)

Kriterien, nach denen eine Innovation zwischen den Extrempolen einzugliedern ist, ergeben sich daraus, wie viele Produktbausteine neu gestaltet wurden und wie hoch der Einfluss neuer naturwissenschaftlich-technischer Erkenntnisse ist. Innovation kann demnach auch durch nur geringfügige Detailänderung entstanden sein, wie sie häufig im Konsumgüterbereich anzutreffen sind.

Neu entstandene Produktvarianten, in denen durch Variationseffekt Neuheiten suggeriert werden, zählen ebenfalls zu Innovationen. Deren Innovationsbedeutung kann allerdings sehr minimal ausgeprägt sein. Eine in der Literatur oft anzutreffende Aussage ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen: Designänderungen werden von Kunden sehr intensiv wahrgenommen und als innovativ empfunden /BULLINGER02, SABISCH91, WITT96/.

Die Bedeutung und der Grad einer Neuheit sind wichtige Bestandteile eines Bewertungsverfahrens, um über eine Innovation eine Aussage zu erhalten. Jedoch wird es schwierig sein, diese qualitativen Aussagen in quantitativ verwertbare umzumünzen.

2.3 Der Produktinnovationsprozess

Die Produktplanung wird in den Unternehmen recht unterschiedlich gehandhabt. In vielen Fällen, meist in Klein- und Mittelunternehmen, wird sie einzelnen Personen mit dem richtigen „Riecher“ überlassen, um zum richtigen Zeitpunkt das richtige Produkt zu entwickeln und auf den Markt zu bringen /PAHL97/. In der modernen Produktplanung wird heute in zunehmendem Maße versucht, durch systematische Vorgehensweisen neue Produkte zu finden. Durch dieses systematische und methodische Vorgehen besteht die Möglichkeit, Zeit und Kosten einer Produktplanung und –entwicklung besser überschauen zu können (Bild 2.6).

In den vorangehenden Kapiteln wurden die Bedeutung und die Notwendigkeit für ein Unternehmen, neue innovative Produkte auf den Markt zu bringen, aufgezeigt. Dies führt allerdings für viele Unternehmen zu entsprechenden organisatorischen Veränderungen und zu einem neuen Verständnis der systematischen Produktplanung, dem Innovationsprozess, wie im Folgenden aufgezeigt wird.

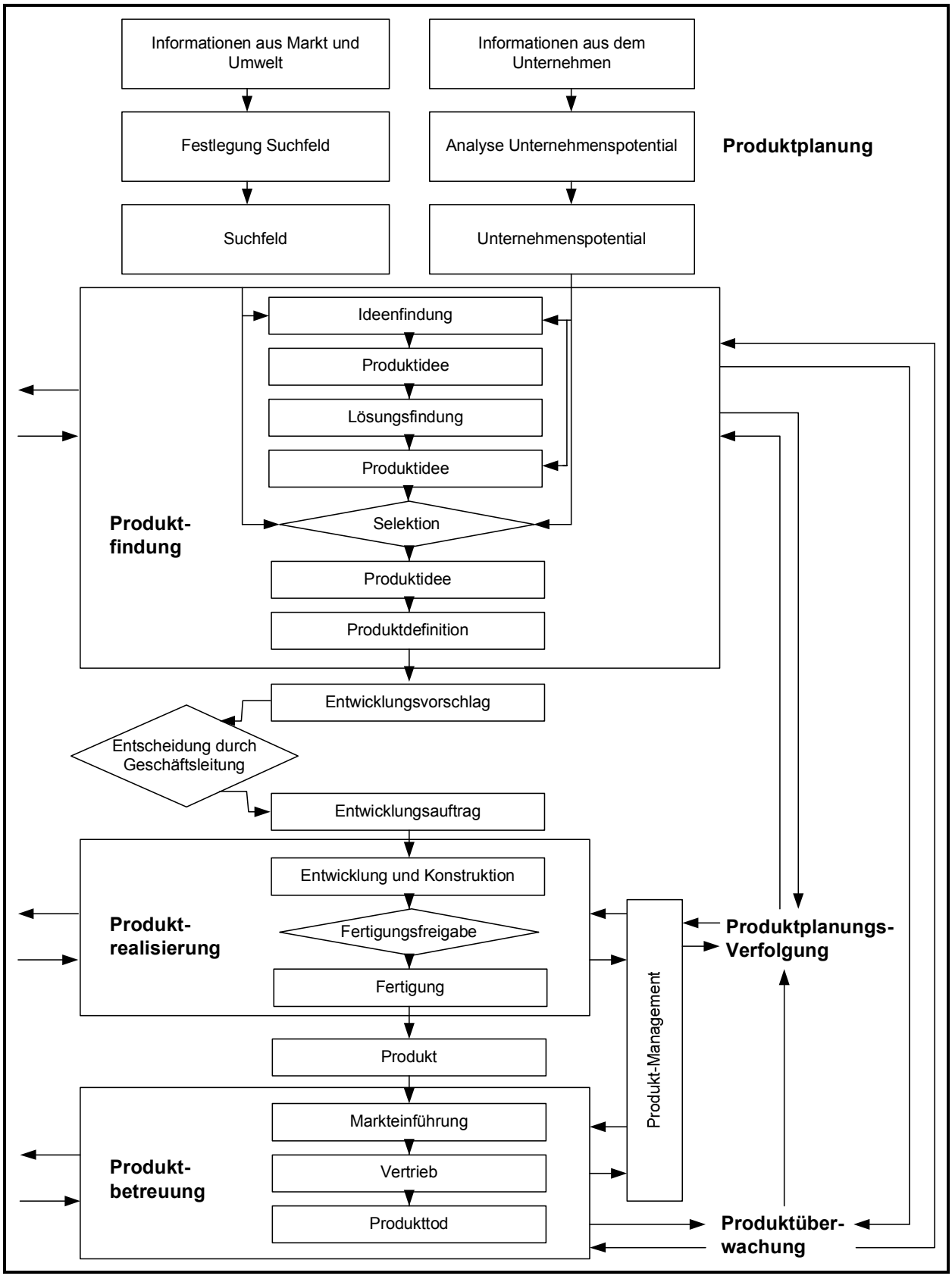


Bild 2.6: Systematische Produktplanung /VDI-78/

2.3.1 Integratives und kooperatives Verständnis

Der „Innovationsprozess“ ist ein Sammelbegriff für das in Phasen ablaufende Neuerungsgeschehen /BULLINGER02/. Im Folgenden werden verschiedene Prozessmodelle vorgestellt.

Die Grobstruktur des Innovationsprozesses gliedert sich in Phasen, wie sie beispielsweise in Bild 2.7 dargestellt sind. Ein wesentlicher Einwand gegen dieses und allgemein gegen Phasenmodelle besteht in der Schwierigkeit, Phasen voneinander abzugrenzen. Die Grenzen sind unscharf: es besteht die Möglichkeit simultaner Phasenverläufe und iterativer Rückkoppelung /BROCKHOFF99/.

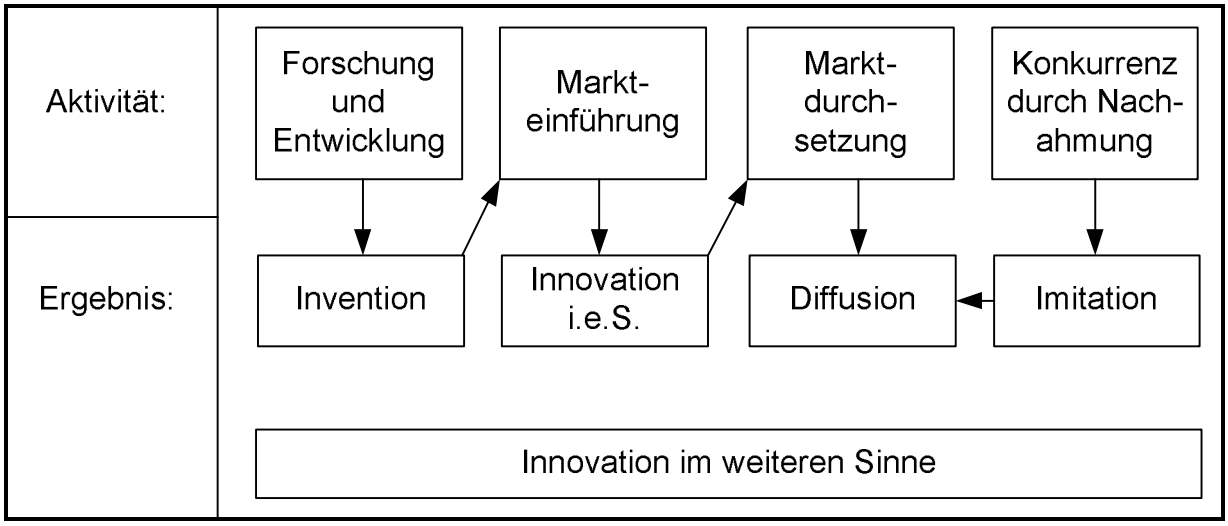


Bild 2.7: Der Innovationsprozess im weiteren Sinne (/AMMON00/ nach /BROCKHOFF99/)

Jeder Innovationsprozess ist in seiner Komplexität immer neu zu konzipieren. Das Bild 2.8 zeigt den Versuch, Gemeinsamkeiten als Kernstufen des Innovationsprozesses zu veranschaulichen. Kritisch ist zu dem möglichen Verlaufsplan (Bild 2.8) jedoch anzumerken, dass offensichtlich schon sehr konkrete Marketing- und Produktkonzepte vorliegen. Außerdem können die Prüfverfahren und Kostenkalkulationen in den vorgeschlagenen Stadien des Innovationsprozesses kaum aussagefähige Ergebnisse liefern, um darauf Entscheidungen für die weitere Vorgehensweisen abzuleiten.

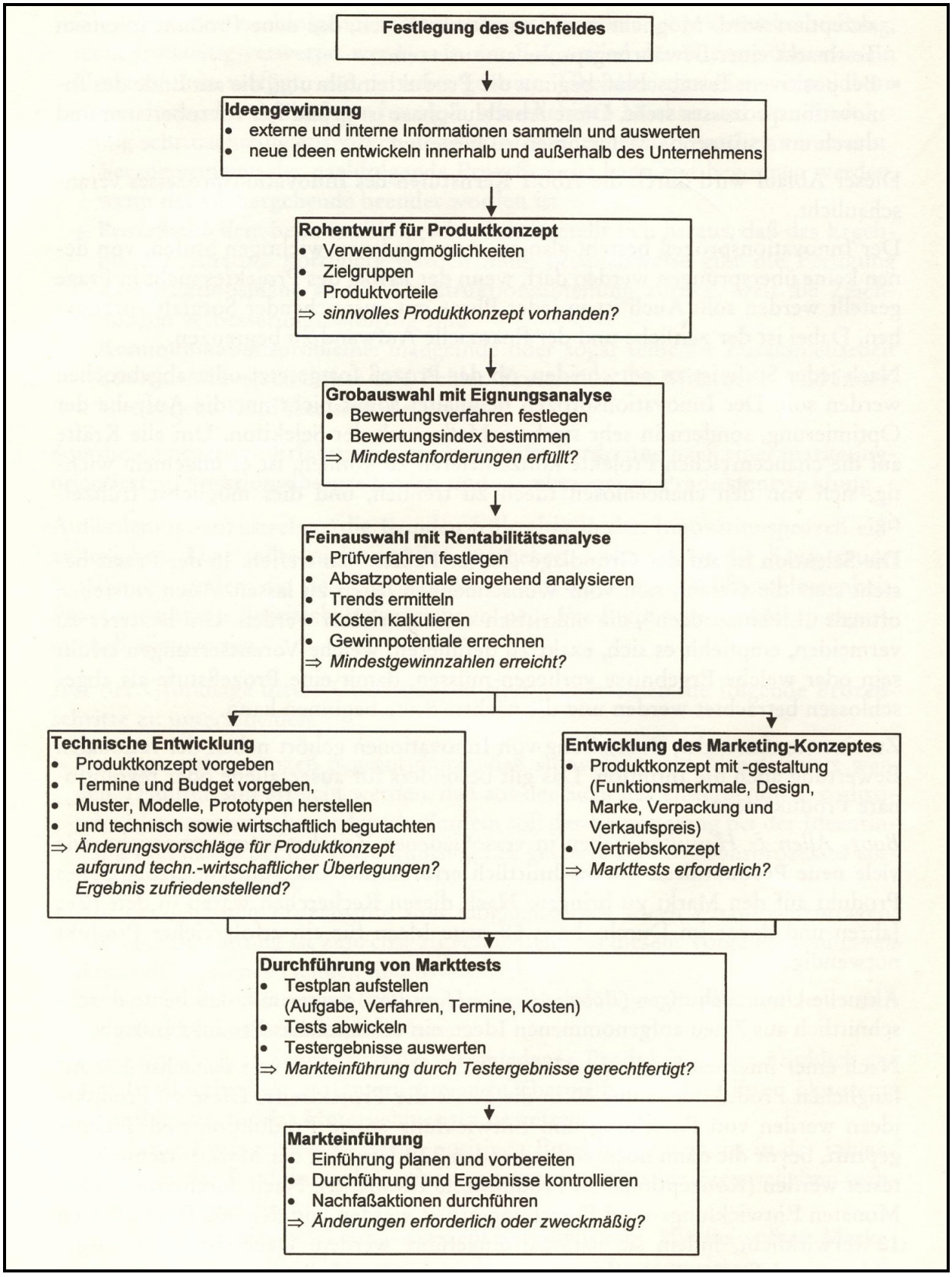


Bild 2.8: Kernstufen des Innovationsprozesses nach /WITT96/

Eine weitere Darstellungsmöglichkeit des komplexen Innovationsprozesses kann auch durch die Untergliederung des Innovationsprozesses in typische Prozessstufen (Teilprozesse) vorgenommen werden, denen dann typische, häufig wiederkehrende Aufgabengebiete zugeordnet werden (Bild 2.9).

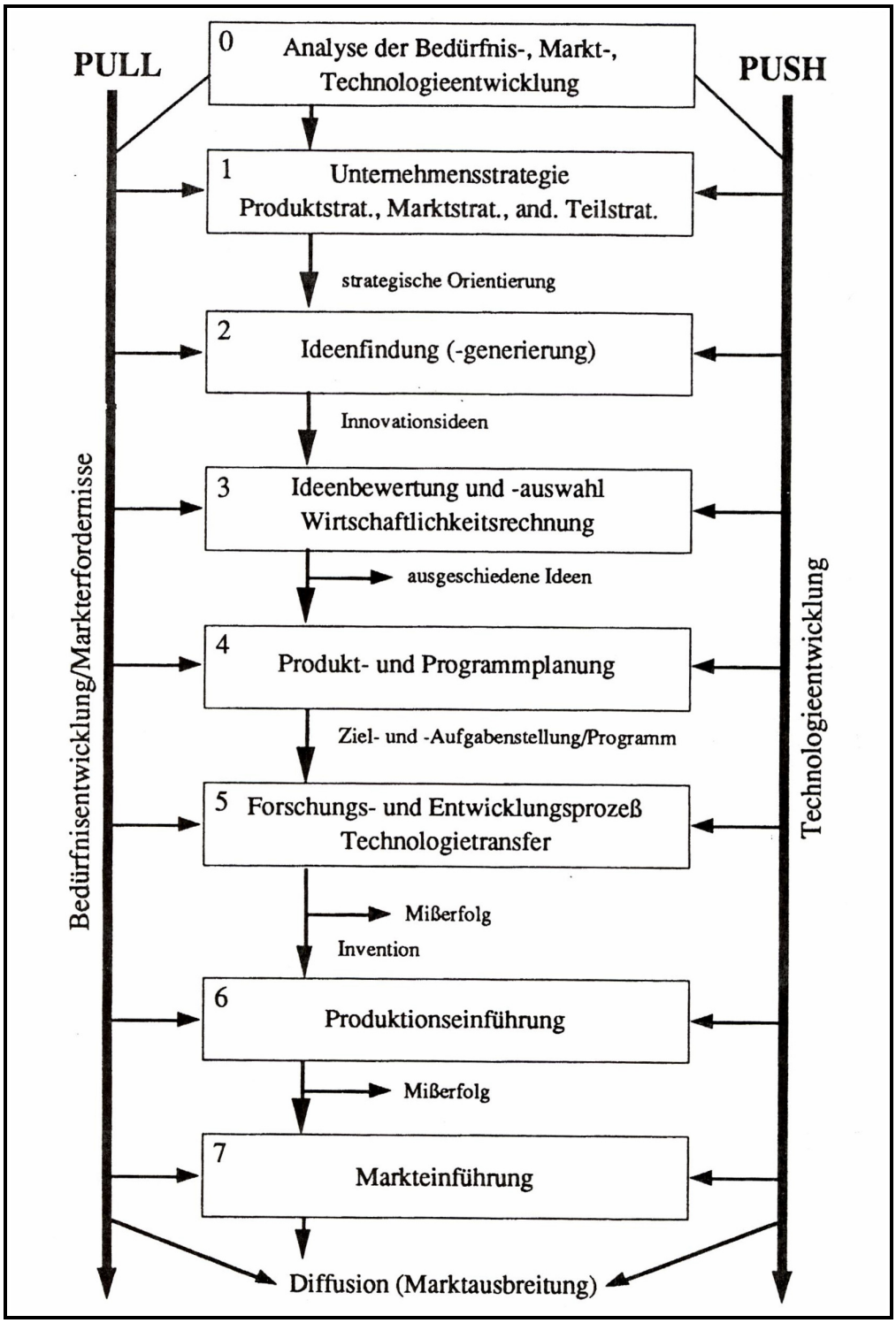


Bild 2.9: Ablauf des Innovationsprozesses /SABISCH91/

Zwischen den einzelnen Prozessstufen sind auch inhaltliche und zeitliche Überlappungen möglich, z. B. in der Produktions- und Markteinführungsphase. Sie verlaufen aber meist nacheinander, wie die nachfolgende Darstellung des Innovationsprozesses als Teil des Produktlebenszyklus (Bild 2.10) zeigt.

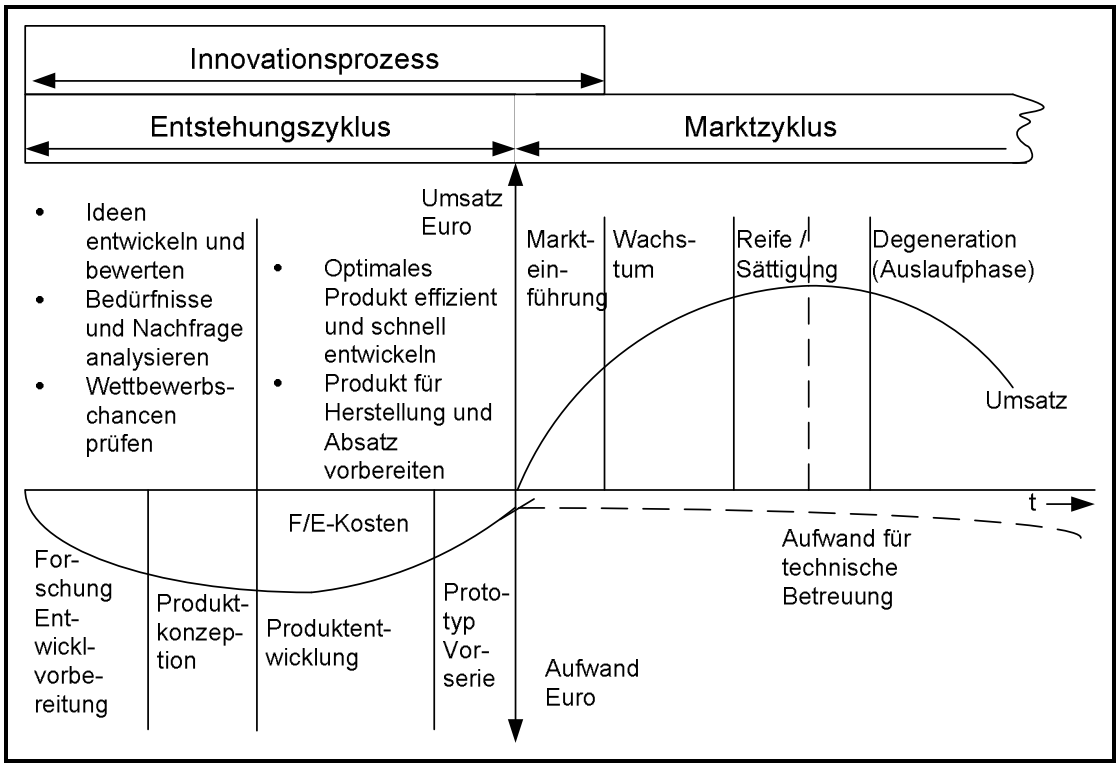


Bild 2.10: Produktlebenszyklus /SABISCH91/

Aus den Erfahrungen früherer Zeiten, die überwiegend durch das Hierarchiedenken geprägt waren, hat sich in den vergangenen Jahren ein neues integratives und kooperatives Verständnis als Notwendigkeit für das Gelingen des Innovationsprozesses entwickelt, das sich am Kunden und an den Mitarbeitern des Unternehmens orientiert.

Am Zentrum für Produktentwicklung der ETH-Zürich wurde daher ein „ETH-Referenzmodell des Innovationsprozesses“ entwickelt, welches auch Managementaspekte beachtet, vor allem aber operationalisierbar ist /MEIER04/ (Bild 2.11).

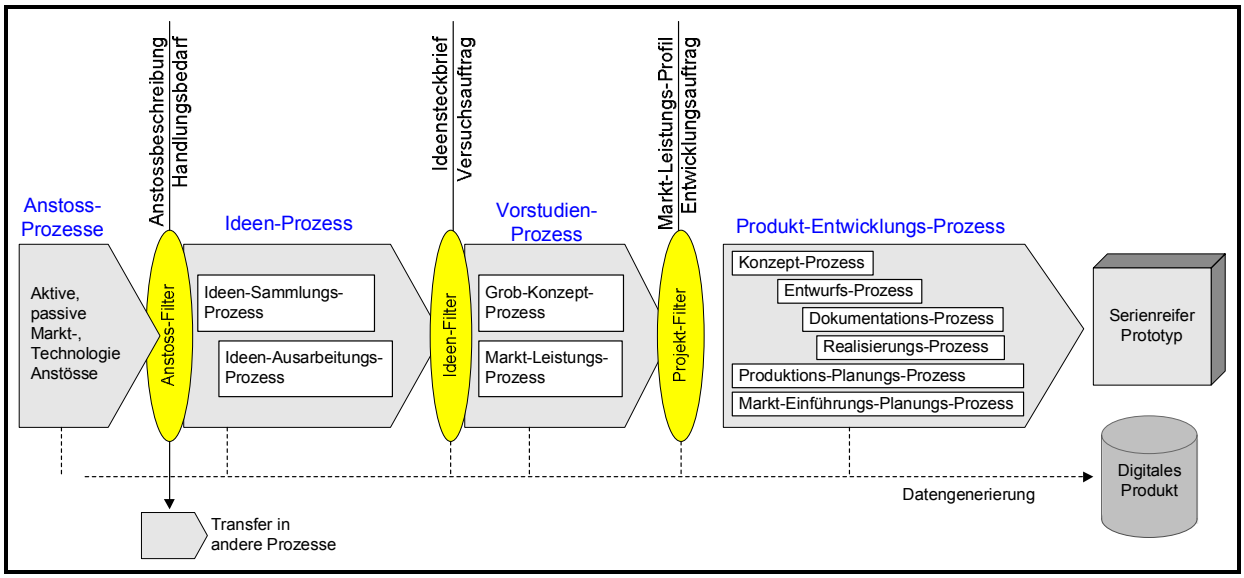


Bild 2.11: ETH-Referenzmodell des Innovationsprozesses

Mit den existierenden, vorher skizzierten Modellen ist dies jedoch nur schwer realisierbar /MEIER04/. Wie Analysen ergaben, sind sie vielfach zu einseitig:

- auf den Entwicklungsprozess konzentriert,
- auf übergeordnete Managementfragen ausgerichtet und
- zu grob in der Struktur.

Das „ETH-Referenzmodell“ ist ein sehr umfassendes Modell als Antwort auf die Forderung nach einem neuen, integrativen und kooperativen Verständnis des Innovationsprozesses.

Ein Innovationsprozess, in dem sich aber Einfallsreichtum, Kreativität, Risikobereitschaft und Mut zu Neuem entfalten können, bedarf eines geeigneten Klimas. Hierarchiedenken ist dabei innovationsfeindlich. Der Aufbau der Machtstrukturen vieler Unternehmen erfolgt jedoch häufig immer noch nach dem hierarchischen Prinzip. Diese Struktur behindert den Informationsfluss und macht Verbesserungsvorschläge und neue Ideen fast unmöglich. Kreatives und innovatives Denken zu fördern heißt, alte Strukturen der Zentralisierung aufzubrechen und kleine Einheiten zu schaffen /BROMMER91, REICHENEDER01, WARNECKEHJ93, WARNECKEHJ03-1/.

Ein wichtiger erster Schritt zur Schaffung eines innovativen Klimas ist die absolute Dezentralisierung und die Bildung kleiner Einheiten. Für einen Betrieb bedeutet dies, dass eine Projektgruppe aus teamgeeigneten, gleichberechtigten Mitarbeitern besteht, die selbstverantwortlich für den Ablauf des Prozesses in der Planung, Ausführung und Kontrolle zuständig sind /BROMMER91, JAHBERG03/. Dazu ist eine Unternehmenskultur notwendig, in der sich Qualifikation und Motivation eines jeden Einzelnen in jeder Stufe entfalten kann /DOMBRACHT04, KALKOWSKI97/. Diese innovationsorientierte Kultur muss sich am Mitarbeiter orientieren. In besonderem Maße ist dabei zu berücksichtigen, dass der Mitarbeiter durch mangelnde Bereitschaft zu Neuem, durch fachspezifische und mentale Trägheit u. v. m. häufig ein bedeutendes, internes Innovationshemmnis darstellt /WARNECKEHJ03-1/. Empirische Untersuchungen haben ergeben, dass Durchbrüche heute eher durch die Zusammenarbeit von Menschen zustande kommen, als durch Erfindungen /BULLINGER02, LINDEMANN01-1/.

Einen großen Einfluss auf das innovative Klima haben neben den internen vor allem externe Innovationshemmnisse, wobei in den vergangenen Jahren eine deutliche Zunahme beobachtet werden konnte. Mangel an Finanzierungsquellen und Mangel an Fachpersonal sind die am häufigsten genannten externen Innovationshemmnisse /WARNECKEHJ03-1/. Sie stellen in zunehmendem Maße eine Beeinträchtigung des komplexen Innovationsprozesses dar.

Im Folgenden werden einige generelle Gesichtspunkte zum Gelingen des Innovationsprozesses dargestellt /BULLINGER02/.

Die Voraussetzungen für das Gelingen des Innovationsprozesses sind (nach Eickhoff, 1998):

- in Forschung und Entwicklung (also beim Erfinden): Neugier, Kreativität, Wissen, Freiheit, Fehlertoleranz,
- bei der Realisation: technisches Können und rechtliches Dürfen,
- beim Handeln wollen: Pioniergeist und Unternehmensleitbild,
- beim Handeln können: Fähigkeiten und Fertigkeiten,
- beim Handeln dürfen: Verantwortung und rechtlicher Rahmen.

Die folgenden Stufen des Innovationsprozesses sind typische Stufen, in denen es häufige schwerwiegende Entscheidungssituationen gibt /SABISCH91/:

- Strategiebildung,
- Ideenfindung/Ideenauswahl,
- Produkt- und Programmplanung,
- Entwicklungsphase,
- Produktions- und Markteinführung.

Für den erfolgreichen Innovationsprozess sind (in der Reihenfolge der häufigsten Nennungen) einige Bereiche besonders bedeutsam:

- Einbeziehung des Kunden,
- Weiterbildung des F&E-Personals,
- Verkürzung „time-to-market“,
- Einbeziehung der Lieferanten,
- Kooperation mit Forschungseinrichtungen,
- Patente/Schutzrechte,
- Kooperation mit Wettbewerbern.

Die plötzliche Eingabe oder der Zufall, die reine Experimentierfreude und kreative Spielerei werden auch in Zukunft eine wichtige Rolle spielen, jedoch sind Methoden zur systematischen Lösungssuche im Innovationsprozess in einer schnelllebigen Zeit wichtiger den je /GRABOWSKI01/. Dies soll im folgenden Kapitel veranschaulicht werden.

2.3.2 Einfluss und Bedeutung von Innovationsmethoden auf den Innovationsprozess

Die einzelnen Phasen des Innovationsprozesses laufen weitgehend unabhängig voneinander, häufig parallel ab. Funktioniert eine Phase nicht richtig, so kommt oft der gesamte Innovationsprozess zum Erliegen /BULLINGER02, TINTELNOT99/.

Für das Innovationsmanagement ist es daher unabdingbar, sich stets moderner Innovationsmethoden zu bedienen. Die Zukunft eines Unternehmens wird wesentlich von der Bereitschaft und der Fähigkeit seiner Mitglieder zur Innovation und von der Bereitschaft, Innovationsmethoden anzuwenden, bestimmt. Eine hohe Innovationsrate verdankt ein Betrieb im Wesentlichen seinen Mitarbeitern, einem mitarbeiterorientierten Führungsstil und dem Klima in den sozialen Beziehungen zwischen den einzelnen Firmenmitgliedern /BROMMER91, WARNECKEHJ03-1/.

Der Einsatz von Innovationsmethoden erfordert die umfassende Kenntnis über deren Grenzen und Einsatzmöglichkeiten sowie über deren Effektivität und Effizienz. Nur die ständige Beschäftigung mit den Methoden und deren gezielter Einsatz im Innovationsprozess führen zu der nötigen Erfahrung und zum effizienten Umgang in der Praxis. Die Implementierung erfahren diese Innovationsmethoden und die hinlänglich bekannten Konstruktions- und Entwicklungsmethoden nur in einer innovationsorientierten Unternehmenskultur.

Diese innovationsorientierte Unternehmenskultur ist die Grundlage, in der Innovationsmethoden als Problemlösungsstrategien ihre Bedeutsamkeit erhalten und ihre positive Wirkung zum Auffinden neuer Wege und Lösungen voll entfalten können. Die Ein- und Zuordnung der Innovationsmethoden des Innovationsprozesses mit ihren drei Hauptphasen Ideegenerierung, Ideenkonkretisierung und Ideenrealisierung zeigt das Modell in Bild 2.12.

Eine bedeutsame Rolle spielen hierbei die VDI-Richtlinie VDI2222 und die QFD-Methode, da sie einen breiten Einsatzbereich innerhalb des Innovationsprozesses abdecken. Wie in Kapitel 4 aufgezeigt und begründet werden wird, eignet sich die QFD-Methode in besonderer Weise als Basis für das hier neu zu entwickelnde Bewertungsverfahren.

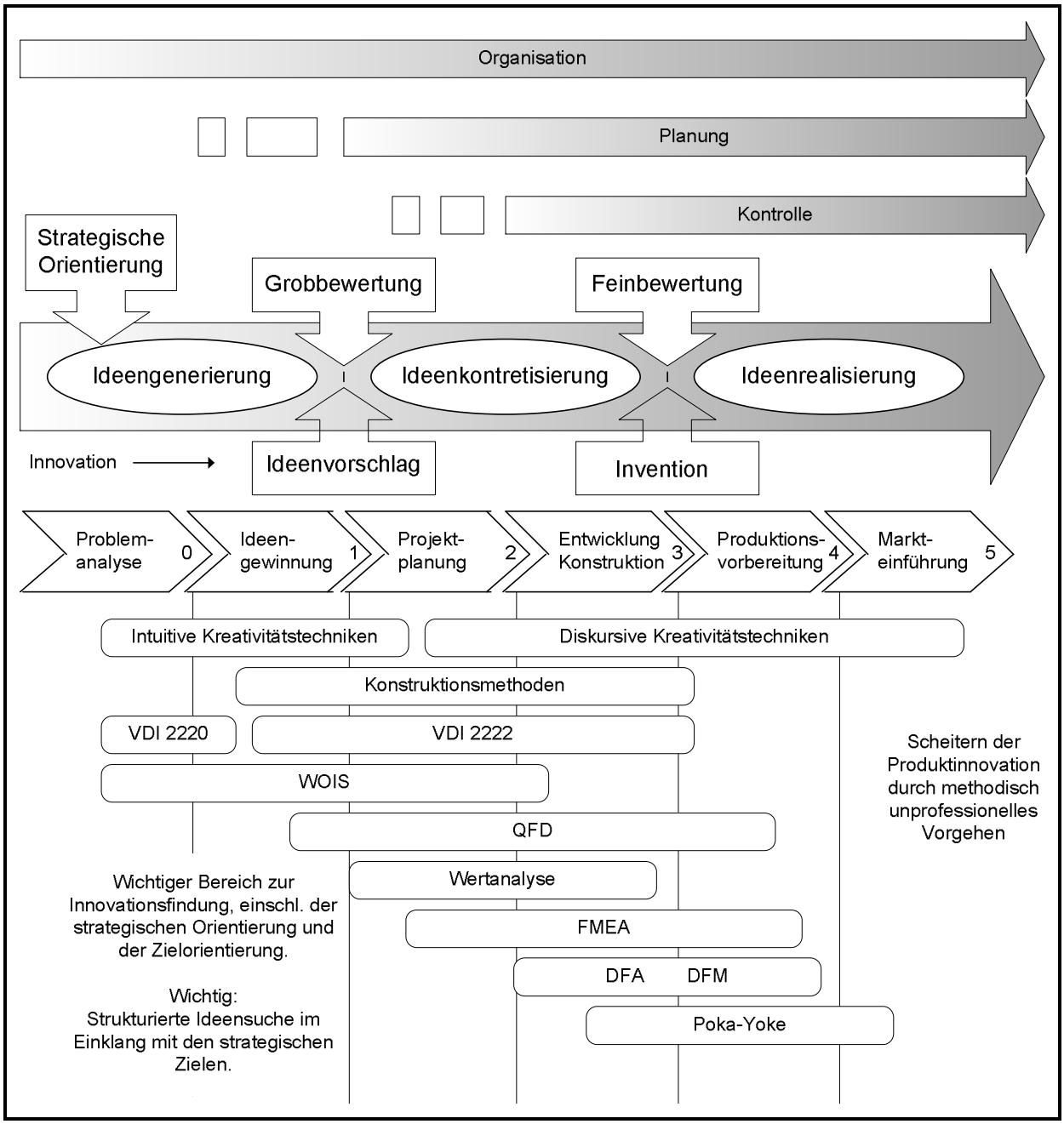


Bild 2.12: Modell zur Einordnung der Innovationsmethoden /AMMON00/

Anstöße für neue, moderne Entwicklungen innerhalb der Innovationsmethodik sind vor allem in der Entwicklung weiterer Analyse- und Bewertungsverfahren für Innovationen zu sehen, um daraus auf Verbesserungspotenziale zu schließen, vorteilhafte Fähigkeiten und Eigenschaften zu identifizieren und damit neue Innovationsanstöße zu erhalten.

3 Beurteilungs-, Bewertungs- und Analyseverfahren

In den folgenden Kapiteln werden zunächst die gängigsten Methoden der Konstruktionstechnik und ihre Einsatzmöglichkeiten beschrieben. Dabei muss ein Augenmerk darauf gerichtet werden, ob sich diese, durchaus bewährten, vielfältigen Verfahren der Konstruktionstechnik auf die modernen Innovationsprozesse übertragen und anwenden lassen. Danach folgt eine Übersicht über bestehende Bewertungsmethoden und ihre Klassifizierung im Innovationsprozess.

Am Ende des Kapitels wird die Notwendigkeit für die Neuentwicklung eines Beurteilungs- und Bewertungsverfahrens nach Zielsetzung dieser Arbeit aufgezeigt und begründet.

3.1 Aufgaben, Zweck und Bedeutung der technischen Bewertung

Die Bewertung hat im Konstruktions- und Entwicklungsprozess einen hohen Stellenwert /BROCKHOFF99/. Aus einer möglichst großen Anzahl von Lösungsvorschlägen sollen diejenigen durch möglichst quantifizierbare Beurteilungskriterien ermittelt werden, deren Erfüllungsgrade dem zugrunde liegenden Lastenheft am nächsten kommen. Das Bild 3.1 zeigt ein Grundmodell des methodischen Ablaufs der Bewertung.

Eine mögliche Definition der Bewertung eines Produkts, einer Produktidee oder eines Produktkonzepts ist die Ermittlung und Beurteilung des Grades der Erfüllung vorgegebener Zielvorstellungen für das zu untersuchende Bewertungsobjekt. Bewerten zielt darauf ab, ein erreichtes oder geplantes Niveau zu kennzeichnen und Ansatzpunkte für mögliche bzw. notwendige Veränderungen aufzuzeigen /SABISCH91/.

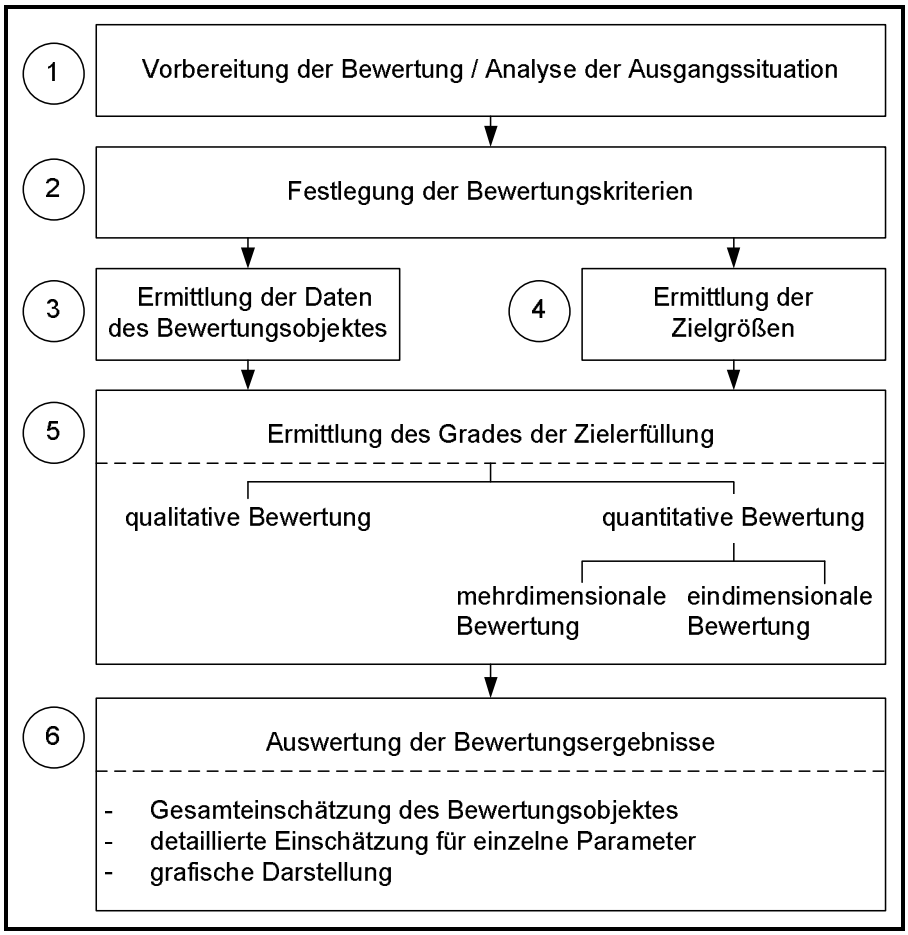


Bild 3.1: Grundmodell des methodischen Ablaufs der Bewertung /HEYDE91/

Bewerten ist damit auch stets mit dem Messen (bzw. Schätzen) bestimmter Objektparameter sowie dem Vergleich verschiedener Zustände (zu bewertendes Produkt, vergleichbare Konkurrenzprodukte, angestrebtes Entwicklungsziel usw.) verbunden /SABISCH91/. Dabei ist anzustreben, die Bewertung so genau wie möglich vorzunehmen.

Eine Bewertung soll also die Stärke einer Lösung im Hinblick auf vorher aufgestellte technische, wirtschaftliche, ökologisch-wirtschaftliche Zielvorstellungen hin ermitteln.

Qualitative Verfahren erfolgen auf Grund von Kriterien, die sich auf wenig vorhandenes Zahlenmaterial und überwiegend auf so genanntes Sichtungsmaterial oder nicht quantifizierbares Material begründen. Quantitative Verfahren erfordern ein fundiertes Zahlenmaterial auf der Basis umfangreicher Recherchen und Datenanalysen.

Im Anfangsstadium des Entstehungsprozesses eines Produktes überwiegt meist die Anwendung qualitativer Verfahren, während im weiteren Verlauf zunehmend quantitative Verfahren zum Einsatz kommen.

Im Innovationsmanagement nimmt die Bewertung von Zwischenergebnissen und Produkten einen wichtigen Platz ein. Die größten Möglichkeiten zur Beeinflussung der Effektivität und Effizienz des Entwicklungsbereiches, der zukünftigen Produktkosten und damit der Wirtschaftlichkeit des Produkts liegen im Entstehungszyklus des Innovationsprozesses /GROTE95, HAHNER00/. Der Verlauf der Kostenfestlegung und der Verlauf der Kostenentstehung eines Produktes müssen daher genau beobachtet werden (Bild 3.2).

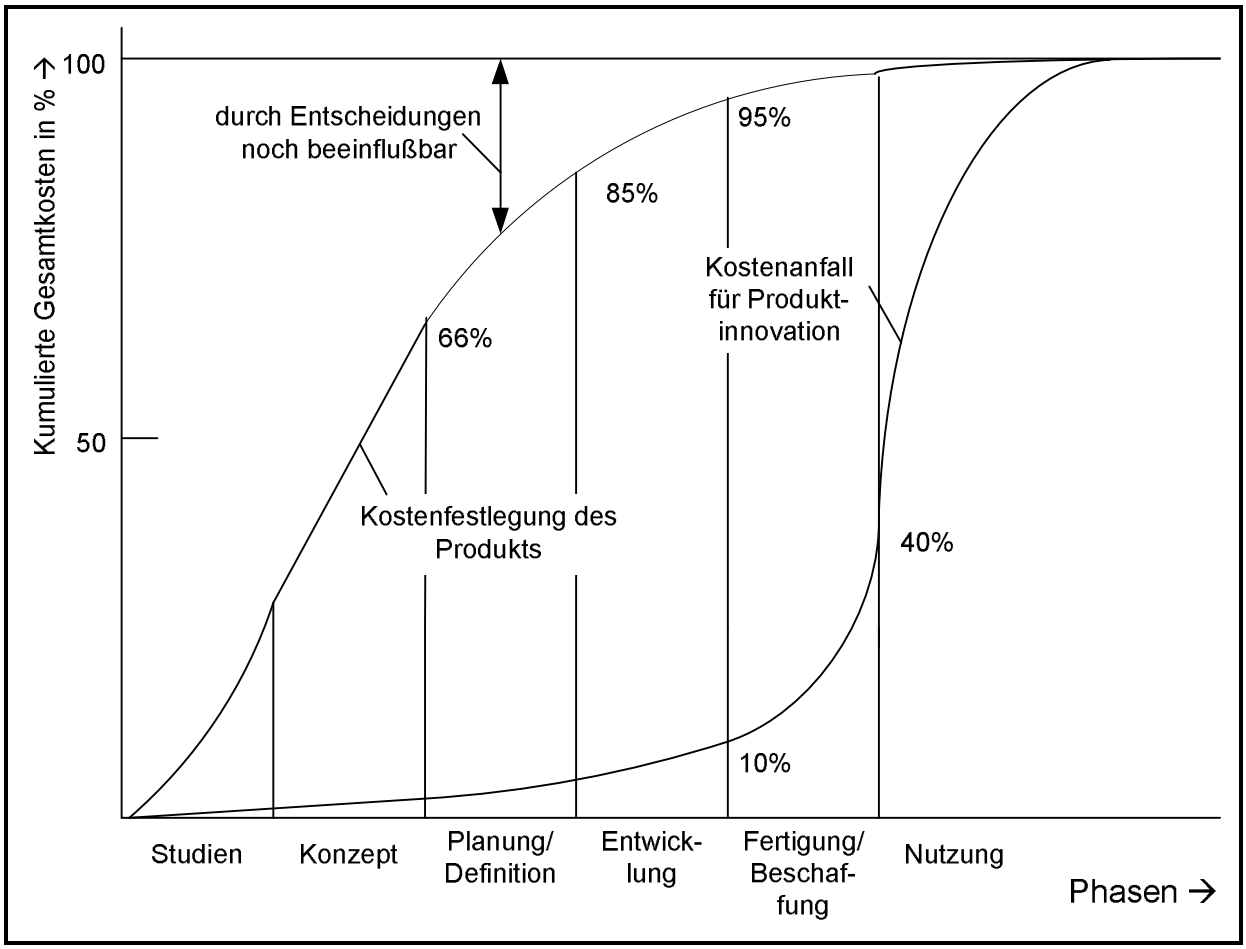


Bild 3.2: Kostenentstehung und Kostenbeeinflussung im Innovationsprozess (nach Informationen eines führenden BRD-Konzerns) /SABISCH91/

Dieser Sachverhalt, dass die größte Beeinflussbarkeit zukünftiger Produktkosten maßgeblich in den frühen Phasen des Entstehungsprozesses liegt, gilt sicherlich für jeden Entwicklungsprozess, aber besonders für den Innovationsprozess, handelt es sich doch bei Produktinnovationen um Neuheiten, bei denen i. d. R. nur auf geringes Erfahrungspotenzial zurückgegriffen werden kann. Es ist daher zwingend erforderlich, mit Hilfe geeigneter Verfahren im Innovationsprozess die „richtige Lösung“ zu finden, um schließlich den „richtigen Weg“ einschlagen zu können. Im Innovationsprozess sind Beurteilungen und Bewertungen von besonderer Bedeutung.

Die Probleme liegen dabei besonders in der Erfassung quantitativer Kenngrößen, die für einen transparenten und umfassenden Vergleich der Untersuchungsobjekte erforderlich sind. Nach der Zielsetzung dieser Arbeit soll durch die Entwicklung eines neuen Beurteilungs- und Bewertungsverfahrens dazu ein Beitrag geleistet werden. Die Hauptabsicht der Neuentwicklung muss dabei sein, die Effektivität und die Effizienz der Entwicklungstätigkeit zu steigern.

Verbindliche Entscheidungen zur Projektplanung und zur Produktions- und Markteinführung erfordern auch die frühzeitige Einbeziehung von Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Bei fast allen Verfahren ist es außerdem notwendig, dass sie von einem Bewertungsteam angewandt werden, um Subjektivität weitgehend auszuschließen.

3.2 Bewertungs- und Analyseverfahren in der Konstruktionstechnik

Einige der wichtigsten Auswahl- und Bewertungsverfahren sowie Analyseverfahren zur Qualitätssicherung (nach /EHRLENSPIEL03, LENK94, LINDEMANN01-2, PAHL97, SEIBERT98/) sollen auf ihre Gemeinsamkeiten und Unterschiede hin vorgestellt und diskutiert werden. Dabei sind Besonderheiten hervorzuheben, um aufzuzeigen, ob es eventuell ein gemeinsames Grundmodell der angesprochenen Verfahren gibt.

Bewertungs- und Auswahlverfahren:

- Auswahlverfahren
- Gewichtete Punktebewertung
- Nutzwertanalyse
- Paarweiser Vergleich und Rangfolgeverfahren

Analyseverfahren zur Qualitätssicherung:

- Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)
- QFD-Methode

3.2.1 Auswahlverfahren

Auswahlverfahren werden häufig zur Vorauswahl von Lösungen aus einer größeren Anzahl von Lösungsvorschlägen eingesetzt, um die große Zahl der theoretisch denkbaren Zahl von Lösungen auf die praktisch mögliche Zahl einzuschränken. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass nicht bestimmte Wirkprinzipien entfallen, die in Kombination mit anderen erst eine vorteilhafte Wirkstruktur erhalten.

Derartige Auswahlverfahren sind durch die beiden Tätigkeiten „Ausscheiden“ und „Bevorzugen“ gekennzeichnet.

Bei einer größeren Anzahl von Lösungsvorschlägen empfiehlt sich die Aufstellung einer Auswahlliste (Bild 3.3). Dabei soll bereits nach dem Aufstellen der Funktionsstruktur und bei allen folgenden Schritten nur das weiter verfolgt werden, was

- mit der Aufgabe und/oder untereinander verträglich ist (Kriterium A),
- die Forderungen der Anforderungsliste erfüllt (Kriterium B),
- eine Realisierungsmöglichkeit hinsichtlich Wirkungshöhe, Größe, notwendiger Anordnung usw. erkennen lässt (Kriterium C) und
- einen zulässigen Aufwand erkennen lässt (Kriterium D).

TH Darmstadt
MuK

AUSWAHLLISTE
für Geber für Tankinhaltsmeßgerät

Blatt: 1 Seite:

Lösungsvarianten (Lv) eintragen:

Lösungsvarianten (Lv) nach AUSWAHLKRITERIEN beurteilen:
(+) ja
(-) nein
(?) Informationsmangel
(!) Anforderungsliste überprüfen

ENTSCHEIDEN
Lösungsvarianten (Lv) kennzeichnen:
(+) Lösung weiter verfolgen
(-) Lösung scheidet aus
(?) Information beschaffen (Lösung erneut beurteilen)
(!) Anforderungsliste auf Änderung prüfen

Verträglichkeit gegeben
Forderungen der Anforderungsliste erfüllt
Grundsätzlich realisierbar
Aufwand zulässig
Unmittelbare Sicherheitstechnik gegeben
Im eigenen Bereich bevorzugt

Lv		A	B	C	D	E	F	G	Bemerkungen (Hinweise, Begründungen)	Entscheidung
1	1	+	+	+	?				Anzahl der Meßstellen	?
2	2	+	−						Unterbringung der Masse	−
3	3	−							Radioaktivität	−
4	4	+	+	+	+		(+)		(Weiterentwicklung bisheriger Lösungen)	+
5	5	+	+	+	+					+
6	6	−							Flüssigkeit nicht leitend	−
7	7	+	+	+	+					+
8	8	+	+	+	+				s. Lv 7	+
	9									
	10									
	11									
	12									
	13									
	14									
	15									
	16									
	17									
	18									
	19									
	20									

Datum: 9.85 Bearbeiter: la

Bild 3.3: Beispiel einer Auswahlliste zum methodischen Auswählen /PAHL97/

Nach dieser beschriebenen Reihenfolge eignen sich Kriterium A und B für eine Ja-Nein-Entscheidung. Für Kriterium C und D ist eine mehr quantitative ange-

legte Überlegung nötig, die nur dann weiter verfolgt wird, wenn A und B positiv ausgefallen sind /PAHL97/. Andere oder weitere Auswahlmerkmale (Kriterium E, F und G) können gewählt werden, wenn sie für eine Auswahlentscheidung relevant erscheinen.

Ziel dieses Verfahrens ist es also, zunächst absolut ungeeignete Lösungen auszuscheiden und danach, wenn noch zahlreiche Lösungen übrig bleiben, diese sukzessive auf die Zahl der „Besten“ zu reduzieren, die man dann weiter konkretisieren und bewerten kann.

Durch die relativ geringe Anzahl von Kriterien und wegen der zumeist pauschalen Beurteilung, wobei es bei der Auswahl oft nicht einfach ist, eine Ja-Nein-Entscheidung zu fällen, muss bei der letztendlichen Auswahl aus der Alternativmenge ein detaillierteres Verfahren angewandt werden.

3.2.2 Einfache und gewichtete Punktebewertung

Bei der Punktebewertung werden die technischen Eigenschaften bewertet, wobei bei der gewichteten Punktebewertung noch die unterschiedliche Wichtigkeit von Kriterien berücksichtigt wird.

Vorgehensweise bei der **einfachen Punktebewertung:**

1. Sammeln der Bewertungskriterien:
   Ausgehend von einer zu erstellenden (oder vorhandenen) Anforderungsliste werden die Kriterien entnommen, wobei sich auch Kriterien aus dem jeweiligen Kontext heraus ergeben können.

2. Bestimmen von Einzelurteilen:
   Die Verteilung der Punkte wird nach folgenden Punkteskalen, die mit Prädikaten in Verbindung gebracht werden, vorgenommen:

Prädikat	Punkte
Sehr gut (ideal)	4
Gut	3
Ausreichend	2
Gerade noch tragbar	1
Unbefriedigend	0

Nach KESSELRING, bzw.
/VDI-2225-97/

Prädikat	Punkte
Gut	3
Mittel	2
Schlecht	1

Nach Ehrlenspiel /EHRLENSPIEL03/

Die Größe der Urteilsskala ist nicht festgeschrieben, sie ist aber für alle Kriterien die Gleiche.

3. Ermitteln des Gesamturteils:
   Aus den Einzelurteilen wird das Gesamturteil durch Addition der einzelnen Punkte gebildet. Um eine Vergleichbarkeit mit Ergebnissen anderer Bewertungen herzustellen, wird häufig das Ergebnis normiert, d. h. durch die Summe der maximal möglichen Punkte dividiert.

Vorgehensweise bei der **gewichteten Punktebewertung**:

1. Sammeln der Bewertungskriterien:
   Vorgehensweise wie bei der einfachen Punktebewertung.

2. Festlegung der Wichtigkeit der Kriterien:
   Durch das Kriteriengewicht kann der Bewertende das jeweilige Kriterium nach seiner Einschätzung in Relation zu anderen gewichten. Die dazu notwendige Gewichtungsskala ist nicht vorgeschrieben.

3. Bestimmen von Einzelurteilen:
   Vorgehensweise wie bei der einfachen Punktebewertung auf der Basis einer einheitlichen Punkteskala.

4. Ermitteln des Gesamturteils:
   Jedes Einzelurteil wird mit seinem entsprechenden Gewicht multipliziert und die einzelnen Produkte der Alternativen addiert. Auch hier besteht die Möglichkeit der Normierung.

$$\text{Technische Wertigkeit: } x_i = \frac{g_1 \cdot p_1 + g_2 \cdot p_2 + ... + g_i \cdot p_i}{(g_1 + g_2 + ... + g_i) \cdot p_{max}} < 1 \qquad (3.1)$$

g_n = Gewichtungsfaktor für die jeweils bewertete Eigenschaft
p_n = Punkte der Einzelurteile der bewerteten Eigenschaften

Nach VDI-Richtlinie 2225 können als grobe Orientierung folgende normierte Gesamturteile (Erfüllungsgrade) angesehen werden: größer 0,8 als „sehr gut“, von 0,7 bis 0,8 als gut, von 0,6 bis 0,7 als befriedigend.

3.2.3 Nutzwertanalyse im Vergleich mit VDI-Richtlinie 2225

Die Nutzwertanalyse zählt wohl zu den bekanntesten Verfahren. Es ist ein formalisiertes Verfahren zur Bewertung des Nutzens eines Vorschlages aufgrund der von den beteiligten Entscheidern definierten Wert- und Zielvorstellungen. Eine teilweise formale Ähnlichkeit zu den vorher beschriebenen Punkteverfahren ist vorhanden.

Die Erweiterungen gegenüber einfacheren Punkteverfahren sind /SEIBERT98/:

- es werden eine größere Zahl von Bewertungskriterien berücksichtigt,
- die Bewertungskriterien werden entsprechend ihrem Nutzungsbeitrag gewichtet,
- es werden genauere Vorschriften zur Punktebewertung definiert,
- es werden genauere und fundiertere Analysen und Recherchen durchgeführt,
- es werden Begründungen für die Bewertungen der Alternativen dokumentiert.

Die Nutzwertanalyse geht von den unternehmens- und projektspezifischen Zielen aus und läuft in folgenden Schritten ab, die wegen des Umfangs nur kurz aufgeführt werden /PAHL97/:

1. Aufstellung eines Zielsystems,
2. Gewichtung der Bewertungskriterien,
3. Aufstellung von Wertefunktionen und Wertetabellen,
4. Bestimmung und Bewertung der Alternativen,
5. Berechnung der Nutzwerte und Ermittlung der Rangfolge,
6. Sensitivitätsanalyse.

Die wesentlichen Vorteile der Nutzwertanalyse liegen in der Nachvollziehbarkeit der Bewertung und der Begründbarkeit der Bewertungsergebnisse.

Die Nutzwertanalyse (NWA) der Systemtechnik und die technisch-wirtschaftliche Bewertung nach der VDI-Richtlinie 2225 haben sich als die wichtigsten Methoden etabliert. Teilschritte beim Bewerten und einen Vergleich zwischen Nutzwertanalyse und VDI 2225 zeigt Tabelle 3.1.

Reihen-folge	Teilschritt	Nutzwertanalyse	VDI-Richtlinie 2225
1	*Erkennen* der Ziele bzw. *Bewertungskriterien*, die zur Beurteilung der Lösungsvarianten herangezogen werden müssen unter Verwenden der Anforderungsliste und einer Leitlinie	Aufstellen eines hinsichtlich Abhängigkeiten und Komplexitäten abgestuften Zielsystems (Zielhierarchie) auf der Grundlage der Anforderungsliste und weiterer allgemeiner Bedingungen	Zusammenstellen wichtiger technischer Eigenschaften sowie von Wünschen und Mindestforderungen der Anforderungsliste
2	*Untersuchen* der Bewertungskriterien hinsichtlich ihrer *Bedeutung für den Gesamtwert* der Lösungen. Ggf. Festlegen von Gewichtungsfaktoren	Stufenweises Gewichten der Zielkriterien (Bewertungskriterien) und ggf. Ausscheiden unbedeutender Kriterien	Festlegen von Gewichtungsfaktoren nur bei stark unterschiedlicher Bedeutung der Bewertungskriterien
3	*Zusammenstellen* der für die einzelnen Lösungsvarianten zutreffenden *Eigenschaftsgrößen*	Aufstellen einer Zielgrößenmatrix	Nicht generell vorgesehen
4	*Beurteilen* der Eigenschaftsgrößen *nach Wertvorstellungen* (0 – 10 oder 0 – 4 Punkte)	Aufstellen einer Zielwertmatrix mit Hilfe einer Punktbewertung oder mit Wertfunktionen; 0 – 10 Punkte	Punktbewertung der Eigenschaften; 0 – 4 Punkte
5	*Bestimmen des Gesamtwerts* der einzelnen Lösungsvarianten, in der Regel unter Bezug auf eine Ideallösung (Wertigkeit)	Aufstellen einer Nutzwertmatrix mit Berücksichtigung von Gewichten; Ermitteln von Gesamtnutzwerten durch Summenbildung	Ermitteln einer Technischen Wertigkeit durch Summenbildung ohne oder mit Berücksichtigung von Gewichten unter Bezug auf eine Ideallösung; ggf. Ermitteln einer Wirtschaftlichen Wertigkeit aufgrund von Herstellkosten.
6	*Vergleichen der Lösungsvarianten*	Vergleichen der Gesamtnutzwerte	Vergleichen der Techn. u. Wirtschaftl. Wertigkeiten; Aufstellen eines s-(Stärke)-Diagramms.
7	*Abschätzen von Beurteilungsunsicherheiten.*	Abschätzen von Zielgrößenstreuungen und Nutzwertverteilungen	Nicht explizit vorgesehen.
8	*Suchen* nach *Schwachstellen* zur Verbesserung ausgewählter Varianten	Aufstellen von Nutzwertprofilen	Feststellen der Eigenschaften mit geringer Punktzahl.

Tabelle 3.1: Teilschritte beim Bewerten und Vergleich zwischen Nutzwert analyse und Richtlinie VDI 2225 /PAHL97/

Die grundsätzliche Vorgehensweise beider Verfahren ist gleich. Jedoch ist der Arbeitsaufwand der Nutzwertanalyse wegen der differenzierten und obligatorisch durchzuführenden Schritte höher als beim Vorgehen nach VDI 2225.

3.2.4 Paarweiser Vergleich und Rangfolgeverfahren

Die Beschreibungen von Alternativen sind oftmals rein qualitativ oder grob quantitativ. Meist werden sie auch durch nichttechnische (argumentative) Kriterien erfasst. Ein Vergleich von Objekten geschieht dann durch paarweise Beurteilung im Sinne des Kriteriums (...ist besser als...) oder durch Gewichtung, wobei die Kriterien zunächst eine Rangfolge nach ihrer Wichtigkeit erhalten sollten.

Das Hauptmerkmal des Paarweisen Vergleichs- und Rangfolgeverfahrens liegt in dessen dualem Charakter. Die Kriterien werden in zwei Gruppen mit jeweiligen Schwerpunkten zusammengefasst. Die Aufstellung einer Rangfolge der gegebenen Objekte hinsichtlich eines bestimmten Kriteriums ist das primäre Ziel.

In der Reduktion des Gesamtproblems in eine Anzahl kleiner, überschaubarer Einzelaufgaben liegt der Hauptvorteil dieses Verfahrens. Der relativ geringe Aufwand hat aber auch eine geringe Aussagekraft zur Folge.

3.2.5 Fehler-Möglichkeits- und Einfluss-Analyse

Die FMEA (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) ist heute in vielen Industriebereichen ein wichtiges Instrument zur präventiven Qualitätssicherung in der Entwicklung und der Fertigungsplanung. Das Hauptziel einer FMEA ist die Risikoverminderung und –vermeidung durch die systematische Erfassung möglicher Fehler und der Abschätzung und Beurteilung damit verbundener Risiken. Dadurch sollen potenzielle Fehler bereits während der Produktentstehungsphase aufgedeckt, ihre Ursachen und Folgen (Ausfalleffekte) analysiert und damit das tatsächliche Auftreten durch Gegenmaßnahmen verhindert werden /BERTSCHE99/. Hierzu ist eine Aufstellung der Rangfolge der möglichen Fehler zweckmäßig.

Die standardisierte Vorgehensweise mit entsprechenden Formularen ist normiert (/DIN25448/, VDA-Richtlinien) und läuft in folgenden Schritten ab, die wegen des Umfangs nicht näher beschrieben werden:

1. Vorbereitung und Planung
2. Systemstrukturierung und Funktionsanalyse
3. Risikoanalyse und –bewertung
4. Festlegung vorbeugender Maßnahmen
5. Maßnahmenrealisierung

Es werden verschiedene Arten von FMEA entsprechend der Entwicklungsphasen unterschieden:

- System-FMEA:
  Die Durchführung erfolgt nach Fertigstellung des Produktkonzepts. Sie analysiert die Fehlermöglichkeiten des übergeordneten Systems, insbesondere das funktionsgerechte Zusammenwirken der Produktkomponenten, die Systemsicherheit und Zuverlässigkeit und die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften.

- Konstruktions-FMEA:
  Nach Fertigstellung der Konstruktionsunterlagen werden Faktoren wie Funktionalität, Zuverlässigkeit, Geometrie, Werkstoffauswahl, wirtschaftliche Herstellbarkeit, Prüfbarkeit und Servicefreundlichkeit des Produkts und seiner Bauteile überprüft. Dadurch sollen Entwicklungsfehler und konstruktiv beeinflussbare Prozessfehler vermieden werden.

- Prozess-FMEA:
  Nach Fertigstellung der Fertigungspläne werden Eignung und Sicherheit der Herstellungsverfahren sowie deren Qualitätsfähigkeit und Prozessstabilität untersucht. Damit sollen Fertigungsplanungs- und spätere Fertigungsfehler vermieden werden.

- Kaufteile-FMEA:
  Im Zulieferbereich werden bei dieser FMEA Konstruktions- und Prozessgesichtspunkte gemeinsam untersucht.

Die System-FMEA ist die Grundlage der Konstruktions-FMEA und diese wiederum der Prozess-FMEA. Zwischen den FMEA-Arten findet eine hierarchische Verschiebung, zwischen Fehlerursache, Fehlerarten und Fehlerwirkungen statt. Tabelle 3.2 zeigt den methodischen Zusammenhang an Hand eines Beispiels, dargestellt durch die Pfeile.

FMEA-Typ	Komponente/ Prozess	Funktion/ Zweck	Fehler-ursache	Fehlerart	Fehler-auswirkung
System-FMEA	Zündverteiler	Spannungs-impulse verteilen	Gerissener Schaft	Zündungs-ausfall	Kfz-Stillstand
Konstruktions-FMEA	Zündverteiler -läufer	Preßsitz auf Nockenwelle	Lunker	Gerissener Schaft	Zündungs-ausfall
Prozess-FMEA	Spritzgießen Zündverteiler -läufer	Homogenes Gefüge gewährleisten	Spritzdruck zu gering	Lunker	Gerissener Schaft

Tabelle 3.2: Zusammenhang der FMEA-Arten (nach Kersten 1994) /SEIBERT98/

Weitere FMEAs finden sich mittlerweile auch außerhalb des Produktionsbereichs in Form von Projekt-FMEA oder der Geschäftsprozess-FMEA. Damit sollen fehlerfreie Arbeitsabläufe und Informationsflüsse in Projekten und Geschäftsprozessen bis hin zur Planung eines Qualitäts-Management-Systems gefördert werden /SEIBERT98/.

Als Instrument der Schwachstellenidentifikation und –beseitigung liegt der Hauptnutzen der FMEA in der Senkung von Fehlerkosten. Außerdem wird das Qualitätsbewusstsein der Mitarbeiter gefördert, der Informations- und Erfahrungsaustausch über Organisationsgrenzen hinweg verbessert sowie das Firmenimage durch größere Fehlerfreiheit der Produkte erhöht. Außerdem zeigen Beobachtungen durchgeführter FMEA-Sitzungen in den Firmen, dass keine klare Trennung innerhalb der FMEA-Arten durchführbar und sinnvoll ist. Der Grund

liegt darin, dass ein einmal unterlaufener Fehler Auswirkungen auf andere FMEAs haben kann. Die meisten Produkte sind so komplex, dass eine Fehlerbeseitigung in einem bestimmten Bereich einen Fehler in anderen Bereichen zur Folge haben kann /BREIING01/.

Die Anwendung von FMEAs über einen längeren Zeitraum hinweg ermöglicht einen ständigen Erkenntniszuwachs bezüglich der qualitätssichernden Maßnahmen, da auf die vorliegenden Formblätter und Dokumentationen zurückgegriffen werden kann und sich diese auswerten lassen.

Werden Aufwand und Nutzen gegenübergestellt, dann ergibt sich für den hohen Aufwand in der Einführungsphase eine Amortisationszeit von ca. 3 Jahren (Bild 3.4). Kann aber auf das Erfahrungspotenzial früherer FMEAs zurückgegriffen werden, sinkt der Bewertungsaufwand beträchtlich.

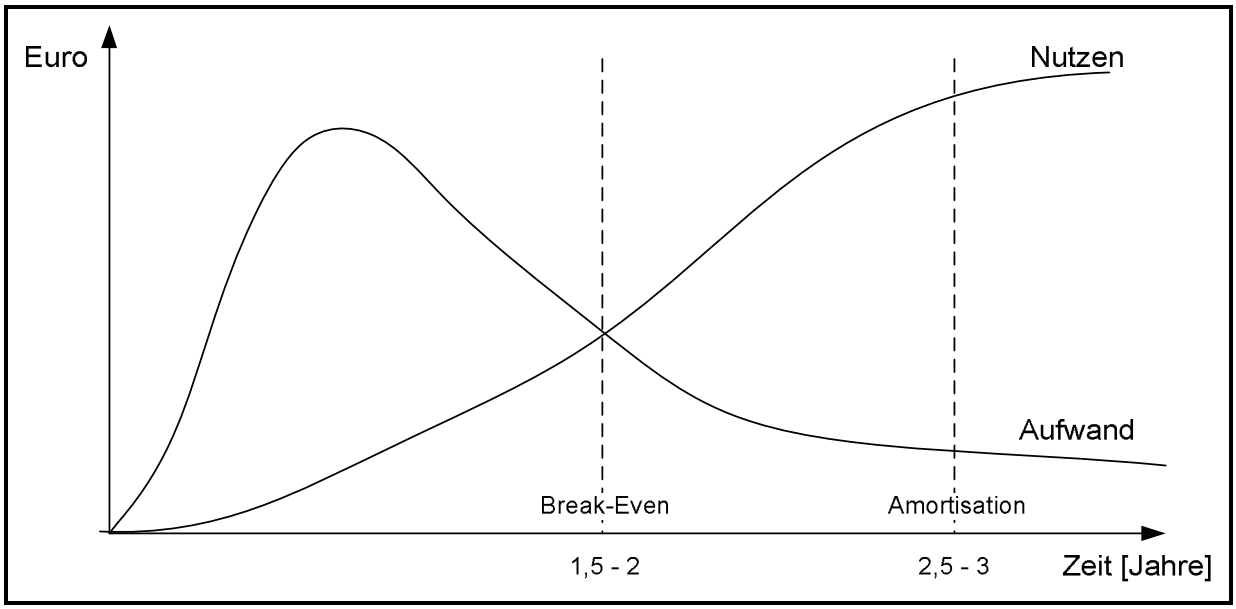


Bild 3.4: Nutzen und Aufwand einer FMEA /SEIBERT98/

3.2.6 QFD-Methode

QFD steht für „Quality Function Deployment“ und kann sinngemäß übersetzt werden als „die Planung und Entwicklung der Qualitätsfunktionen eines Produktes entsprechend den von den Kunden geforderten Qualitätseigenschaften“. Treffend bezeichnet /COOPER02/ die QFD-Methode als die Vereinigung von Qualität und Funktion im Produkt.

Im deutschsprachigen Raum wurde QFD erst 1992 von Akao veröffentlicht und hat sich seitdem schnell verbreitet. Der qualitätsorientierte Ansatz der QFD-Methode hat das Ziel einer frühzeitigen, umfassenden und strukturierten Aufgabenklärung als Vorbereitung der Lösungssuche. Das Hauptziel ist dabei die bestmögliche Erfüllung ermittelter Markt- und Kundenanforderungen zu erreichen /KAUMANNS04, LINDEMANN01-2/. Einigen Untersuchungen zufolge verfügen aber nur wenige Großfirmen über ausreichende praktische Erfahrungen mit der QFD-Methode /PAHL97, KLEIN99/.

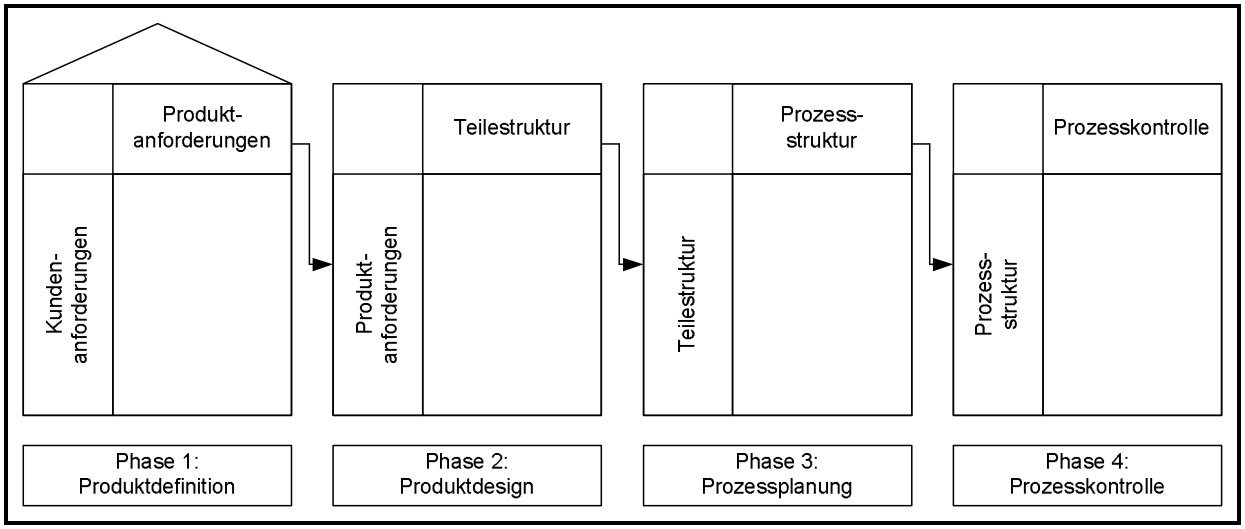


Bild 3.5: Die QFD-Prozessabläufe /KLEIN99, VDI-2247/

Der QFD-Prozess lässt sich in 4 Phasen unterteilen (Bild 3.5):

- Produktdefinitionsphase (Phase 1):
  Aus Kundenanforderungen werden Produktanforderungen gewonnen

- Produktdesignphase (Phase 2):
  Umsetzung der Produktanforderungen in konkrete technische Lösungen

- Prozessplanungsphase (Phase 3):
  Übertragung der technischen Lösungen in den Herstellungsprozess

- Prozesskontrollphase (Phase 4):
  Fokussierung auf die wichtigsten Prozesse der Prozessplanungsphase

Die Phase 1, die Produktdefinitionsphase, wird meist in einem Stadium der Produktentwicklung vorgenommen, in dem aus Kundenanforderungen eine Produktidee gewonnen werden soll. Dies geschieht, neben weiteren Untersuchungen und Vergleichen, im House of Quality (Bild 3.6).

In dem House of Quality sind weitere Zusammenhänge in Diagrammen darstellbar, um z. B. Trends zu verdeutlichen und aufzuzeigen. Im Folgenden werden allerdings nur die Aspekte des QFD-Verfahrens wiedergegeben, die für das in dieser Arbeit erstellte Bewertungsverfahren relevant sind.

Der Hauptnutzen der Anwendung des House of Quality im Rahmen des konstruktions-methodischen Vorgehens liegt in der Korrelation von Kundenanforderungen und Produktanforderungen und der daraus resultierenden Technischen Bedeutung der einzelnen Produktanforderungen (Qualitätsanforderungen).

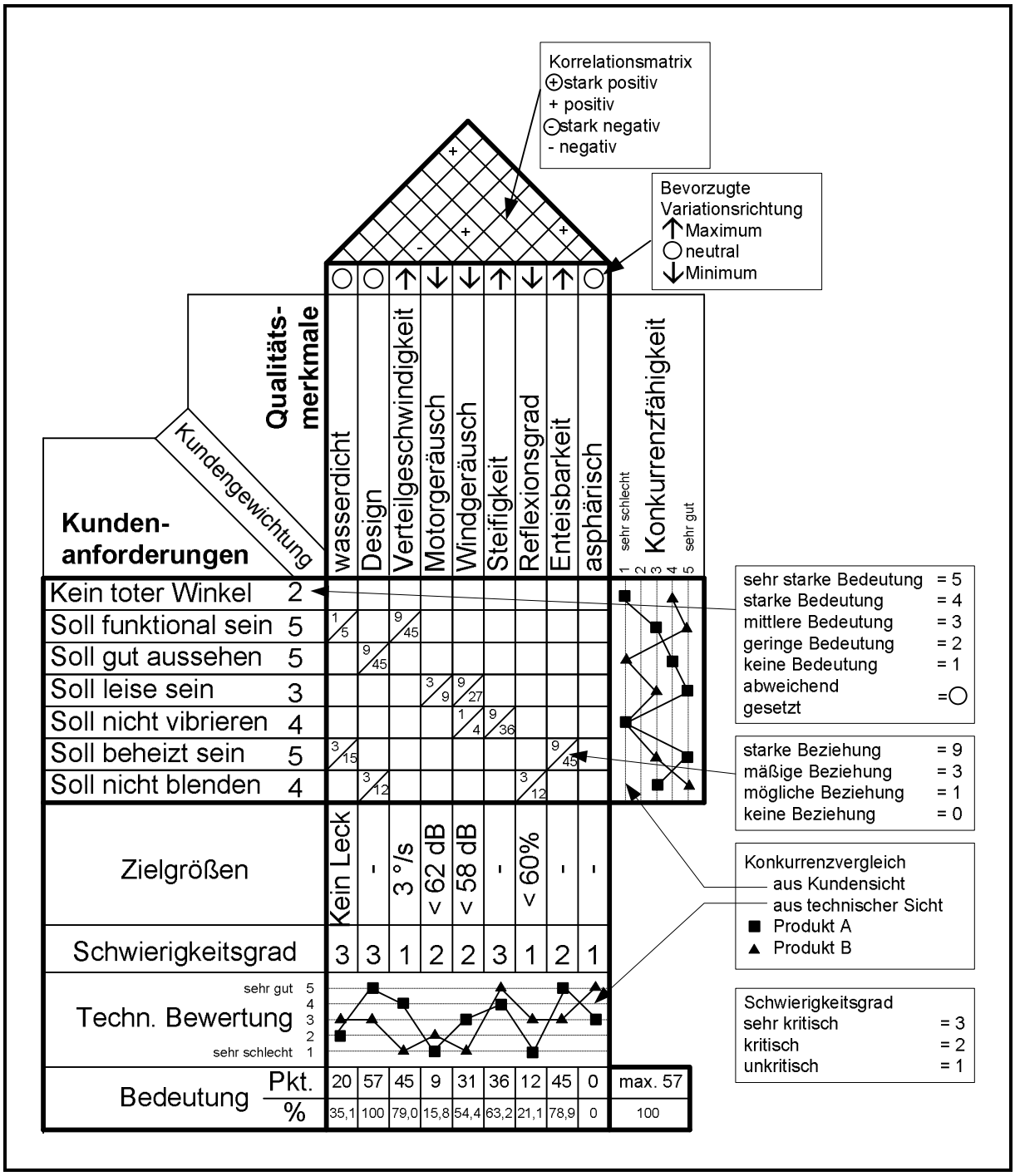


Bild 3.6: Zentrales QFD-Arbeitsmittel: House of Quality am Beispiel eines PKW-Außenspiegels /KLEIN99/

Erläuterungen zum House of Quality (Bild 3.6):

Im House of Quality sind die markantesten Kundenanforderungen aufgenommen und mit den Qualitätsmerkmalen verknüpft. Die Korrelation von Kundenanforde-

rung und Qualitätsmerkmal wird in die Matrix eingetragen und mit der Gewichtung der Kundenanforderung multipliziert, z. B.:

a) die Korrelation der Kundenanforderung „soll leise sein“ mit dem Qualitätsmerkmal „Windgeräusch“ ist mit 9 bewertet, die Multiplikation mit der Gewichtung 3 ergibt das Produkt 27;

b) die Korrelation der Kundenanforderung „soll nicht vibrieren“ mit dem Qualitätsmerkmal „Windgeräusch“ ist mit 1 bewertet, die Multiplikation mit der Gewichtung 4 ergibt das Produkt 4.

Die spaltenweise Addition der einzelnen Produkte ergibt die Bedeutung der einzelnen Qualitätsanforderungen: für das Qualitätsmerkmal „Windgeräusch“: 27 + 4 = 31. Werden die absolut errechneten Werte in % ausgegeben, dann ist die maximale, absolute Bedeutung hier 57 gleich 100% zu setzen. Die Bedeutung 31 für das Beispiel „Windgeräusch“ entspricht 54,4% des Maximalwertes 57.

Diejenigen Qualitätsanforderungen mit der höchsten Bedeutung stellen die Schlüsselvariablen für das Produkt dar, auf die ein besonderes Augenmerk gerichtet sein muss.

3.3 Übersicht von Bewertungsmethoden im Innovationsprozess

Eine Übersicht über Bewertungsmethoden und ihre Klassifizierung im Innovationsprozess zeigt die Darstellung in Bild 3.7, die entsprechend der jeweiligen Bewertungssituation weiter spezifiziert und modifiziert werden kann. Besonders wichtig für eine erfolgreiche Bewertung sind die gründliche Datenermittlung und das lückenlose Durchlaufen aller Arbeitsschritte.

Die Bewertungsmethoden können zunächst entsprechend dem vorliegenden Datenmaterial in qualitative und quantitative Bewertungsverfahren unterschieden werden. Qualitative Bewertungen kommen dann zur Anwendung, wenn für Bewertungskriterien keine exakten Zahlenwerte vorliegen oder diese nicht in ein-

heitlichen Dimensionen ausgedrückt werden können. Quantitative Bewertungen erfolgen aufgrund monetärer Zielgrößen, d. h. ökonomisch relevanter Rechengrößen, und nichtmonetärer, aber quantitativer Zielgrößen, wie sie z. B. bei der Nutzwertanalyse angewandt werden.

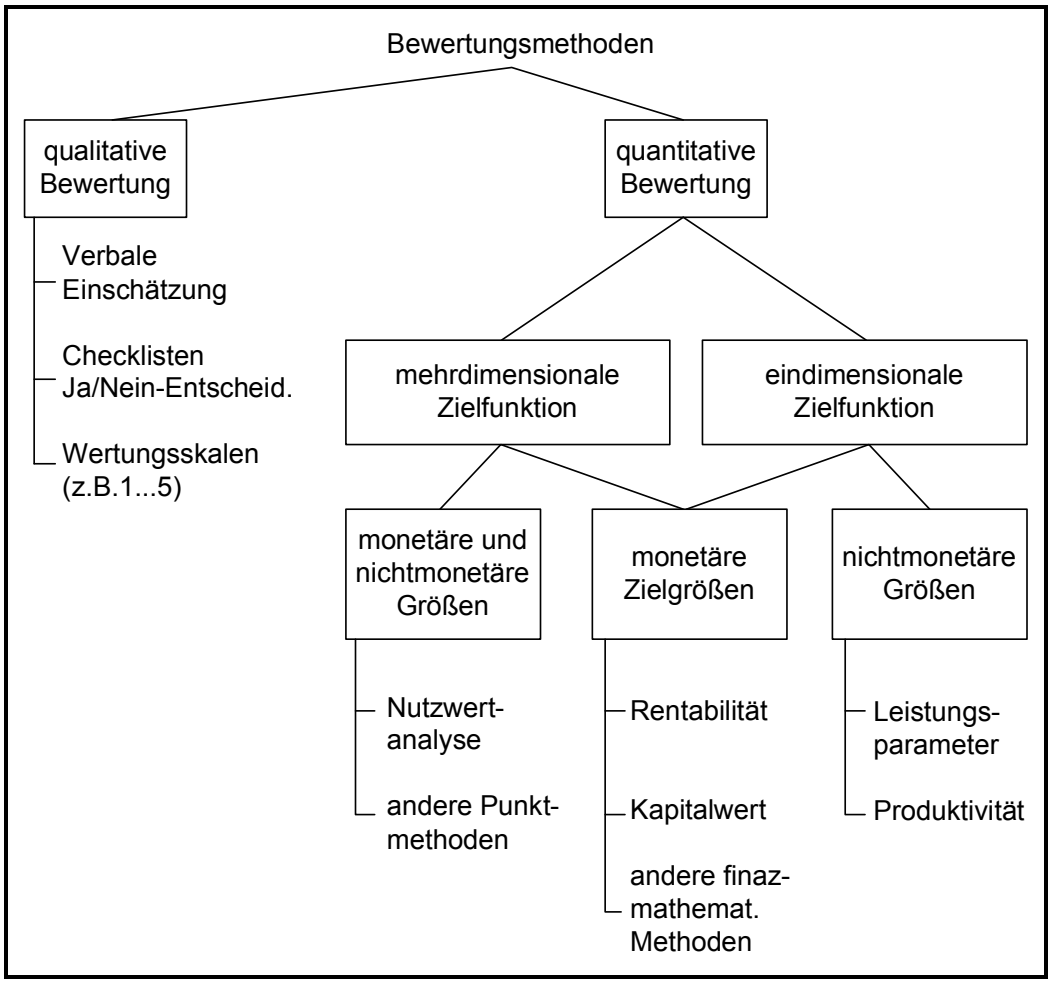


Bild 3.7: Übersicht über Bewertungsmethoden und ihre Klassifizierung /HEYDE91/

Das Bild 3.8 stellt ein aus jüngerer Zeit stammendes Ablaufdiagramm einer Bewertung dar. Es zeigt einen eher formalen Bewertungsablauf im Innovationsprozess von der Wahl der Innovationsprojekte (Bewertungsprojekte) bis zur Aggregation der qualitativen und quantitativen Ergebnisse. Die Ist-Analyse beruht auf Leistungsmessung, die Soll-Analyse auf Referenzinformationen- oder -lösungen (Benchmarks). Die dargestellte Möglichkeit erlaubt ebenfalls keine Bewertung des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades nach Zielsetzung dieser Arbeit.

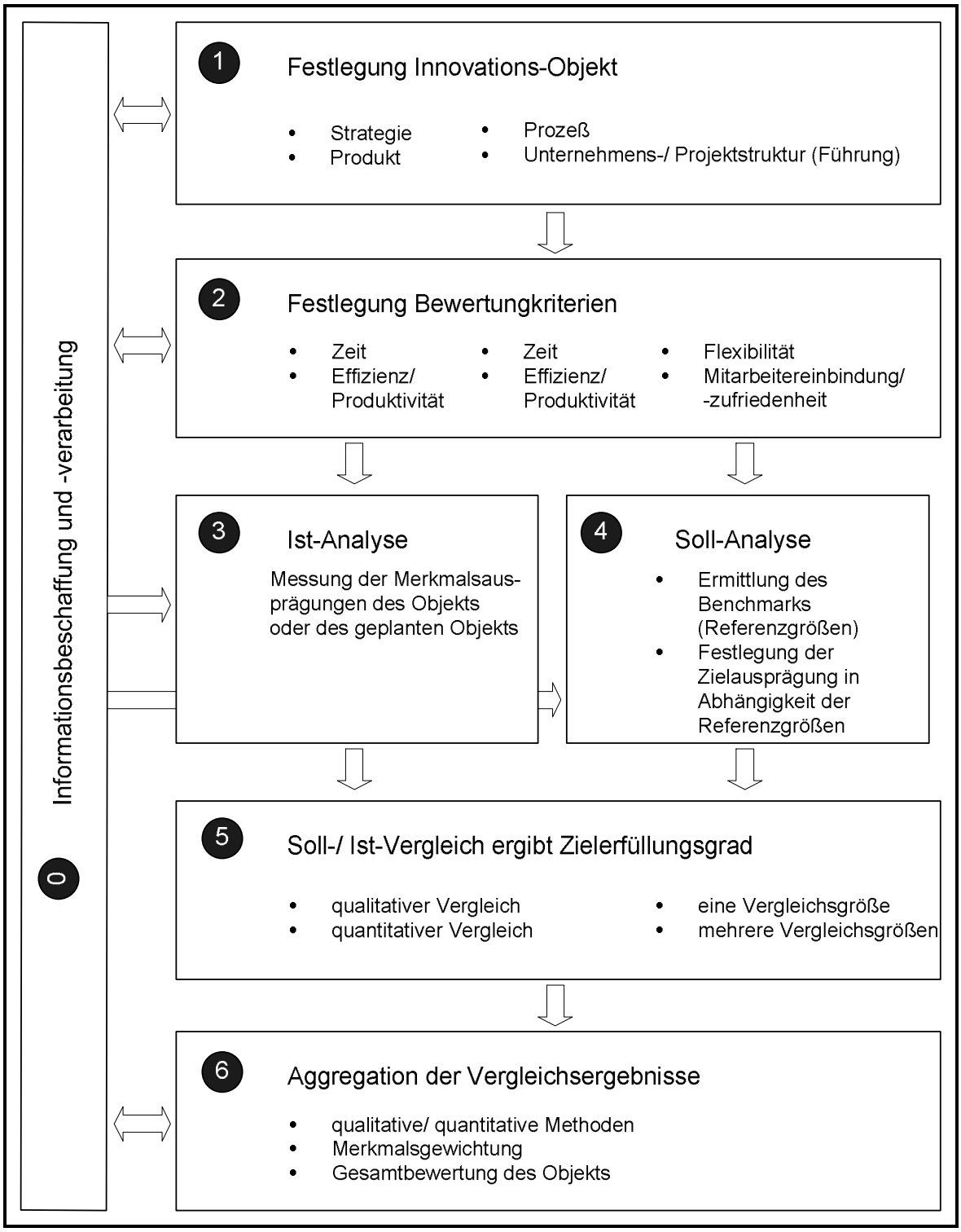


Bild 3.8: Bewertung im Innovationsprozess /TINTELNOT99/

Weitere Verfahren, Instrumente und Möglichkeiten sind (nach /BULLINGER02/):

- Checklistenverfahren
  Durch Einsatz von Checklisten, wobei einzelne Kriterien durch indifferente Antworten (wie „ja“, „nein“, „teilweise“) versehen werden, sollen Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Alternativen gezogen werden.

- Entscheidungstabelle-Technik
  Die Objektinformationen werden in Tabellenform angeordnet, wobei Abhängigkeiten bzw. Zusammenhänge transparent gemacht werden.

- Scoring-Modelle
  Grundlage dieses Verfahrens ist eine Punktebewertung in Anlehnung an die Nutzwertanalyse, wobei dieses Verfahren nicht allein auf Nutzenkriterien beschränkt bleibt.

- Relevanzbaum-Technik
  Die zur Auswahl stehenden Alternativen werden anhand verschiedener Kriterien auf ihre Zielsetzung hin untersucht. Durch „Ziel - Mittel - Ketten“ wird die Struktur aufgezeigt, in der jedes einzelne Mittel zur Realisierung des ihm übergeordneten Zieles beiträgt.

Es empfiehlt sich in manchen Fällen, eine Bewertung und Beurteilung auf der Basis entsprechender Ansätze und Formulierungen vorzunehmen /BULLINGER02/:

- unternehmerischer Ansatz
- Erfolgs-Ansatz
- Effizienz-Ansatz
- Nutzen-Ansatz
- Wert-Ansatz
- Kapital-Ansatz
- Rendite-Ansatz
- Technologischer Ansatz

- Personeller Ansatz
- Kombinierte Ansätze

Diese durch gezielte Ansätze und Formulierungen gewonnenen Erkenntnisse sind oftmals in bestimmten Situationen des Innovationsprozesses notwendig.

3.4 Begründung für die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Beurteilung

Der Innovationsprozess zum Hervorbringen von Produktinnovationen muss in jeder Phase überprüfbar und damit lenkbar sein. In Kapitel 2.3.1 wurden mehrere Modelle des Innovationsprozesses gegenüber gestellt und gezeigt, dass die Innovationsprozesse unterschiedliche Ausprägungen und Komplexitäten haben können.

Die Überprüfung und Lenkung eines jeden Prozesses hat zweckgerichtet und zieladäquat zu geschehen, damit Konsequenzen für das betriebliche Handeln erkennbar werden. Die bestehenden Bewertungsmethoden entsprechen dieser Prämisse jedoch nicht in zufrieden stellendem Maße, vor allem dann nicht, wenn man sie auf ihre Einsatzmöglichkeiten in Innovationsprozessen hin untersucht. Im modernen Innovationsprozess werden in den einzelnen Phasen und Bereichen Beurteilungs- und Bewertungsverfahren benötigt, die u. a. auch die Berücksichtigung von Marketing- und Managementaspekten erlauben. In besonderem Maße jedoch erfordern die herausragenden Aspekte von Innovationen, Neuheit und ihre erfolgreiche Vermarktung, eine differenzierte und ganzheitliche Beurteilung und Bewertung.

Des Öfteren stellen sich Kunden beim Vergleich von Produktinnovationen verschiedener Hersteller die Frage, welches das „innovativste“ Produkt ist. Innovierende Unternehmen sollten sich aus Wettbewerbsgründen häufiger diese Frage stellen, wenn sie ihre Produkte mit denen der Konkurrenz vergleichen.

Diese Fragestellung führt zu der Notwendigkeit, den „Innovationsvorsprung“ einer Produktinnovation im Vergleich zu Alternativen zu ermitteln. Konkret bedeutet dies: wird die Höhe und Bedeutung der Neuheit einer Produktinnovation erfasst, kann im Vergleich mit anderen Produktinnovationen oder einem Vorgängermodell eine Position innerhalb einer Innovationsskala ermittelt werden.

Die Möglichkeit, mit entsprechender Modifizierung vorhandener, althergebrachter Methoden der Konstruktionstechnik an das Problem der Bewertung und Beurteilung von Produktinnovationen heranzugehen, wurde geprüft. Dabei zeigte sich, dass sich zwar einzelne Teilaspekte dieser Verfahren und Methoden durchaus zur Beurteilung eignen, jedoch können die typischen Größen von Innovationen, Chancen im Hinblick auf Marktdurchsetzungsfähigkeit und Bedeutung an Neuheit, trotz eventuell vorgenommener Modifizierung quantitativ nicht erfasst werden. Die Beurteilung und Bewertung von Innovationen erfordert eine ganzheitliche Betrachtungsweise, wie sie in Kapitel 1.2 dargestellt wurde. Mit „ganzheitlich“ ist dabei eine umfassende, alle Bereiche des Entwicklungsprozesses einschließende, schlüssige Bewertung im Kontext der Zielsetzung dieser Arbeit gemeint.

Die mit diesem Verfahren erzielten Bewertungsgrößen sind ein Beitrag für fundierte gesamtunternehmerische Entscheidungen. Diese jedoch erfordern weitere Kriterien wie Firmenstrategie, Kernkompetenzen, Markttrends, wirtschaftliche und technische Aspekte u. v. m.

Der Erfolg eines Unternehmens wird maßgeblich durch die strategische Produktplanung beeinflusst. Dabei müssen produktspezifische und branchenspezifische Erfolgsfaktoren analysiert und beachtet werden. Die erfolgreiche Marktdurchsetzung eines Produkts ist letztlich das erfolgreiche Zusammenspiel marktanalytischer, betriebswirtschaftlich-unternehmerischer und naturwissenschaftlich-technischer Faktoren.

4 Konkretisierung der Aufgabenstellung und Lösungsansatz

4.1 Eingrenzung der Aufgabenstellung

Die Aufgabe, Innovation messbar zu machen, führt gemäß der Innovations-Definition (siehe auch Kap. 2.1.3, Bild 2.4) zu dem Problem, die Neuheit und den erweiterten Kunden- und Herstellernutzen quantitativ zu bestimmen. Zur Messung des wirtschaftlichen Herstellernutzens liefert die Betriebswirtschaftlehre vielfältige Ansätze und Kennziffern wie z. B. Umsatz, Deckungsbeitrag, Ertrag etc., die deshalb hier nicht weiter betrachtet werden sollen. Das hier beschriebene Verfahren konzentriert sich daher schwerpunktmäßig auf die Aspekte Neuheit sowie Kunden- und Herstellernutzen aus überwiegend naturwissenschaftlich-technischer Sicht. Wirtschaftlichkeitsaspekte werden nur im Zusammenhang mit Kosten zur Produktrealisierung aus Sicht des Konstrukteurs in Betracht gezogen. Das Verfahren liefert demnach einen wichtigen Anteil innerhalb einer gesamtunternehmerischen Bewertung, vorwiegend aus technischer Sicht.

4.2 Lösungsansatz

Da Kundennutzen mit der möglichst guten Erfüllung von Kundenanforderungen gleichgesetzt werden kann, muss das neue Verfahren im ersten Schritt die Kundenanforderungen an das Produkt und deren Umsetzung in Produktanforderungen analysieren. Der Lösungsansatz sieht vor, hierfür Elemente der QFD-Methode anzuwenden.

Die QFD-Methode (siehe Kap. 3.2.6) gilt als kundenorientierte Methode zur systematischen Gestaltung von Produkten und Prozessen /SPECHT96/, wobei die erste QFD-Phase sich in leicht abgewandelter Form zur technischen Bestandsaufnahme eines Produktes eignet. Die Objektbestandsaufnahme oder

-diagnose mit QFD muss den oben formulierten Ansprüchen Rechnung tragen und ist gegebenenfalls entsprechend zu modifizieren.

Die genaue Erfüllung der Kundenanforderungen wird zum Qualitätsmaßstab, der letztlich in entscheidendem Maße den wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens bestimmt. Qualität ist die Erfüllung von Kundenanforderungen, wobei die Nichterfüllung genauso wie die Übererfüllung eine Fehlleistung darstellt. Kunden aus den unterschiedlichsten Bereichen erwarten maßgeschneiderte Produkte, die zu ihren Anforderungen passen. Selbst in Nischenmärkten erwartet der Kunde eine Diversifizierung des Angebotes.

Die Ergebnisse aus der ersten QFD-Phase, die „Technischen Bedeutungen der Produktanforderungen“, sind die Schlüsselvariablen für den Bewertungsalgorithmus. Sie repräsentieren die maßgeblichen Aspekte wie Gewichtung und Erfüllung von Kundenanforderungen sowie die Realisierbarkeit der Produktanforderungen.

Aufbauend auf dieser ersten QFD-Phase wurde das Bewertungsverfahren weiterentwickelt. Daraus resultieren die folgenden Lösungsschritte.

Lösungsschritt 1:
Produktaufnahme durch die QFD-Methode mit dem Ziel, wichtige Kenngrößen aus den Kunden- und Produktanforderungen für den Bewertungsalgorithmus zu erhalten.

Die Frage nach der Bedeutung der Neuheit einer Innovation führt zur Analyse der Kunden- und Produktanforderungen im Kontext der zentralen Kenngröße Neuheit. Unter Neuheits-Bedeutung soll hierbei die Antwort auf folgende Frage verstanden werden: Wenn die Kunden- bzw. Produktanforderung erfüllt wird, wie stark wird dann das Produkt als neu im Vergleich zu existierenden Produkten eingeschätzt?

Lösungsschritt 2:
Modifizierung der QFD-Matrix zur Aufnahme der Neuheits-Bedeutung der innovativen Idee oder Produkt.

Die Produktanforderungen müssen technisch realisiert werden. Mit welchen Mitteln und Möglichkeiten die Produktanforderungen erfüllt werden können, ist in entscheidendem Maße davon abhängig, welches Know-how an Fach- und Kernkompetenz ein innovierendes Unternehmen hat. Günstige Einflüsse auf die Produkterstellung führen zum Produkterfolg im Kontext des erweiterten Herstellernutzens. Für jede Produktanforderung sind deshalb Einflussgrößen auf den Produkterfolg aufzunehmen und zu analysieren.

Lösungsschritt 3:
Aufnahme und Analyse von Einflussgrößen für jede Produktanforderung durch Modifizierung der QFD-Matrix.

Die Zielsetzung dieses Verfahrens ist die Bestimmung quantitativer Kenngrößen, die eine Aussage über die Chancen zur Marktdurchsetzungsfähigkeit (Erfolgspotenzial) und über den Grad an Neuheit (Innovationsgrad) von technischen Ideen und Produkten ermöglichen. Auf der Grundlage von Technischer Bedeutung, Neuheits-Bedeutung und Einflussgrößen auf den Produkterfolg ist ein mathematischer Bewertungsalgorithmus zu erstellen mit dem Ziel, das Erfolgspotenzial und den Innovationsgrad quantitativ zu bestimmen.

Lösungsschritt 4:
Erstellung eines Bewertungsalgorithmus zur Bestimmung des Erfolgpotenzials und des Innovationsgrades.

Ein Produkt kann sicherlich dann als erfolgreich bezeichnet werden, wenn es im Vergleich zu anderen Produkten sowohl dem Kunden wie auch dem Hersteller einen größeren Nutzen bietet und sich daher am Markt durchsetzt. Bild 4.1 zeigt auf der Basis der Lösungsansätze (und in Anlehnung an Kap. 2.1.3, Bild 2.4) ein Lösungsschema zur Beantwortung der Frage, wie innovative Ideen oder Produkte bewertet werden können.

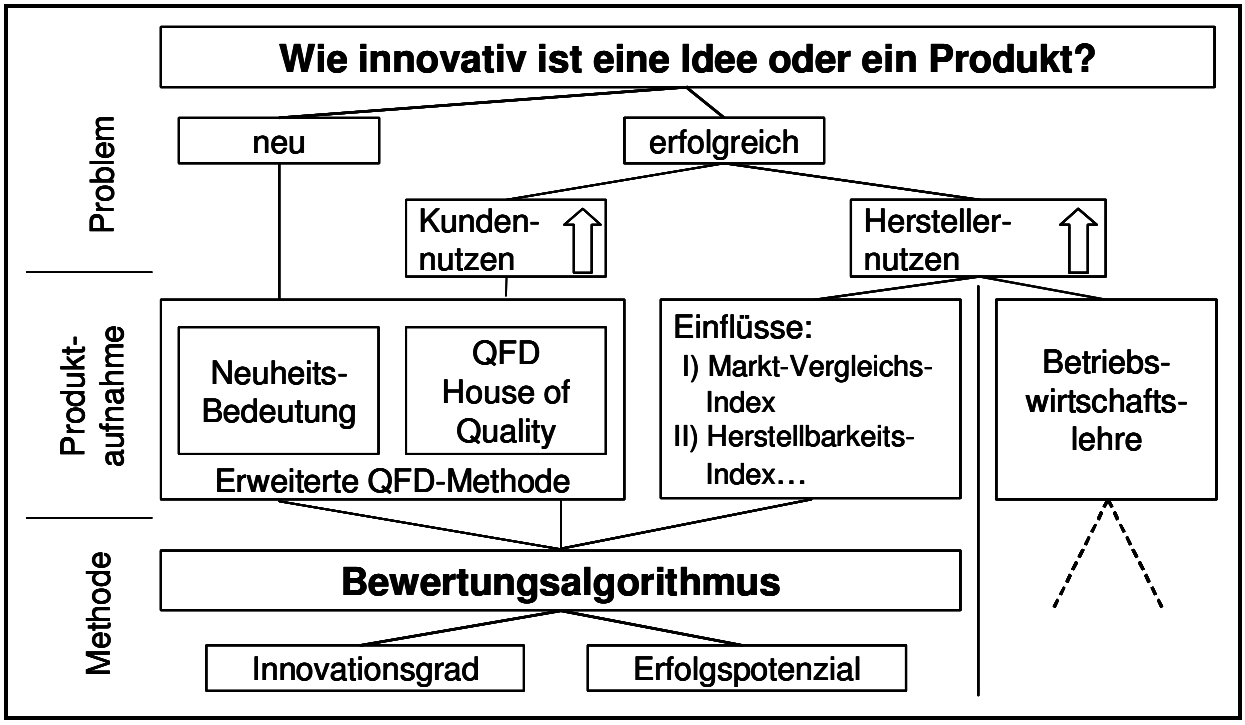


Bild 4.1: Bewertung innovativer Ideen und Produkte /BINZ05/

Auf der Grundlage der Lösungsschritte wurde das Bewertungsverfahren erstellt, das im folgenden Kapitel beschrieben wird.

5 Bestimmung des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades

Das in Kapitel 3.2.6 beschriebene QFD-Verfahren dient in modifizierter Form als Basis für das zu erstellende Beurteilungs- und Bewertungsverfahren. Gewichtungen von Kundenanforderungen sowie Technischen Bedeutungen von Produktanforderungen, die die Voraussetzungen für eine adäquate Beurteilung darstellen, lassen sich nach dieser Methode erfassen. Eine Modifizierung des QFD-Verfahrens ist erforderlich, um die Forderung nach quantitativer Erfassung der innovativen Kernelemente zu ermöglichen.

Alle Erweiterungen und Ergänzungen werden nach folgenden, allgemeinen Maßgaben durchgeführt:

- Es sollen weitgehend Formulierungen vermieden werden, die eine pessimistische oder gar negative Assoziation hervorrufen, um bei der Suche und Bestimmung von Daten und Fakten eine Beeinflussung zu verringern und eine neutrale Vorgehensweise zu unterstützen /GERHARD98/. Diese positive Prämisse soll für alle Benennungen Grundlage sein.
- Die Kunden- und Produktanforderungen sollen der Systematisierung wegen weitgehend nach allgemeinen Gesichtspunkten in Rubriken der Konstruktionsmethodik eingeordnet werden. Es ist zweckmäßig, die Anforderungen entsprechend der Hauptmerkmalsleitlinie nach /PAHL97/ zu gliedern, z. B. in Funktion, Wirkprinzip, Gestaltung etc.

5.1 QFD-Produktaufnahme

5.1.1 Eingabe der Produktkenngrößen

Damit das House of Quality des QFD-Verfahrens (siehe Kap. 3.2.6, Bild 3.6) als Basis für eine umfassende Bestandsaufnahme des Untersuchungsobjektes ge-

nutzt werden kann, müssen Veränderungen und Ergänzungen vorgenommen werden, um die Kernelemente einer Innovation – Neuheit und erweiterter Kunden- und Herstellernutzen - zu erfassen.

Die Fragestellung, wie innovativ ein neues Produkt ist und welche Innovationsstufe es im Vergleich zu Wettbewerbsprodukten einnimmt, erfordert Kenntnisse über die Neuheit des Produkts. Die zentrale Kenngröße einer Innovation, die Neuheit des Produkts**,** muss quantitativ erfasst werden. Dazu ist es notwendig, die Bewertungsmatrix der QFD-Methode für die Produktaufnahme (siehe Lösungsschritt 1, Kap. 4.2) um die Spalte „Neuheits-Bedeutung der Kundenanforderungen“ und die Zeile „Neuheits-Bedeutung der Produktanforderungen“ zu erweitern. Für die Zahlenwerte wird eine Skala von 0 bis 10 angewendet. Hohe Werte sind zu vergeben, wenn es sich um bedeutende, gar um radikale oder revolutionäre Neuheiten in Naturwissenschaft und Technik handelt, niedrige Werte für inkrementale oder geringfügig einzustufende Neuheiten (siehe auch Kap. 2.2, Bild 2.5).

Die Festlegung der Daten, um die Neuheit an der innovativen Idee oder am Produkt zu bestimmen, ist bei jeder neuen Bewertung eine große Herausforderung. Das „Neue“ quantitativ zu erfassen ist ein vielschichtiges Problem. Als Beispiel sei hier die Kombination eines Mobiltelefons mit einer Digitalkamera erwähnt, wobei die Beurteilung der Neuheit (Kamera) je nach Festlegung auf die Beurteilungsschwerpunkte

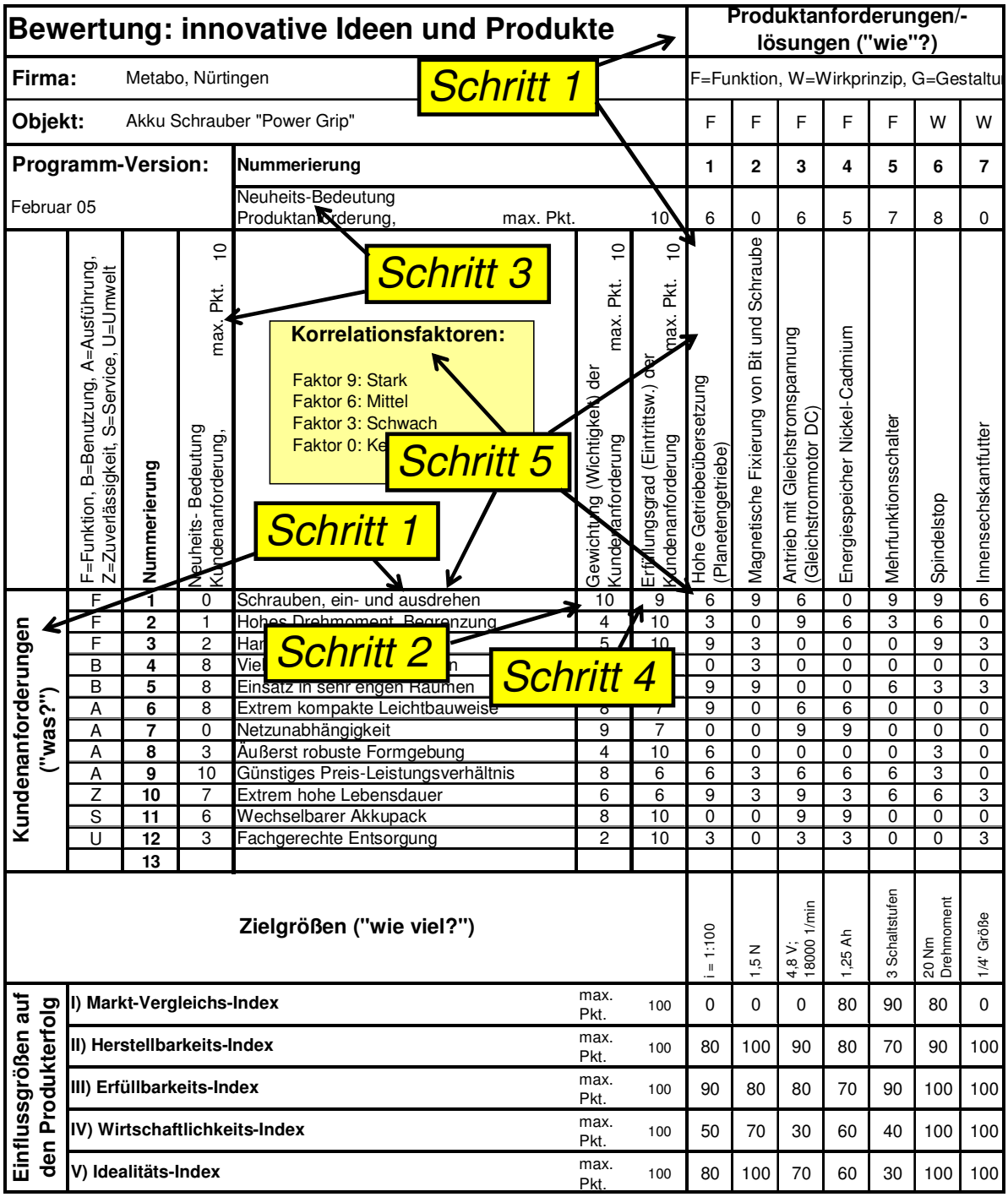
- Beurteilungsebene (wer beurteilt, Benutzer oder Hersteller?),
- Neuheitsgrad (inkremental oder radikal?),
- Zweckmäßigkeit (Nutzen, Anwendungshäufigkeit) usw.

sehr unterschiedlich ausfallen kann.

Zutreffende Einschätzungen der Neuheit erfordern zunächst fundierte Kenntnisse durch Kunden- und Marktanalysen, Zukunftsprognosemethoden, Kundenbefragungen, Befragung des Servicepersonals u. v. m., um Neues aus der Sicht der Kunden einschätzen zu können /KOLLER97/. Dies kann ein eingespieltes Ex-

pertenteam am besten beurteilen. Patentrecherchen können dabei u. U. hilfreich sein.

Die aufgeführten Veränderungen am House of Quality ergeben somit eine Bewertungsmatrix (Bild 5.1), die jederzeit den jeweiligen Erfordernissen des zu beurteilenden Bewertungsobjektes angepasst werden kann.



Bewertung: innovative Ideen und Produkte								Produktanforderungen/-lösungen ("wie"?)						
Firma:	Metabo, Nürtingen							F=Funktion, W=Wirkprinzip, G=Gestaltu						
Objekt:	Akku Schrauber "Power Grip"							F	F	F	F	F	W	W
Programm-Version:		Nummerierung						1	2	3	4	5	6	7
Februar 05		Neuheits-Bedeutung Produktanforderung,		max. Pkt.	10			6	0	6	5	7	8	0
	F=Funktion, B=Benutzung, A=Ausführung, Z=Zuverlässigkeit, S=Service, U=Umwelt	Nummerierung	Neuheits- Bedeutung Kundenanforderung, max. Pkt. 10			Gewichtung (Wichtigkeit) der Kundenanforderung max. Pkt. 10	Erfüllungsgrad (Eintrittsw.) der Kundenanforderung max. Pkt. 10	Hohe Getriebeübersetzung (Planetengetriebe)	Magnetische Fixierung von Bit und Schraube	Antrieb mit Gleichstromspannung (Gleichstrommotor DC)	Energiespeicher Nickel-Cadmium	Mehrfunktionsschalter	Spindelstop	Innensechskantfutter
Kundenanforderungen ("was?")	F	1	0	Schrauben, ein- und ausdrehen		10	9	6	9	6	0	9	9	6
	F	2	1	Hohes Drehmoment, Begrenzung		4	10	3	0	9	6	3	6	0
	F	3	2	Har		5	10	9	3	0	0	0	9	3
	B	4	8	Vie	n	4	10	0	3	0	0	0	0	0
	B	5	8	Einsatz in sehr engen Räumen		8	6	9	9	0	0	6	3	3
	A	6	8	Extrem kompakte Leichtbauweise		8	7	9	0	6	6	0	0	0
	A	7	0	Netzunabhängigkeit		9	7	0	0	9	9	0	0	0
	A	8	3	Äußerst robuste Formgebung		4	10	6	0	0	0	0	3	0
	A	9	10	Günstiges Preis-Leistungsverhältnis		8	6	6	3	6	6	6	3	0
	Z	10	7	Extrem hohe Lebensdauer		6	6	9	3	9	3	6	6	3
	S	11	6	Wechselbarer Akkupack		8	10	0	0	9	9	0	0	0
	U	12	3	Fachgerechte Entsorgung		2	10	3	0	3	3	0	0	3
		13												
Zielgrößen ("wie viel?")								i = 1:100	1,5 N	4,8 V; 18000 1/min	1,25 Ah	3 Schaltstufen	20 Nm Drehmoment	1/4' Größe
Einflussgrößen auf den Produkterfolg	I) Markt-Vergleichs-Index				max. Pkt.	100		0	0	0	80	90	80	0
	II) Herstellbarkeits-Index				max. Pkt.	100		80	100	90	80	70	90	100
	III) Erfüllbarkeits-Index				max. Pkt.	100		90	80	80	70	90	100	100
	IV) Wirtschaftlichkeits-Index				max. Pkt.	100		50	70	30	60	40	100	100
	V) Idealitäts-Index				max. Pkt.	100		80	100	70	60	30	100	100

Bild 5.1: Bearbeitung der Bewertungsmatrix

Die veränderte Matrix erlaubt sowohl die Aufnahme bereits existierender Produkte oder Produktinnovationen jeglicher Art, als auch die kritische Überprüfung von Produktideen, z. B. von Patenten, Schutzrechten, usw. und von Dienstleistungen.

Die Vorgehensweise zur Bearbeitung der Bewertungsmatrix (Bild 5.1) gliedert sich in folgende Schritte:

1. Vertikal werden die Kundenanforderungen, horizontal die Produktanforderungen eingetragen. Bei umfangreichen Produktspezifikationen ist eine Gliederung nach Hauptmerkmalen zweckmäßig.

2. Die Kundenanforderungen werden entsprechend ihrer Bedeutung gewichtet. Dabei ist die Paarvergleichsmatrix ein geeignetes Mittel, die Priorisierung der Kundenanforderungen durch Gegenüberstellung zu erhalten, wie am Beispiel einer Kaffeemaschine (Bild 5.2) anschaulich gezeigt wird.

	Wasser einfach einfüllen	Kaffeepulver leicht einfüllen	Brühvorgang einfach steuern	kein Tropfen beim Herausnehmen der Kanne	leichte Reinigung	Kaffee schnell kochen	Kaffee geräuscharm kochen	aromatischen Kaffee kochen	Kaffee einfach einschenken	Kaffee aromatisch warmhalten	Summe
Wasser einfach einfüllen		1	2	1	1	0	1	0	0	0	6
Kaffeepulver leicht einfüllen	1		2	2	1	0	1	0	0	0	7
Brühvorgang einfach steuern	0	0		0	1	0	0	0	0	0	1
kein Tropfen beim Herausnehmen der Kanne	1	0	2		1	0	2	0	0	0	6
leichte Reinigung	1	1	1	1		0	1	0	0	0	5
Kaffee schnell kochen	2	2	2	2	2		2	0	1	1	14
Kaffee geräuscharm kochen	1	1	2	0	1	0		0	0	2	7
aromatischen Kaffee kochen	2	2	2	2	2	2	2		2	2	18
Kaffee einfach einschenken	2	2	2	2	2	1	1	0		2	14
Kaffee aromatisch warmhalten	2	2	2	2	2	1	0	0	0		11

Bild 5.2: Paarvergleichsmatrix: Beispiel Kaffeemaschine /SCHLOSKE02/

3. Ermittlung und Festlegung der Neuheits-Bedeutung (oder Grad an Neuheit) der Kunden- und Produktanforderungen. Hierfür wird eine Punktbewertung mit einer Skala von 0 bis 10 angewendet. Wird z. B. für die Produktanforderung Nr. 1 in Bild 5.1, „Hohe Getriebeübersetzung“, der Wert 6 für die Neuheits-Bedeutung eingegeben, dann wird der „Neuheits-Anteil“ an der Produktanforderung mit 6/10 bzw. 60 % eingeschätzt.

4. Ermittlung der Erfüllungsgrade der Kundenanforderungen. Diese Angaben dienen bei der reinen QFD-Analyse insbesondere dem Vergleich mit einem Wettbewerbsprodukt (Benchmarking). Für ein Unternehmen stellen sich dann häufig folgende Fragen:

   a. Wie gut haben wir bisher die Kundenanforderungen erfüllt?
   b. Arbeitet der Wettbewerb kundennäher?
   c. Welches Kundenansehen hat unser Unternehmen?
   d. Wie verbessern wir den Erfüllungsgrad unseres Leistungsangebots?

   Die Bestimmung der Erfüllungsgrade der Kundenanforderungen erfolgt durch quantitative Ermittlung der Vergleichsgrößen mit den Wettbewerbsprodukten. Eine Aussage über das Verbesserungspotenzial und über den Erfüllungs-Reifegrad eines Produktes dient der Erkenntnis, die eigene Leistungsfähigkeit festzustellen, um daraus zielgerichtet Verbesserungen und Optimierungen ableiten zu können, falls keine Vorteile im Vergleich zum Konkurrenzprodukt festzustellen sind. Auch bereits als gut eingestufte Lösungen können unter Umständen noch weiter verbessert werden.

5. Zusammenhang zwischen Kunden- und Produktanforderungen.
   Von besonderer Relevanz ist hier die Stärke des Zusammenhangs, der durch die Korrelationsfaktoren festgelegt wird. Eine Kundenanforderung mit hohem Gewichtungsfaktor und starker Korrelation mit mehreren Produktanforderungen erfordert später besondere Aufmerksamkeit.

Die Gründlichkeit, mit der die einzelnen Daten der Bewertungsmatrix ermittelt werden, ist von besonderer Relevanz, wenn durch dieses neu entwickelte Verfahren möglichst genaue Werte für das Erfolgspotenzial und den Innovationsgrad bestimmt werden sollen. In vielen Fällen kann aber auch eine auf wesentliche Fakten beschränkte Analyse vorgenommen werden, um aus einer Reihe von Produktideen gezielt besonders Erfolg versprechende Ideen zu selektieren.

5.1.2 Berechnung der Technischen Bedeutung

Die Wichtigkeit der „Technischen Bedeutung“ wurde im vorherigen Kapitel ausführlich dargestellt. In sie fließen die maßgeblichen Aspekte Kundenorientierung und technische Realisierbarkeit ein. Sie ist daher die Schlüsselvariable für eine Bewertung.

Die Technische Bedeutung wird nach folgenden Schritten (Bild 5.3) bestimmt (siehe Kap. 3.2.6, Erläuterungen zum House of Quality, Bild 3.6):

1. Für alle Produktanforderungen wird das Produkt aus Korrelationsfaktor und Gewichtungsfaktor der Kundenanforderungen gebildet. Eine Produktanforderung kann mit mehreren Kundenanforderungen korrelieren.

2. Addition aller Produkte innerhalb einer Produktanforderung. Dies wird für sämtliche Produktanforderungen durchgeführt.

3. In einem weiteren Schritt ist es zweckmäßig, die absolut errechneten Werte relativ zu einem Maximalwert, z. B. in %, auszugeben. In dem dargestellten Beispiel beträgt die maximal auftretende Technische Bedeutung absolut 423 (Produktanforderung Nr. 8, Bild 5.3) und wird gleich 100 % gesetzt. Die Technische Bedeutung der ersten Produktanforderung ist 375, dies sind 89 % von 423.

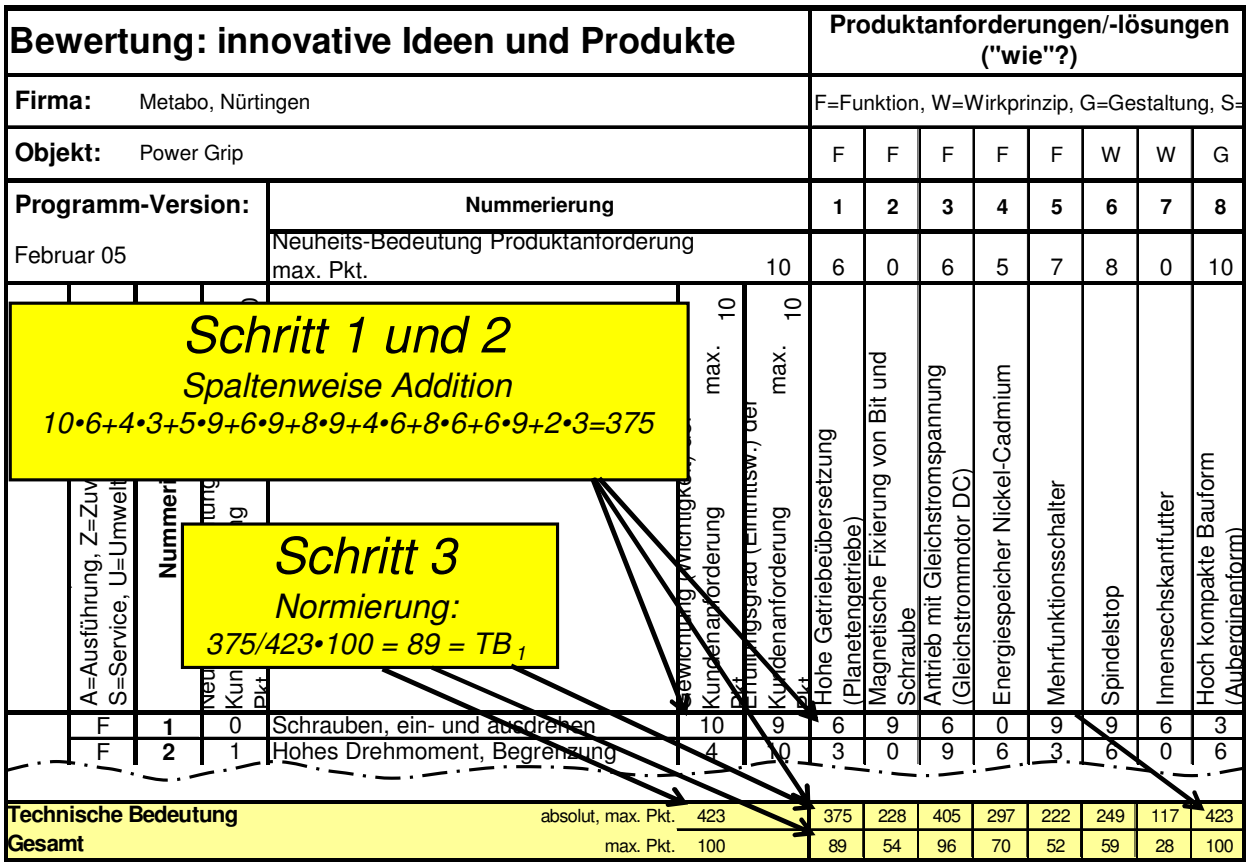


Bild 5.3: Berechnung der Technischen Bedeutung

5.2 Einflussgrößen auf den Produkterfolg

Die Bewertungsmatrix wird um die Einflussgrößen auf den Produkterfolg (Bild 5.1, unten) erweitert, die für eine umfassende Beurteilung im Hinblick auf den erweiterten Herstellernutzen einer Innovation notwendig sind. Den einzelnen Einflussgrößen wird ein Wert zwischen 0 und 100 zugeordnet, wobei hohe Werte einen positiven Einfluss auf den Produkterfolg repräsentieren.

Erläuterungen zu den Einflussgrößen auf den Produkterfolg:

I) Marktvergleichs-Index:

Die einzugebenden Daten sind durch Vergleich der eigenen Zielgrößen mit denen der Wettbewerbsprodukte abzuschätzen, wobei realistische Daten nur durch eine ständige, längerfristig angelegte Marktbeobachtung gewonnen werden können. Hohe Werte sind dann einzugeben, wenn das

Produkt eine hohe Leistungsfähigkeit besitzt. Um auf dem Markt attraktiv zu sein, dürfen die Zielgrößen der Produktanforderungen möglichst nicht unter denen der Wettbewerbsprodukte liegen. Eine Übererfüllung, d. h. wenn die Zielgrößen zu hoch gewählt oder in der Anwendung nicht benötigt bzw. kaum genutzt werden können, wird vom Kunden i. d. R. genauso wenig honoriert.

II) Herstellbarkeits-Index:

Für diese Einschätzungen ist Expertenwissen notwendig. Hoher einzugebender Wert bedeutet geringes Herstellrisiko, kleiner Wert großes Herstellrisiko. Allgemein steigt das Risiko mit der Schwierigkeit der Herstellung. Je weniger Produktanforderungen in Bereichen schwieriger Herstellung liegen, umso höher ist der Herstellungs-Reifegrad eines Produkts. Dies bedeutet weniger Versagensrisiko.

III) Erfüllbarkeits-Index:

Diese einzugebenden Werte beziehen sich darauf, mit welcher Sicherheit und Wahrscheinlichkeit die Produktanforderungen erfüllt werden können. Ist die Erfüllung sehr risikobehaftet oder die Empfindlichkeit gegen störende Einflüsse groß, sollten die Risiken ermittelt und durch entsprechende Maßnahmen minimiert werden. Dadurch steigt der „Erfüllbarkeits-Reifegrad“ des Produkts. Hohe Erfüllbarkeit ist neben niedrigen Kosten ein entscheidendes Verkaufsargument, da Risiken als potenzielle Nichterfüllung von Kundenwünschen verstanden werden kann.

IV) Wirtschaftlichkeits-Index:

Die der Arbeit zugrunde gelegte Definition einer Produktinnovation (Kap. 2.1.3) beinhaltet auch den erweiterten Herstellernutzen. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung liefert eine Aussage über den erweiterten Herstellernutzen eines Produkts. Die Wirtschaftlichkeitsaspekte Kosten, Komplexität der Fertigung, Montage, Investitionskosten etc. dürfen daher nicht fehlen. Sie müssen in einem realistischen Rahmen liegen, um wirtschaftlichen Erfolg zu erzielen. Während der Entwicklungsphase des Produkts sind daher diese Wirtschaftlichkeitsaspekte zu berücksichtigen. Die Kos-

tenermittlungen können durch Näherungsverfahren erfolgen, z. B. durch Vergleich oder Ähnlichkeitsbetrachtungen, Schätzungen über Materialkostenanteile usw.

V) Idealitäts-Index:

Mit diesem Index wird berücksichtigt, inwieweit zusätzliche Funktionen zur Zielerfüllung benötigt werden. Sind zur Realisierung einer bestimmten Funktion oder eines Zwecks eine oder mehrere „Zusatzfunktionen“ notwendig, erfordern diese zusätzliche Ressourcen. Eine Lösung mit hohem Idealitätsgrad ist demnach auch eine Lösung mit gering zu erwartenden, schädlichen Nebenwirkungen und Nebeneffekten /GAUSEMEIER01/. Produkte mit hohem Idealitätsgrad werden vom Kunden meist intensiver wahrgenommen.

Die Idealität einer Lösung wird in F&E definiert als Quotient aus der Summe aller nützlichen Funktionen durch die Summe aller schädlichen Funktionen /GAUSEMEIER01, ZIEGLER02/.

Unter nützlichen Funktionen sind alle Funktionen zu verstehen, die die Gesamtfunktion unterstützen, die schädlichen Funktionen beeinträchtigen das Erfüllen der Gesamtfunktion. Die Idealität ist umso größer, je größer der Quotient ist, da schädliche Funktionen unnötig Ressourcen verbrauchen und zusätzliche Kosten verursachen.

Die Wege zur Idealität können vielseitig beschritten werden /ZIEGLER02/:

1. Durch gezielte Überprüfung vorhandener Potenziale:
   - alle unterstützenden Funktionen oder Hilfsfunktionen mit den zugehörigen Teilen eliminieren, wenn die Hauptfunktion nicht beeinträchtigt wird,
   - Teile eliminieren, wenn sie durch andere ersetzt werden können,
   - Überprüfung auf Selbstversorgung, -regelung, -bedienung,

- wenn eine Hilfsfunktion notwendig ist, dann damit die Hauptfunktion unterstützen,
- Einzelteile, Komponenten durch Modelle oder Kopien ersetzen,
- Funktionsprinzip ändern, um ein System oder Prozess zu vereinfachen,
- Ausschöpfung aller vorhandenen Ressourcen.

2. Die Optimalitätsprinzipien der Konstruktionsmethodik anwenden:
   - Prinzip des optimalen Wirkungsgrades für die Realisierung technischer Funktionen,
   - Prinzip der Minimierung des Energieaufwandes, des Materialeinsatzes, des Eigengewichts, des Eigenvolumens, des Zeitverlustes,
   - Prinzip der Maximierung der Zuverlässigkeit,
   - Prinzip der optimalen Anzahl der Funktionen,
   - Prinzip der Automatisierbarkeit,
   - Prinzip der optimalen Bedienbarkeit,
   - Prinzip der ökonomischen Austauschbarkeit,
   - Prinzip der kleinsten Vielfalt (Standardisierungsprinzip).

Durch Idealisierung können Systeme vereinfacht werden und sind damit weniger komplex: sie bewegen sich in Richtung zunehmender Idealität.

Diese Liste der Einflussgrößen kann je nach Untersuchungsobjekt weiter ergänzt werden, ohne dass sich dadurch am prinzipiellen Bewertungsalgorithmus etwas verändert.

5.3 Berechnung des Erfolgspotenzials

Zur Bestimmung des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades müssen Kenngrößen (Indikatoren) ermittelt werden. Dies geschieht durch mathematische Verknüpfung der Schlüsselvariablen aus der QFD-Produktaufnahme, den Technischen Bedeutungen der Produktanforderungen, mit den Einflussgrößen auf den Produkterfolg.

Eine weitere Kenngröße zur Bestimmung des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades ergibt sich aus den Erfüllungsgraden der Kundenanforderungen. Kundenanforderungen mit hoher Gewichtung und großem Erfüllungsgrad sind bei der Umsetzung individueller Kundenanforderungen von besonderer Bedeutung.

Das Ziel dabei ist letztlich das Ermitteln von Kenngrößen, um daraus quantitativ das Erfolgspotenzial und den Innovationsgrad zu bestimmen. Diese Kenngrößen sollen den Grad der Erfüllung der Kundenanforderungen und die Realisierbarkeit der Produktanforderungen, mit allen Erfordernissen und Risiken, widerspiegeln.

5.3.1 Auswertung der mathematischen Verknüpfungen (Portfolios) zwischen der Technischen Bedeutung und den Einflussgrößen

Zweidimensionale Bewertungen (Portfolioauswertung mit dualem Charakter) werden häufig zu technisch-wirtschaftlichen Bewertungen herangezogen /PAHL97/. Mittelwertbildungen sind auch mehrdimensional anwendbar, um das „Zusammenspiel“ mehrerer Bewertungskriterien mit unterschiedlichen Gewichten aufzuzeigen.

Eine mathematische Auswertung der Verknüpfungen, wie sie in Portfolios dargestellt sind, kann durch Mittelwertbildungen /BRONSTEIN74, LENK94/ durchgeführt werden:

- arithmetisches Mittel
- geometrisches Mittel (Hyperbelverfahren, siehe auch /PAHL97/)
- harmonisches Mittel
- quadratisches Mittel (Kreisbogenverfahren)

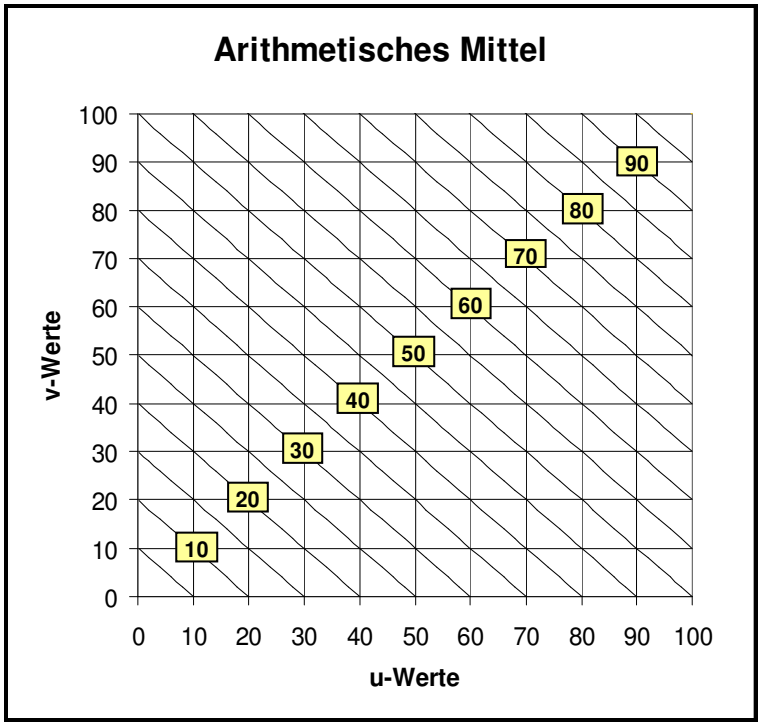
Im Rahmen dieser Arbeit wird jeder Einfluss einzeln mit der Technischen Bedeutung verknüpft und ausgewertet (zweidimensional).

In die Mittelwertbildungen mit den Einzelurteilen u (oder x-Achse) und v (oder y-Achse) werden gleichzeitig unterschiedliche Kriteriengewichte g_u und g_v für eine spätere, differenzierte Berechnung mit einbezogen. Dies hat zur Folge, dass die vom Bewertungsteam als besonders hervorzuhebenden Einflüsse stärker gewichtet werden können.

Anschaulich bedeutet die Einsetzung unterschiedlicher Kriteriengewichte eine Streckung (z. B. $g_u = 2 \cdot g_v$) oder Stauchung (z. B. $g_u = 0{,}5 \cdot g_v$) der Mittelwertfunktionen und damit eine Möglichkeit der Flexibilisierung des Bewertungsverfahrens.

Die Mittelwertbildung nach dem arithmetischen Mittel (w_a) liefert wegen des linearen Zusammenhangs (Bild 5.4) ein „ausgewogenes“ Urteil“. Sie wirkt auch bei der Kombination extrem schlechten mit extrem guten Urteilen ausgleichend.

Beispiel: $u = 10$, $v = 90$, $g_u = 1$; $g_v = 1$; $\Rightarrow w_a = 50$



$$w_a = \frac{g_u \cdot u + g_v \cdot v}{g_u + g_v} \tag{5.1}$$

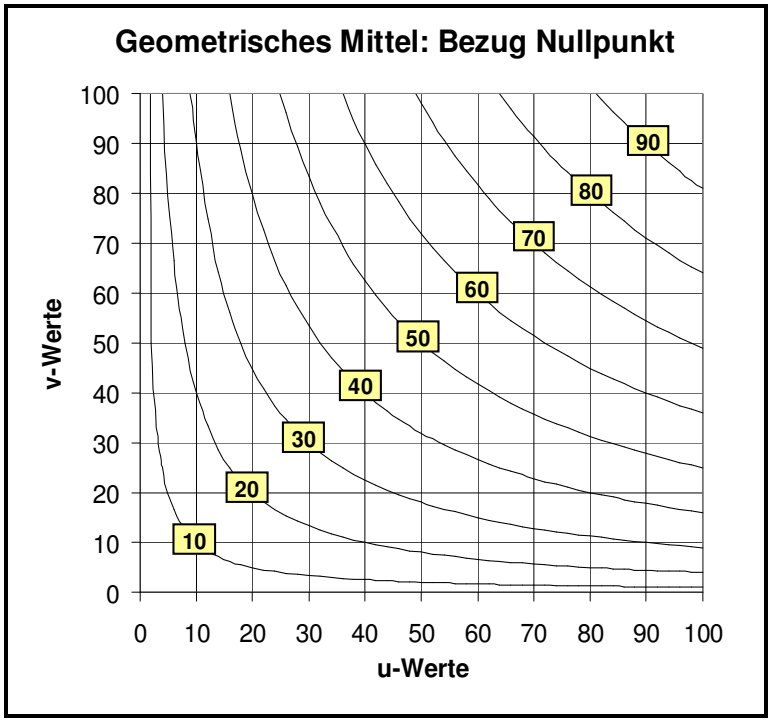
Bild 5.4: Arithmetischer Mittelwert; $g_u = 1$; $g_v = 1$;

Dieser Ausgleich ist jedoch nach geometrischer (w_g), harmonischer (w_h) oder quadratischer (w_q) Mittelwertbildung wegen des nichtlinearen Zusammenhangs nicht vorhanden, wie im Folgenden dargestellt wird.

Alle Möglichkeiten der Mittelwertbildungen sind im Anhang dieser Arbeit zusammengestellt. Die geometrischen, quadratischen und harmonischen Mittelwertbildungen können in zweifacher Weise eingesetzt werden: Bezug zum Nullpunkt oder Bezug zum Maximum. Am Beispiel der geometrischen Mittelwertbildung soll dies näher erläutert werden:

1. „Krümmungsverhalten“ zum Nullpunkt (Bild 5.5):
Die Mittelwerte sind gegenüber der arithmetischen Mittelwertbildung abgewertet. Schlechte Urteile haben hier einen wesentlich stärkeren Einfluss auf das Gesamturteil als dies bei der Berechnung nach arithmetischem Mittel der Fall ist.

Beispiel: $u = 10$, $v = 90$, $g_u = 1$; $g_v = 1$; $\Rightarrow w_{g,N} = 30$

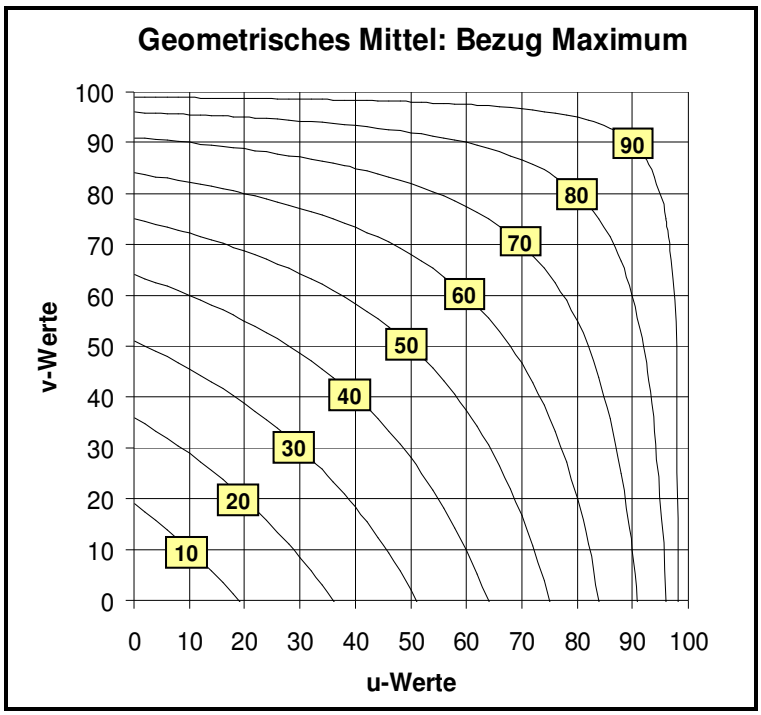


$$w_g = \sqrt[g_u+g_v]{u^{g_u} \cdot v^{g_v}} \qquad (5.2)$$

Bild 5.5: Geometrischer Mittelwert, Bezug Nullpunkt („abwertend“);
$g_u = 1$; $g_v = 1$;

2. „Krümmungsverhalten“ zum Maximalpunkt (Bild 5.6):
Die Mittelwerte sind gegenüber der arithmetischen Mittelwertbildung aufgewertet. Gute Urteile haben hier einen wesentlich stärkeren Einfluss auf das Gesamturteil als dies bei der Berechnung nach arithmetischem Mittel der Fall ist.

Beispiel: $u = 10$, $v = 90$, $g_u = 1$; $g_v = 1$; $\Rightarrow w_{g,M} = 70$



$$w_g = p_{max} - \sqrt[g_u+g_v]{(p_{max} - u)^{g_u} \cdot (p_{max} - v)^{g_v}} \qquad (5.3)$$

Bild 5.6: Geometrischer Mittelwert, Bezug Maximum („aufwertend“);
$g_u = 1$; $g_v = 1$;

Auf Eigenheiten der Mittelwertbildungen ist besonders zu achten:

- Auch bei krassen Randerscheinungen wirkt die arithmetische Mittelwertbildung ausgleichend. Des Öfteren ist es aber notwendig, gerade bei Randerscheinungen nicht ausgleichend zu bewerten. Sind Werte an den Portfoliorändern angesiedelt, ist die Abweichung der Mittelwerte nach geometrischer, harmonischer oder quadratischer Berechnung zu dem arithmetisch berechneten Mittelwert deutlich größer, als dies bei Werten aus dem Mittelfeld der Fall ist.

- Als Beispiel sei hier das Portfolio Technische Bedeutung und Herstellbarkeits-Index angeführt. Ist die Technische Bedeutung eines Produktmerkmals sehr hoch (wichtig), z. B. u = 90, und der dazugehörige Herstellbarkeits-Index sehr klein (schwierig herzustellen), z. B. v = 10, ist eine Bedeutung für das Erfolgspotenzial eher als gering zu gewichten, d. h. abzuwerten, da die Versagensrisiken mit dem Grad der Herstellschwierigkeit steigen.

- Nach arithmetischer Mittelwertbildung (Bild 5.4) ergibt sich für das genannte Beispiel w_a = 50, ein relativ hoher Mittelwert (Wertigkeit), was einer Überbewertung aufgrund des aufgeführten Versagensrisikos gleichkommt. Hoher Mittelwert (Wertigkeit) bedeutet hoher Beitrag zum Erfolgspotenzial und Innovationsgrad und dies bei sehr schwieriger Herstellung (v = 10) und damit großem Versagensrisiko. Dies wäre ein Widerspruch.

- Nach geometrischer Mittelwertberechnung (Bild 5.5), Bezug Nullpunkt (abwertend), würde sich $w_{g,N}$ = 30 ergeben, wobei diese Größe eher einen sinnvollen Wert zur realistischen Potenzialbewertung darstellt. Bei Anwendung der arithmetischen Mittelwertbildung für den genannten Fall hätte dies eine Überbewertung und damit eine „Verzerrung“ der Bewertungsergebnisse zur Folge.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen alle aufgeführten Mittelwertbildungen (siehe Anhang A1) angewandt werden, um den Grad der Auswirkung auf die Berechnung des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades aufzuzeigen. Die arithmetische Mittelwertbildung mit ihrem ausgleichenden Charakter dient dabei als Vergleichsgröße. Die Ergebnisse der geometrischen, harmonischen und quadratischen Mittelwertbildung weichen nicht sehr weit voneinander ab. In der Praxis kann sich die Berechnung auf ein Verfahren mit „Krümmungsverhalten“ beschränken, wobei die geometrische Mittelwertbildung am Häufigsten angewendet wird.

Die Anwendbarkeit des Bewertungsverfahrens auf die Vielfalt technischer Produktideen, Produktinnovationen und auch technischer Dienstleistungen erfordert

eine besondere Anpassungsfähigkeit des Bewertungsalgorithmus. Die Besonderheiten resultieren aus der zwingend unterschiedlichen Herangehensweise an eine Bewertung: die jeweiligen Bewertungen von Konsum- und Investitionsgütern geschehen sicherlich unter unterschiedlichen Aspekten, d. h. die Gewichtungen der Einflüsse bei der Bewertung einer Werkzeugmaschine müssen eventuell anders vorgenommen werden als dies bei der Bewertung einer Kaffeemaschine der Fall sein wird.

Konsumgüter erhalten häufig ein besonderes „Design“ und repräsentieren damit die Trend- und Modeerscheinungen der jeweiligen Zeitepoche. Sie wirken dadurch innovativ, wobei der Unterschiedlichkeitsgrad gegenüber dem Vorgängermodell oft nur als geringfügige Design- und Qualitätsänderung identifiziert wird. Bei der Bewertung bestimmter Produktgruppen, insbesondere aus dem Bereich der Konsumgüter, ist deshalb mit großer Sorgfalt bei der Ermittlung der Einflussgrößen vorzugehen.

Investitionsgüter unterliegen selten besonderen Trends irgendeiner Mode. Bei diesen Gütern handelt sich oft um eine groß angelegte Investition für einen langen Zeitraum. Zuverlässigkeit und Robustheit, Zweckmäßigkeit und Funktionalität sind maßgebliche Entscheidungskriterien. Die Notwendigkeit zum auffälligen Design wird dadurch zurückgedrängt. Das Innovative ist in seinen Ausprägungen oft von größerer naturwissenschaftlicher und technischer Bedeutung und nicht so vordergründig, wie dies bei vielen Konsumgütern der Fall ist. Gefahren einer Unterschätzung und einer nicht angemessenen Beurteilung sind vorhanden und müssen von dem Bewertungsteam bedacht werden.

Das Bewertungsverfahren erlaubt es, durch die Möglichkeit der Auf- und Abwertung auf die Ausprägungen der Produktvielfalt einzugehen, wie sie sich in den jeweiligen Sparten der Konsumgüter- und der Investitionsgüterindustrie, mit mehr oder weniger fließenden Übergängen, präsentieren.

Das Bewertungsteam muss ein besonderes Augenmerk darauf richten, welche Produkte aus welchen Bereichen bewertet werden und wie die in Portfolios dargestellten Korrelationen objektiv ausgewertet werden sollen. Durch den Einsatz

der Mittelwertbildungen nach den Kriterien „aufwerten“ und „abwerten“ ist ein wichtiges Instrumentarium für eine differenzierte Bewertung gegeben.

5.3.2 Einfluss-Wertigkeiten aus Technischer Bedeutung und den Einflussgrößen

Die Grundlagen zur Bestimmung einzelner Kenngrößen (Indikatoren) sind die mathematischen Verknüpfungen zwischen den relativen Werten der Technischen Bedeutung und den Einflussgrößen I bis V. Die Verknüpfungen werden in fünf Portfolios dargestellt, Bild 5.7 zeigt als Beispiel das Portfolio für die Einflussgröße „II) Herstellbarkeits-Index“.

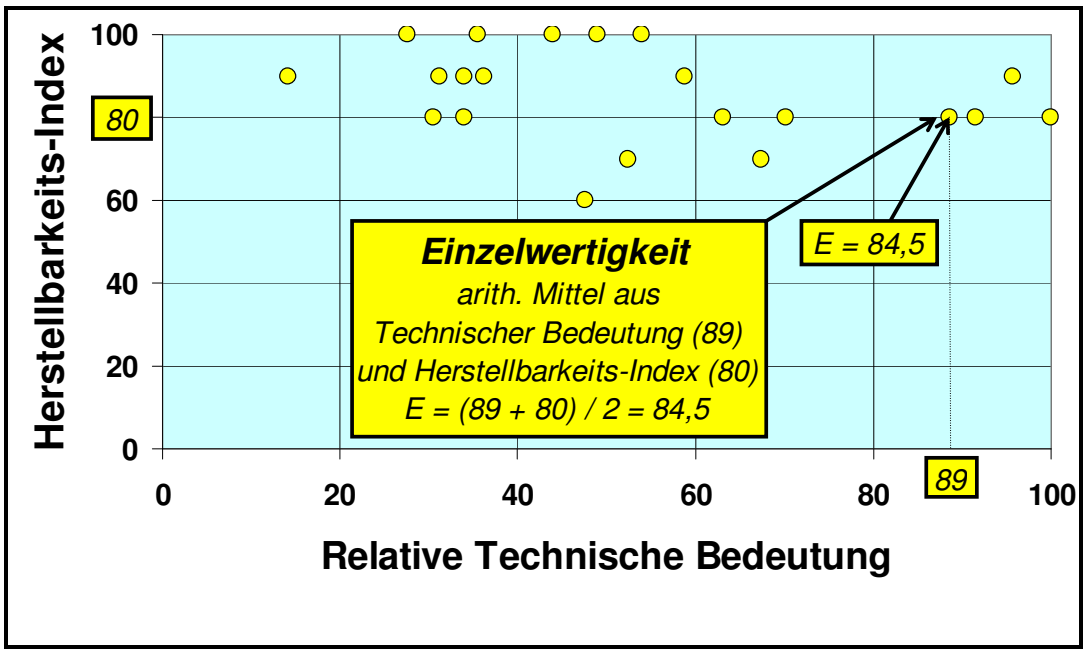


Bild 5.7: Portfolio: Relative Technische Bedeutung und Herstellbarkeits-Index

Vorgehensweise:

1. Für jede Produktanforderung wird in dem jeweiligen Portfolio die entsprechende Einflussgröße über der relativen Technischen Bedeutung aufgetragen. Beispiel: Die Produktanforderung Nr. 1 besitzt eine relative Technische Bedeutung von TB_1 = 89 (siehe Bild 5.3) und einen Herstellbarkeits-Index von 80 (Bild 5.1).

2. Den so entstehenden Zahlenpaaren wird durch mathematische Mittelwertbildung eine Einzelwertigkeit (E_i) zugewiesen. Im genannten Beispiel beträgt demnach die Einzelwertigkeit $E_{II,1} = (89 + 80)/2 = 84{,}5$.

3. Aus allen Einzelwertigkeiten der Zahlenpaare eines Portfolios wird durch arithmetische Mittelwertbildung eine Gesamtwertigkeit (Einfluss-Wertigkeit) bestimmt.

$$E_{II} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} E_{II,i} \qquad (5.4)$$

E_{II}: Einfluss-Wertigkeit
$E_{II,i}$: Einfluss-Einzelwertigkeit
n: Anzahl der Produktanforderungen

Besondere Bedeutung haben die Punkte im Portfolio (Bild 5.7), die sich im rechten oberen Bereich befinden. Liegt zum Beispiel bei einer bestimmten Produktanforderung eine hohe Technische Bedeutung vor und die Einflussgröße „Herstellbarkeit“ ist ebenfalls hoch (d. h. einfach herzustellen), ergibt sich hieraus eine hohe Einzelwertigkeit, also günstiger Einfluss auf den Produkterfolg aus technischer Sicht.

Die so gewonnenen Einfluss-Wertigkeiten ($E_{I...V}$) sind die wichtigen Kenngrößen (Indikatoren) zur weiteren Berechnung des Erfolgspotenzials.

5.3.3 Einfluss-Wertigkeit aus den Erfüllungsgraden der Kundenanforderungen

Eine weitere Einflussgröße (Einfluss-Wertigkeit) auf das Erfolgspotenzial, neben den Einfluss-Wertigkeiten ($E_{I...V}$), wird aus den Erfüllungsgraden der Kundenanforderungen bestimmt (siehe auch Kap. 5.1.1, Bild 5.1, Schritt 4). Die Höhen der Erfüllungsgrade sind Kennzahlen für die Erfüllung der Kundenanforderungen und müssen daher bei der Berechnung des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades berücksichtigt werden.

Vorgehensweise (Bild 5.8):

1. Multiplikation der Gewichtung der Kundenanforderung mit dem Erfüllungsgrad der Kundenanforderung.

2. Multiplikation der Gewichtung der Kundenanforderung mit dem Maximalwert des Erfüllungsgrades der Kundenanforderung. Damit Verbesserungspotenziale ausfindig gemacht werden können, werden die Einzelvergleichswerte mit den Maximalwerten verglichen.

3. Aus den Einzelprodukten Gewichtung x Erfüllungsgrad wird mit Hilfe der arithmetischen Mittelwertbildung ein Durchschnittswert ermittelt.

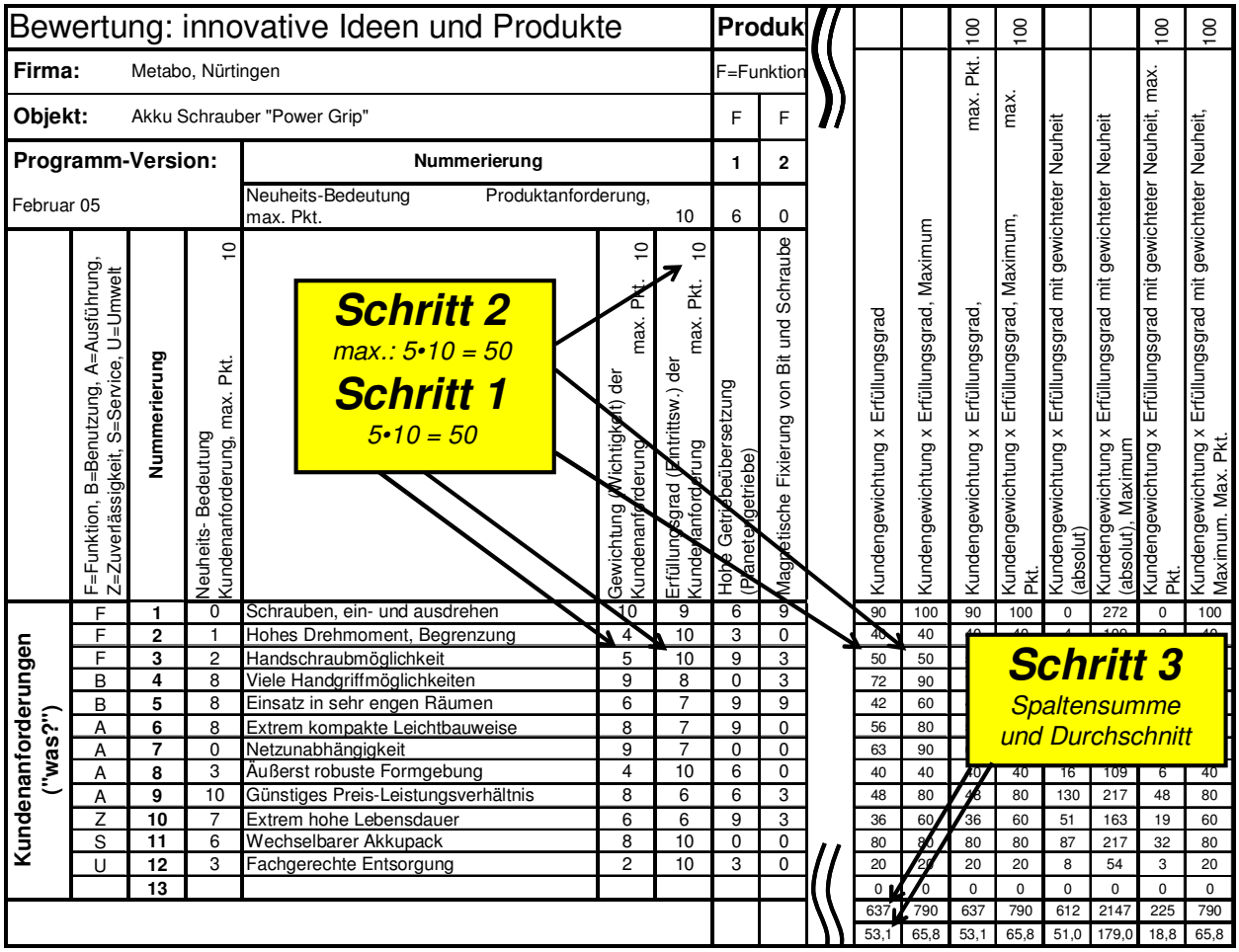


Bild 5.8: Berechnung der Einfluss-Wertigkeit E_{VI} aus den Erfüllungsgraden

Werden Kundenanforderungen mit hohen Gewichtungen besonders gut erfüllt, d. h. hohe Erfüllungsgrade, so ist dies sicherlich positiv für den Verkaufserfolg des Produkts. Deshalb ist es erforderlich, diese Verknüpfung in Form der Einfluss-Wertigkeit Erfüllungsgrad E_{VI} bei der Berechnung des Erfolgspotenzials zu berücksichtigen. Der Durchschnittswert (siehe Bild 5.8, Schritt 3) aus den Einzelprodukten Gewichtung x Erfüllungsgrad wird dabei als die Einfluss-Wertigkeit E_{VI} festgelegt.

5.3.4 Ermittlung des Erfolgspotenzials

Mit den Einfluss-Wertigkeiten, die aus den mathematischen Verknüpfungen der Technischen Bedeutung und den Einflussgrößen auf den Produkterfolg sowie aus den Erfüllungsgraden ermittelt wurden, wird nun eine Gesamtwertigkeit berechnet. Ergibt sich bei der Berechnung der Gesamtwertigkeit ein hoher Wert, bedeutet dies auf Grund der obigen Festlegungen, dass das Bewertungsobjekt mit großer Wahrscheinlichkeit auf dem Markt erfolgreich sein wird. Der Begriff Gesamtwertigkeit wird deshalb besser durch den Begriff Erfolgspotenzial ersetzt. Diese Festlegung erlaubt nun den schon in Kapitel 1 und 2 benutzten Begriff „Erfolgspotenzial“ auf der oben ausgeführten, mathematischen Grundlage zu definieren.

Definition Erfolgspotenzial:
Das Erfolgspotenzial eines Untersuchungsobjektes ergibt sich aus dem Mittelwert der Einfluss-Wertigkeiten der Einflussgrößen auf den Produkterfolg.

Das Erfolgspotenzial wird wie folgt berechnet:
Mittelwert der (eventuell gewichteten) Einfluss-Wertigkeiten der Einflussgrößen.

$$E_P = \frac{\sum_{e=I}^{VI} p_e \cdot E_e}{\sum_{e=I}^{VI} p_e} \qquad (5.5)$$

E_P: Erfolgspotenzial

p_I...p_{VI}: Gewichtungsfaktoren

E_I...E_V: Einfluss-Wertigkeiten der Einflussgrößen I bis V aus Marktvergleichs-Index, Herstellbarkeits-Index, Erfüllbarkeits-Index, Wirtschaftlichkeits-Index, Idealitäts-Index und Technischer Bedeutung

E_{VI}: Einfluss-Wertigkeit aufgrund der Erfüllungsgrade

e: Index für die Einflussgrößen I...VI

5.4 Berechnung des Innovationsgrades

5.4.1 Technische Bedeutung mit Neuheits-Bedeutung

Die zentrale Kenngröße einer Innovation ist die Neuheits-Bedeutung des Produkts. Erfasst wurde die Neuheits-Bedeutung durch einen geschätzten Wert für jede Kunden- und Produktanforderung. Wird für eine Produktanforderung, z. B. Bild 5.1, Nr. 1 „Hohe Getriebeübersetzung“ der Wert 6 bei einem Maximalwert von 10 für die Neuheits-Bedeutung eingegeben, dann sind 6/10 an dieser Produktanforderung Neuheit, oder der „Neuheits-Anteil“ an der Produktanforderung beträgt 60%.

Die Niveaus der Kreativität von Patenten werden von G. Altschuller in seiner nach ihm benannten TRIZ-Methode progressiv bewertet (siehe Kap. 2.1.1, Bild 2.3). Die Niveaus der Kreativität von innovativen Produktideen oder Produkten, Neuheitsausprägung oder „gewichtete Neuheit“ genannt, sollen in diesem Verfahren ebenfalls progressiv, d. h. mit einer e-Funktion berücksichtigt werden. Durch die progressive Bewertung wird die Neuheits-Bedeutung einer Innovation (inkremental, radikal, revolutionär; siehe Kap.2, Bild 2.5) in besonderem Maße berücksichtigt. Damit wird der Technischen Bedeutung mit Neuheit ein besonderes Gewicht verliehen. Je bedeutsamer eine Neuheit ist, umso stärker ist ihre Gewichtung.

Der Neuheits-Anteil an der Technischen Bedeutung wird wie folgt berechnet:

$$TB_{N,i,s} = TB_{i,s} \cdot \frac{p_{NB,i}}{p_{NB,max}} \cdot e^{q_{NB} \cdot p_{NB,i} / p_{NB,max}} \quad (5.6)$$

$TB_{i,s}$: Summand der Technischen Bedeutung

$TB_{N,i,s}$: Summand der Technischen Bedeutung mit Berücksichtigung der Neuheit

q_{NB}: Gewichtungsfaktor Neuheits-Bedeutung

$p_{NB,i}$: eingeschätzte Neuheits-Bedeutung

$p_{NB,max}$: maximale Neuheits-Bedeutung

Am Beispiel der Produktanforderung Nr. 1 (siehe Bild 5.10, Schritt 2) wird im Folgenden das Prinzip der Berechnung der Neuheit an der Technischen Bedeutung aufgezeigt.

Die Gewichtung einer Kundenanforderung ist 5, der Korrelationsfaktor 9, dies ergibt einen Summand der Technischen Bedeutung von $TB_{1,3} = 5 \cdot 9 = 45$ (siehe Vorgehensweise Berechnung Technische Bedeutung, Kap. 5.1.2 oder Bild 5.10, Schritt 2, Spalte 1, Zeile 3). Die Neuheits-Bedeutung ist $p_{NB,1} = 6$, der Maximalwert $p_{NB,max} = 10$, der Gewichtungsfaktor wird mit $q_{NB} = 1$ (Streckung oder Stauchungsfaktor) festgelegt.

Gemäß der progressiven Gewichtung der Neuheits-Bedeutung (Bild 5.9) wird der Summand der Technischen Bedeutung einer Produktanforderung mit Berücksichtigung der Neuheit wie folgt berechnet:

- für die Neuheits-Bedeutung $p_{NB,1} = 6$:
  $TB_{N,1,3} = 45 \cdot (6/10 \cdot e^{(1 \cdot 6/10)}) = 49,2$
- für die maximale Neuheits-Bedeutung $p_{NB,max} = 10$:
  $TB_{N,max,1,3} = 45 \cdot (10/10 \cdot e^{(1 \cdot 10/10)}) = 122,3$

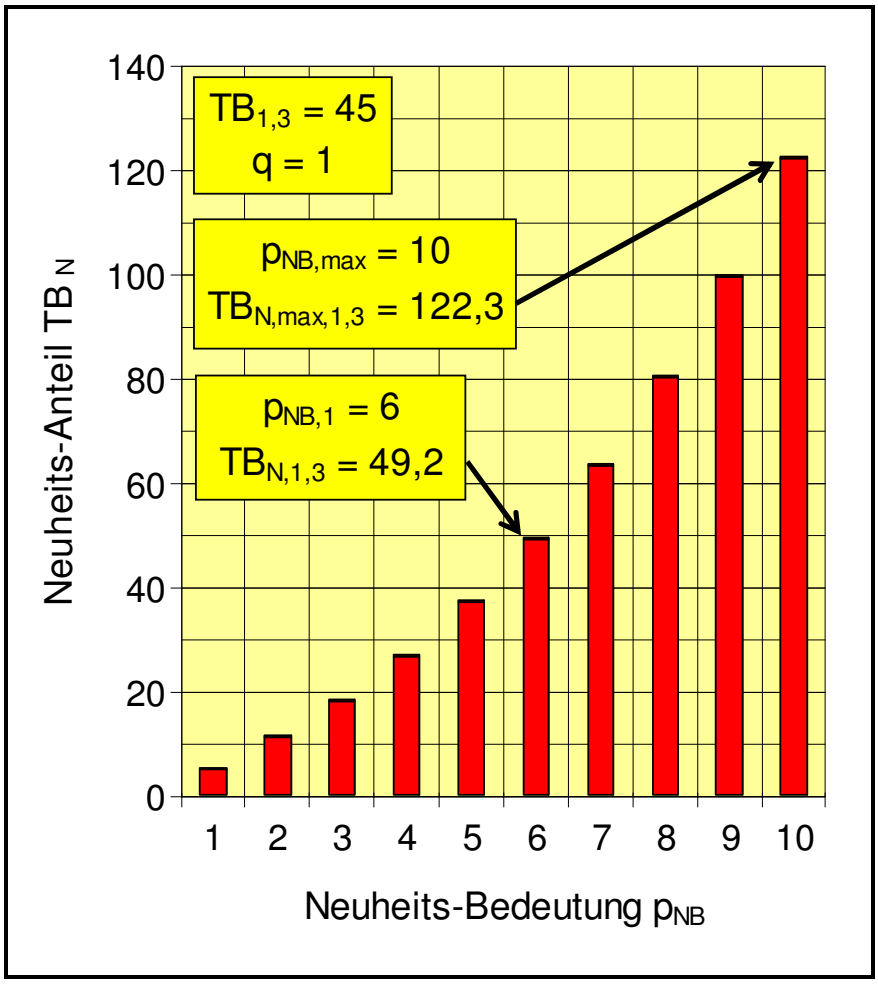


Bild 5.9: Beispiel für die progressive Gewichtung der Neuheits-Bedeutung

Die Neuheits-Berechnung wird im Allgemeinen nach folgenden Schritten ausgeführt:

1. Es wird die Neuheits-Bedeutung der Kundenanforderungen an jedem Summanden der Technischen Bedeutung (siehe Kap 5.1.2) berechnet. Danach werden die Einzelprodukte spaltenweise addiert. Dadurch erhält man die Technische Bedeutung mit Berücksichtigung der Kunden-Neuheit (siehe Bild 5.10, Spaltensumme 455).

2. Die Neuheits-Bedeutung der Produktanforderungen wird an jedem Summanden der Technischen Bedeutung (siehe Kap 5.1.2) berechnet und ebenso wie unter 1. die Einzelprodukte spaltenweise addiert. Daraus ergibt sich die Technische Bedeutung mit Berücksichtigung der Produkt-Neuheit (siehe Bild 5.10, Spaltensumme 410).

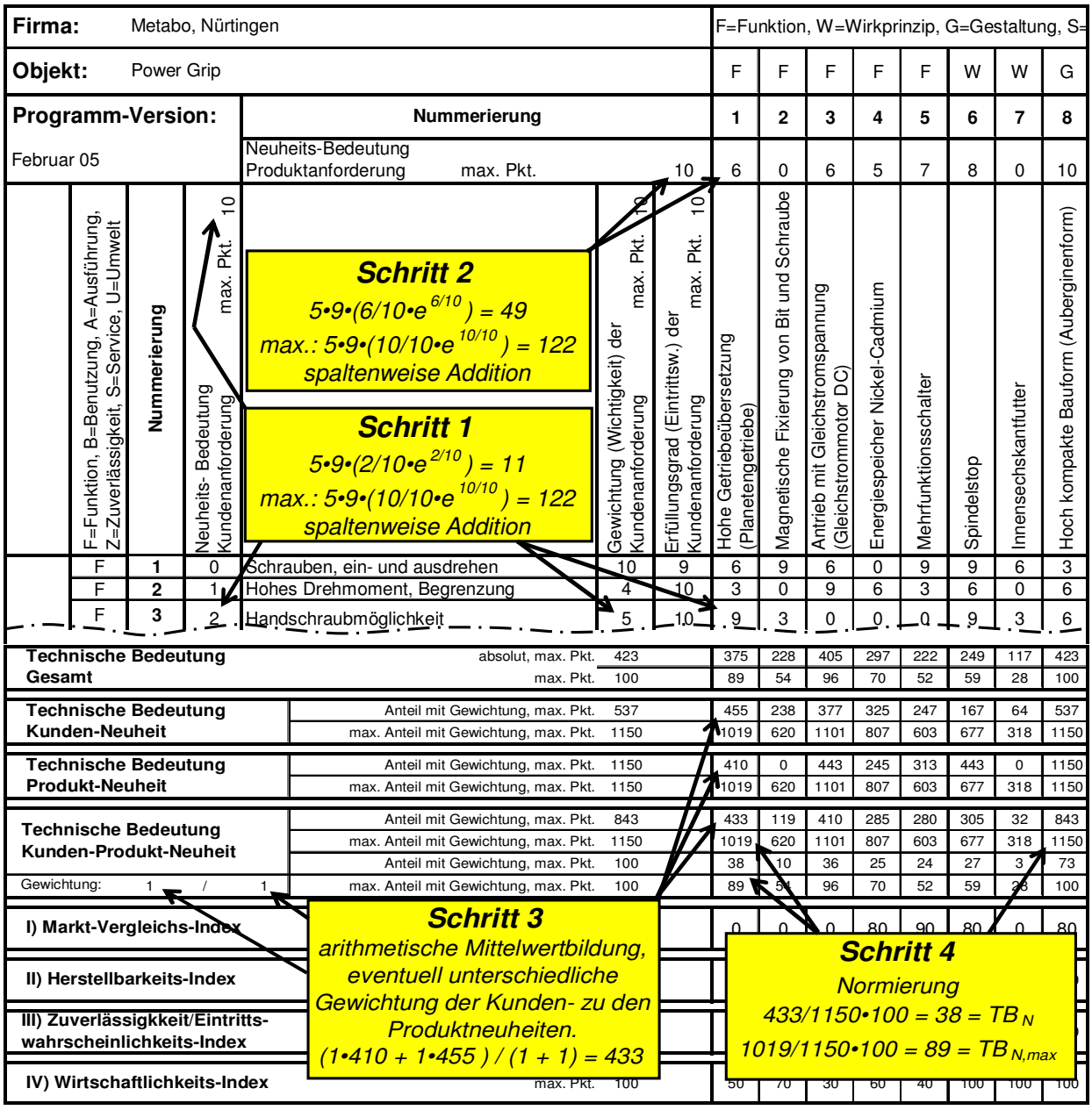


Bild 5.10: Ermittlung der Technischen Bedeutung mit gewichteter Neuheit

3. Aus diesen Ergebnissen wird schließlich eine „Gesamtneuheit“ (Technische Bedeutung mit Kunden- und Produkt-Neuheit) berechnet (siehe Bild 5.10, arithmetischer Mittelwert 433 aus den Spaltensummen 455 und 410). Die Neuheit von Kundenanforderungen wird vom Kunden i. A. stärker wahrgenommen als die Neuheit der Produktanforderungen. Es liegt deshalb nahe, bei der Bestimmung der Gesamtneuheit durch arithmetische Mittelwertbildung beide Teile unterschiedlich zu gewichten. Für die in der Arbeit zugrunde gelegten Beispiele wurde keine Gewichtung vorgenommen.

4. In einem weiteren Schritt ist es zweckmäßig, die absolut errechneten Werte relativ zu einem Maximalwert z. B. in % auszugeben. In dem dargestellten Beispiel beträgt die maximal auftretende Technische Bedeutung mit Kunden- und Produkt-Neuheit 1150 und wird gleich 100 % gesetzt (Produktanforderung Nr. 8, Bild 5.10). Die Technische Bedeutung mit Neuheit der Produktanforderung Nr. 1 ist 433, dies sind 38 % von 1150; der Maximalwert von Nr. 1 ist 1019, dies sind 89% von 1150.

Der Maximalwert der Neuheit an einer Technischen Bedeutung (d. h. 100 % Neuheit, wenn für $p_{NB,i} = p_{NB,max} = 10$ gesetzt wird) entspricht dem Wert der Technischen Bedeutung ohne Neuheit. Dieser Sachverhalt ist auch in Bild 5.10 ersichtlich. Die Zeile 2 der Technischen Bedeutung (auf 100 % bezogen) ist daher identisch mit der letzten Zeile der Maximalwerte der Technischen Bedeutung mit Neuheit. Daraus folgt, dass die Neuheit an der Technischen Bedeutung $TB_{N,1}/TB_{N,max,1} = 38/89 = 0{,}427$ oder 42,7 % beträgt (siehe Bild 5.10, Produktanforderung Nr. 1). Dieser Wert kann auch als „Neuheits-Anteil“ an der Technischen Bedeutung interpretiert werden (siehe Bild 5.11).

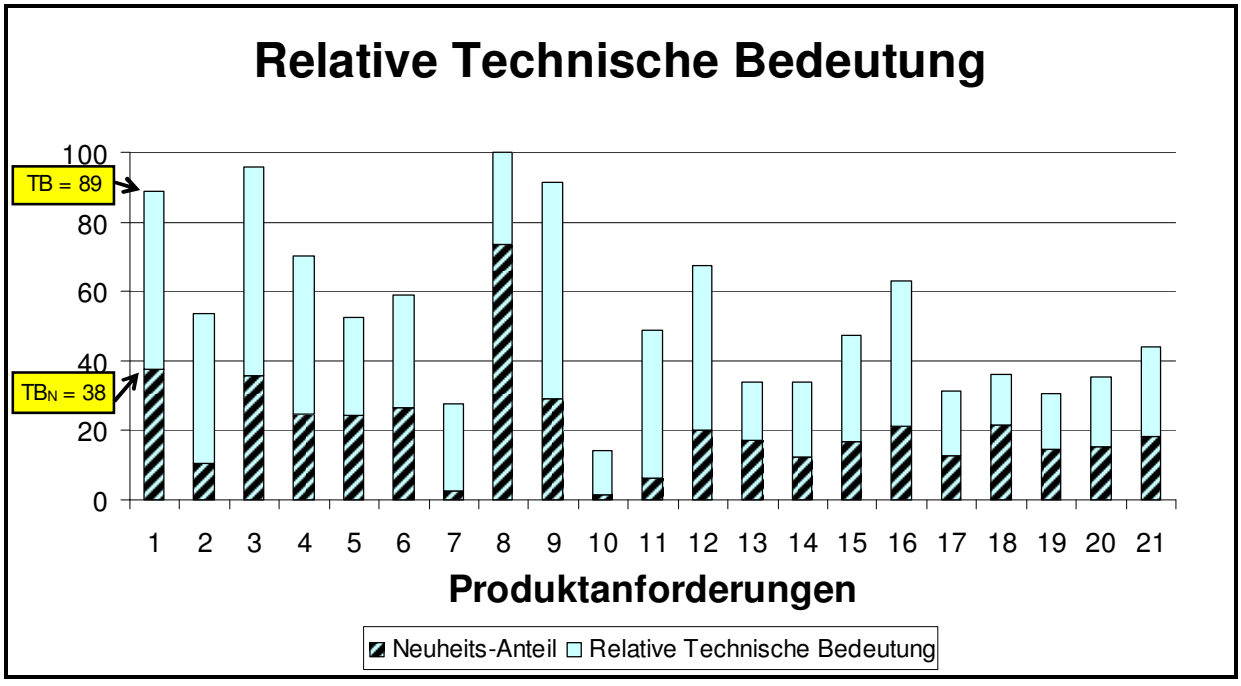


Bild 5.11: Neuheits-Anteil an der relativen Technischen Bedeutung der Produktanforderungen

Die berechneten „Neuheits-Anteile“ an den relativen Technischen Bedeutungen der einzelnen Produktanforderungen (siehe Beispiel für Produktanforderung Nr. 1: 42,7 %) bilden die Grundlage zur weiteren Berechnung des Innovationsgrades.

5.4.2 Einfluss-Wertigkeit der Erfüllungsgrade mit Neuheits-Bedeutung

Eine weitere Einfluss-Wertigkeit auf den Innovationsgrad, neben den Einfluss-Wertigkeiten ($E_{I...V}$), wird aus den Erfüllungsgraden der Kundenanforderungen mit Berücksichtigung der Neuheits-Bedeutung bestimmt (siehe Kap. 5.1.1, Bild 5.1, Schritt 4). Dabei wird in gleicher Weise verfahren wie bei der Bestimmung der Einfluss-Wertigkeit der Erfüllungsgrade ohne Neuheit (Kap. 5.3.3).

Vorgehensweise (Bild 5.12):

1. Die Berücksichtigung der Neuheits-Bedeutung an den Erfüllungsgraden der Kundenanforderungen wird ebenfalls exponential bestimmt, d. h. es wird wie bei der Berechnung des Neuheits-Anteils an der Technischen Bedeutung verfahren (siehe Kap. 5.4.1).

2. Bestimmung der Maximalwerte der Neuheits-Bedeutung an den Erfüllungsgraden als Vergleichsgröße.

3. Aus den Einzelprodukten Gewichtung x Erfüllungsgrad unter Berücksichtigung der Neuheits-Bedeutung wird mit Hilfe der arithmetischen Mittelwertbildung ein Durchschnittswert ermittelt.

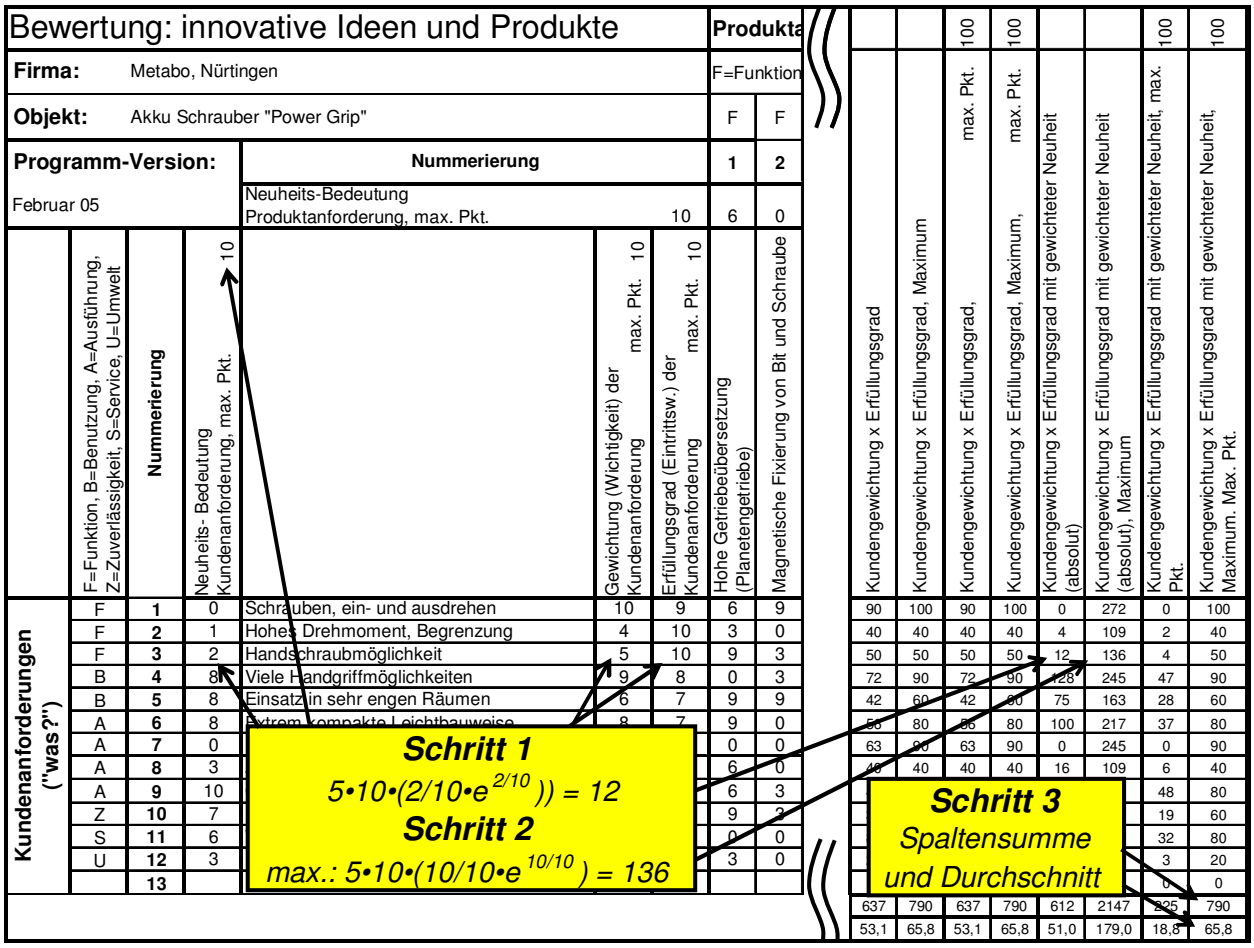


Bild 5.12: Berechnung der Einfluss-Wertigkeit E_{VI} aus den Erfüllungsgraden mit Berücksichtigung der Neuheits-Bedeutung

Hohe Erfüllungsgrade der Kundenwünsche mit Berücksichtigung der Neuheits-Bedeutung haben einen hohen Einfluss auf den Innovationsgrad, da Neuheit der Kundenwünsche vom Kunden besonders wahrgenommen werden. Deshalb ist es erforderlich, den Neuheits-Anteil an der Einfluss-Wertigkeit Erfüllungsgrad E_{VI} (Kap. 5.3.3) bei der Berechnung des Innovationsgrades zu berücksichtigen. Der Durchschnittswert (siehe Bild 5.12, Schritt 3) aus den Neuheits-Anteilen der Einzelprodukte Gewichtung x Erfüllungsgrad wird dabei als die Einfluss-Wertigkeit mit Berücksichtigung der Neuheit I_{VI} festgelegt.

5.4.3 Ermittlung des Innovationsgrades

Von der Berechnung des Neuheits-Anteils an der Technischen Bedeutung führt nun der weitere Berechnungsgang hin zur Berechnung des „Neuheits-Anteils am Erfolgspotenzial“. Dies kann auch als „Neuheitspotenzial“ oder besser als „Innovationsgrad“ bezeichnet werden, da alle innovativen Kenngrößen in dieser Berechnung berücksichtigt sind.

Definition Innovationsgrad:
Der Innovationsgrad einer innovativen Idee oder eines Produkts ist der Neuheits-Anteil am Erfolgspotenzial.

Die Bestimmung der Einzelgrößen des Innovationsgrades, der Einfluss-Wertigkeiten unter Berücksichtigung der Neuheit soll zunächst an einem Beispiel dargestellt werden:

Die Produktanforderung Nr. 1 besitzt eine relative Technische Bedeutung von $TB_1 = 89$ (siehe Bild 5.3) und einen Herstellbarkeits-Index von 80 (Bild 5.1). Dem Zahlenpaar (Bild 5.7) wurde durch arithmetische Mittelwertbildung eine Einzelwertigkeit von $E_{II,1} = (89 + 80)/2 = 84{,}5$ zugewiesen. Für die Technische Bedeutung von $TB_1 = 89$ wurde eine Technische Bedeutung mit Berücksichtigung der Neuheit von $TB_{N,1} = 38$ (nach Bild 5.10) errechnet. Daraus ergibt sich eine Einzelwertigkeit mit Neuheit von $I_{II,1} = (38/89) \cdot 84{,}5 = 36$. Diese Berechnung muss für jede Einzelwertigkeit der Produktanforderungen erfolgen, aus denen dann die Einfluss-Wertigkeiten mit Neuheit bestimmt werden.

Im Folgenden wird der allgemeine Berechnungsgang zur Bestimmung der Einfluss-Wertigkeiten mit Neuheit dargestellt:

- Es werden aus den Einzelwertigkeiten der Einzeleinflüsse (siehe Kap. 5.3.2, Bild 5.7) die Neuheits-Anteile bestimmt. Dies geschieht mit Hilfe der Neuheits-Anteile an der Technischen Bedeutung.

$$I_{e,i} = s_i \cdot E_{e,i} \tag{5.7}$$

mit

$$s_i = \frac{TB_{N,i}}{TB_i} \tag{5.8}$$

$E_{e,i}$: Einzelwertigkeiten aus den Verknüpfungen (Portfolios) der Technischen Bedeutung und der Einflussgrößen I...V (siehe Bild 5.7)

s_i: Neuheitsfaktor

$I_{e,i}$: Einzelwertigkeiten mit Berücksichtigung der Neuheit

TB_i: Technische Bedeutung

$TB_{N,i}$: Technische Bedeutung mit Berücksichtigung der Neuheit

e: Index für die Einflussgrößen I...V

n: Anzahl der Produktanforderungen

- Aus den Einzelwertigkeiten $I_{e,i}$ werden die Einfluss-Wertigkeiten I_e errechnet:

$$I_e = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} I_{e,i} \tag{5.9}$$

I_e: Einfluss-Wertigkeiten der Einflussgrößen I bis V mit Berücksichtigung der Neuheit

Der Innovationsgrad ergibt sich dann wie folgt:
Mittelwert der (eventuell gewichteten) Einfluss-Wertigkeiten der Einflussgrößen mit Berücksichtigung der Neuheit:

$$I_G = \frac{\sum_{e=I}^{VI} q_e \cdot I_e}{\sum_{e=I}^{VI} q_e} \tag{5.10}$$

I_G: Innovationsgrad

$q_I...q_{VI}$: Gewichtungsfaktoren

$I_I...I_V$: Einfluss-Wertigkeiten der Einflussgrößen I bis V aus Marktvergleichs-Index, Herstellbarkeits-Index, Erfüllbarkeits-Index, Wirt-

schaftlichkeits-Index, Idealitäts-Index und der Technischen Bedeutung mit Berücksichtigung der Neuheit

I_{VI}: Einfluss-Wertigkeit der Erfüllungsgrade mit Berücksichtigung der Neuheit

5.5 Maximalwerte des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades

Zur Berechnung der „theoretisch“ möglichen Maximalwerte des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades werden für die Erfüllungsgrade der Kundenanforderungen die jeweils maximal möglichen Werte zugrunde gelegt, z. B. 10 Punkte (siehe Kap 5.1.1, Bild 5.1, Schritt 4) sowie 100 Punkte für die einzelnen Einflussgrößen I bis V (siehe Kap 5.2, Bild 5.1). Anschaulich bedeutet dies:

- vollständige und risikolose Realisierbarkeit der Produktanforderungen in Bezug auf Herstellbarkeit, Funktionserfüllung, Idealität der Lösung usw.
- vollständige Erfüllbarkeit aller Kundenwünsche.

Das Verhältnis des berechneten, tatsächlichen Erfolgspotenzials zu diesem neu berechneten Maximalwert des Erfolgpotenzials gibt dann Aufschluss über die Wertigkeit des Untersuchungsobjekts, auch wenn keine Vergleichsobjekte, z. B. Wettbewerbsprodukte, vorhanden sind. Dasselbe gilt natürlich auch für den Innovationsgrad. In manchen Fällen ist es auch ausreichend zu wissen, in welchem Bereich ein Erfolgspotenzial oder Innovationsgrad angesiedelt ist, d. h. im oberen, mittleren oder unteren Feld.

Bild 5.13 zeigt zusammenfassend in einer schematischen Darstellung die Bewertungsschritte des neuen Bewertungsverfahrens. Die Symbolik des Pfeils im Ablauf soll zum Ausdruck bringen, dass zunächst das Erfolgspotenzial berechnet wird (vollständiger Pfeil) und daraus mit Berücksichtigung des Neuheits-Anteils (schraffierter Teil des Pfeils) der Innovationsgrad ermittelt wird.

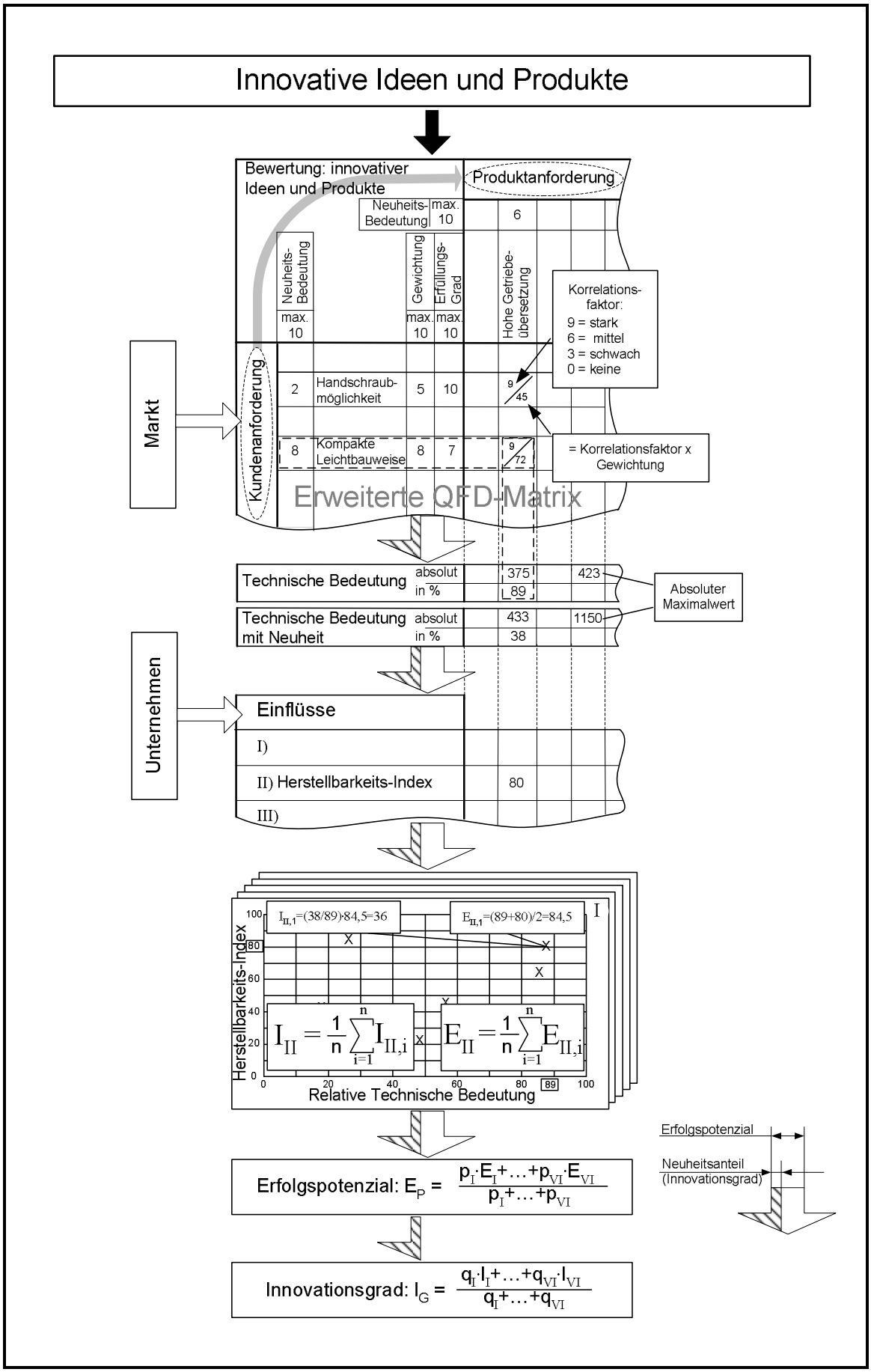


Bild 5.13: Bewertungsalgorithmus: Bewertung innovativer Ideen und Produkte

5.6 Überlegungen zu den Einfluss-Wertigkeiten

Die Gewichtungen (siehe Gewichtungsfaktoren p_I...p_{VI} und q_I...q_{VI}) der Einflussgrößen (siehe Einflussgröße E_I...E_{IV} und I_I...I_{VI}) sind von vielerlei Kriterien abhängig, die das Bewertungsteam festzulegen hat. Einige allgemeingültige Kriterien können für die Einflussgrößen aufgestellt werden. Jedoch müssen diese Kriterien immer wieder von neuem für jedes Produkt überdacht werden. Sie sind von den veränderlichen Größen des Marktes und der allgemeinen Wirtschaftslage, von Konkurrenzdruck und Unternehmensstrategien, Art des Objektes, Konsum- oder Investitionsgut u. v. m. abhängig. Diese Überlegungen bedürfen der Überprüfung durch zahlreiche Praxisbeispiele.

- Gewichtungskriterien zu Marktvergleichs-Index (zu Gewichtungsfaktoren p_I, q_I und Einflussgröße E_I, I_I):

  Die technisch-naturwissenschaftliche Leistungsfähigkeit gegenüber den auf dem Markt befindlichen Produkten wird durch diesen Marktvergleichs-Index ausgedrückt. Die Zielgrößen des Objektes dürfen bei einer Neueinführung nicht unter den Zielgrößen der Konkurrenzprodukte liegen, um am Markt attraktiv zu sein. Bei der Festlegung des Gewichtungsfaktors muss hier vor allem der Aspekt erweiterter Kundennutzen insbesondere bei Konsumgütern berücksichtigt werden, da Leistungsfähigkeit häufig augenfällig ist und vom Kunden schnell erkannt wird.

- Gewichtungskriterien zu Herstellbarkeits-Index (zu Gewichtungsfaktoren p_{II}, q_{II} und Einflussgröße E_{II}, I_{II}):

  Der Herstellungs-Reifegrad wird durch den Herstellbarkeits-Index ausgedrückt. Bei technisch schwierig zu realisierenden Produktanforderungen steigt das Versagensrisiko, das jedoch gezielt durch den Einsatz präventiver Qualitätssicherungsmethoden minimiert werden kann. Bei Investitionsgütern ist die dauerhafte Einsatzfähigkeit bei geringem Ausfallrisiko bedeutungsvoller anzusehen und stärker zu gewichten als bei Konsumgütern.

- Gewichtungskriterien zu Erfüllbarkeits-Index (zu Gewichtungsfaktoren p_{III}, q_{III} und Einflussgröße E_{III}, I_{III}):

  Mit welcher Sicherheit Produktanforderungen erfüllt werden können, ist bei einigen Produkten auch davon abhängig, wie groß die Empfindlichkeit gegen störende Einflussgrößen ist. Die Robustheit ist ein Maß für den Zuverlässigkeits-Reifegrad und spielt bei besonderen Produkten (z. B. Sensortechnik oder Baugruppen der Sicherheitstechnik) eine bedeutende Rolle.

- Gewichtungskriterien für Wirtschaftlichkeits-Index (zu Gewichtungsfaktoren p_{IV}, q_{IV} und Einflussgrößen E_{IV}, I_{IV}):

  Der Wirtschaftlichkeits-Index berücksichtigt in der Bewertung Wirtschaftlichkeitsaspekte, auf die bei der Realisierung der Produktanforderungen zu achten ist. Manche Produkte dienen lediglich der Strategie, auf dem Markt präsent zu sein und zur Abrundung einer Produktpalette, ohne dass mit diesen Produkten in großem Maße Gewinn erzielt werden kann. Dies sind markt- und unternehmensspezifische Gesichtspunkte, die auch im Zusammenhang mit den Möglichkeiten eines Unternehmens gesehen werden müssen, ob zur Produktrealisierung viel Fremdhilfe notwendig ist oder das Produkt mit eigenen Mitteln und Know-how realisiert werden kann.

- Gewichtungskriterien für Idealitäts-Index (zu Gewichtungsfaktoren p_V, q_V und Einflussgröße E_V, I_V):

  Der Weg zur idealen Lösung kann einfach durch naturwissenschaftliche Gegebenheiten begrenzt sein. In vielen Fällen sind zur Erfüllung einer Funktion zusätzliche Hilfsfunktionen notwendig, die Ressourcen verbrauchen. In der Konstruktion gibt es jedoch eine große Anzahl von Prinzipien der Konstruktionssystematik, die Wege in Richtung idealer Lösung aufzeigen. Häufig ist der Idealitäts-Index ein Indikator für die Ingenieurleistung und kann in der Regel nur von Experten als solcher bei einer Gewichtung entsprechend identifiziert werden.

- Gewichtungskriterien für Einfluss der Erfüllungsgrade (zu Gewichtungsfaktoren p_{VI}, q_{VI} und Einflussgröße E_{VI}, I_{VI}):

  Die Kundenerfüllungsgrade sind zunächst Indikatoren, mit denen die eigene Leistungsfähigkeit gegenüber einem Konkurrenzprodukt festgestellt wird. Sie zeigen somit auch Verbesserungen und Optimierungen gegenüber den auf dem Markt befindlichen Produkten auf. Die Erfüllungsgrade beziehen sich nur auf die Kundenanforderungen.

  In der Konsumgüterindustrie finden die individuellen Kundenbedürfnisse, d. h. Trends und Modeerscheinungen der Zeitepoche, ihre deutliche Ausprägung. Der Gesamteinfluss der Erfüllungsgrade auf die Ermittlung des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades ist bei Konsumgütern eher geringer einzustufen, da bei Konsumgütern das „Design“ sehr im Vordergrund steht /WARNECKEHJ03-1/. Manche neue Produkte werden vom Konsumenten als innovativ eingestuft, obwohl der Unterschiedlichkeitsgrad und die Neuheits-Bedeutung gegenüber dem Vorgängermodell nur als geringfügige Design- und Qualitätsänderung identifiziert wird (siehe Mobiltelefon) und selten eine tatsächliche Neuerung beinhaltet.

  Dagegen ist eine hohe Gewichtung des Gesamteinflusses der Erfüllungsgrade bei Investitionsgütern vorzunehmen. Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer werden mit den Erfüllungsgraden bei Investitionsgütern assoziiert und nehmen dort eine deutliche, wenn nicht gar exponierte Stellung ein.

- Gewichtungskriterien für den Einfluss der Neuheits-Bedeutung (siehe unterschiedliche Gewichtungsmöglichkeit zwischen Kunden- und Produktneuheit):

  Neuheiten auf der Seite der Kundenanforderungen werden im Gegensatz zu Neuheiten der Produktanforderungen vom Kunden stärker wahrgenommen. Die Verknüpfung der Neuheit mit der Technischen Bedeutung der Produktanforderungen wird vom Kunden besonders intensiv wahrgenom-

men: hohe Technische Bedeutung mit hohem Neuheitsanteil beinhaltet die Wichtigkeit und Bedeutung der Kundenwünsche, wobei die Neuheit maßgeblich mit verantwortlich ist. In den Augen des Kunden „hilft“ ein hoher Neuheitsanteil bei der Erfüllung der Kundenwünsche und trägt damit zu einem hohen Kundennutzen bei.

Design- und Qualitätsänderungen werden in der Konsumgüterindustrie häufig dazu angewandt, etwas „Neues“ hervorzubringen und damit zum Kauf zu animieren, diesbezüglich gibt es auch fast unbegrenzte Möglichkeiten (Bsp. neues futuristisches Gehäuse). In ihrer qualitativen Bedeutung hoch einzustufende Neuerungen sind eher selten und setzten sich bei Konsumgütern teilweise auch nur langsam durch.

Design- und Qualitätsänderungen bei Investitionsgütern haben andere als die für Konsumgüter geschilderten Ausprägungen. Neuerungen bei Investitionsgütern spielen eine wesentlich bedeutendere Rolle. In der computergesteuerten Werkzeugmaschinenbranche ist die Schnelligkeit von großer Bedeutung z. B. bei der Bewegung von Maschineneinheiten oder Werkzeugschlitten. Mit der Einführung neuer leichtgängiger Rollenführungen, die wegen geringer Reibung und Verschleiß hohe Beschleunigungen ermöglichen, ergaben sich beträchtliche Kosten- und Zeiteinsparungen. Die Einsparungen in den Zerspanungsfertigungsprozessen sind in den letzten Jahrzehnten durch Produktinnovationen beträchtlich gestiegen, nicht zuletzt auch durch die Möglichkeit, infolge des Einsatzes neuer Schneidwerkstoffe und –methoden die Zerspanungsleistungen mit hohen Schnittgeschwindigkeiten zu steigern.

Bei Investitionsgütern ist eine höhere Gewichtung des Neuheitsaspektes als bei Konsumgütern auf dem Hintergrund der vorherigen Ausführungen in vielen Fällen denkbar.

6 Praktische Erprobung in Pilotprojekten

Der theoretische Bewertungsalgorithmus wurden in Pilotprojekten erprobt und einer kritischen Überprüfung unterzogen. Dies geschah einerseits mit bereits auf dem Markt befindlichen Produktinnovationen, andererseits mit innovativen Produktideen aus der Entwicklungs- und Entwurfsphase. Die zur Berechnung notwendigen Informationen und Angaben haben dankenswerterweise die Mitarbeiter der beteiligten Firmen beigesteuert, außerdem konnten einige Informationen den Firmenprospekten entnommen werden.

Die Bewertung erfolgte auf der Grundlage sämtlicher in den vorherigen Kapiteln beschriebener Verfahren der mathematischen Mittelwertbildungen: arithmetisch, geometrisch, harmonisch, quadratisch.

Für die Evaluierung in den Pilotprojekten wurden folgende Festlegungen getroffen, die bei einer Analyse und Interpretation der Berechnungsergebnisse zu beachten sind:

- Streckungs- und Stauchungsfaktoren (siehe Kap. 5.3.1): $g_u = 1$, $g_v = 1$,
- Gewichtungsfaktor Neuheits-Bedeutung (siehe Kap. 5.4.1): $q_{NB} = 1$,
- Gewichtungsfaktoren Einflussgrößen p_I...p_{VI} für die Berechnung des Erfolgspotenzials (siehe Kap. 5.3.4): $p_I = \ldots = p_{VI} = 1$,
- Gewichtungsfaktoren Einflussgrößen q_I...q_{VI} für die Berechnung des Innovationsgrades (siehe Kap. 5.4.3): $q_I = \ldots = q_{VI} = 1$.

Für die Berechnung des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades ist ein besonderes Augenmerk auf die nach arithmetischer Mittelwertbildung errechneten Ergebnisse wegen ihres ausgleichenden Charakters zu richten.

Nach der praktischen Erprobung werden notwendige Maßnahmen aufgezeigt, um eventuelle Angleichungen des theoretischen Bewertungsalgorithmus an reale Verhältnisse der Anwendungspraxis aufzeigen zu können. Schließlich werden

daraus Rückschlüsse auf die Grenzen der Anwendbarkeit sowie der Effektivität und Effizienz des Verfahrens abgeleitet.

6.1 Die Pilotprojekte

6.1.1 Projekt A: Akku-Schrauber „Power-Grip“, Firma Metabo, Nürtingen

Professionelle Handwerker, aber auch Hobbybastler und Heimwerker, profitieren von der Vielseitigkeit moderner Akkugeräte. Die Netzunabhängigkeit ist dabei besonders für die zahlreichen kleineren Arbeiten wie das Bohren kleinerer Bohrungen, Verschrauben mit Rechts- und Linkslauf u. v. m hervorzuheben.

Manche Geräte sind jedoch für Arbeiten an schwer zugänglichen Stellen, über Kopf und für ermüdungsfreies Arbeiten oft zu groß, zu schwer und unhandlich. Vor einiger Zeit hat die Fa. Metabo ein Gerät auf den Markt gebracht, den Akku-Schrauber „Power-Grip“, das auf den ersten Blick durch sein Äußeres besticht (Bild 6.1).

Bild 6.1: Akku-Schrauber „Power-Grip“ der Fa. Metabo

Dieses Gerät besitzt einige Vorzüge gegenüber herkömmlichen Geräten, wobei besonders nachfolgende hervorzuheben sind:

- geringes Gewicht für ermüdungsfreies Arbeiten bei großer Akku-Leistung,
- ergonomische Form für variable Handhabung: Links- /Rechtshänder, Über-Kopf-Arbeiten, schwer zugängliche Stellen.

Tabelle 6.1 zeigt die Bewertungsergebnisse, die auf der Grundlage von Firmenangaben bestimmt wurden.

Potenzialberechnung			**IST**	**MAX.**	**IST in % von MAX.**
Erfolgspotenzial		**arith.**	**61,4**	**75,0**	**81,9**
	Abwertung	geom.	56,7	70,4	80,4
		harm.	54,4	66,6	81,7
		quadr.	56,5	67,0	84,4
	Aufwertung	geom.	70,9	94,1	75,3
		harm.	72,6	94,3	77,0
		quadr.	64,6	78,9	81,8
Innovationsgrad		**arith.**	**23,4**	**75,0**	**31,2**
	Abwertung	geom.	21,8	70,4	31,0
		harm.	21,0	66,6	31,5
		quadr.	21,7	67,0	32,4
	Aufwertung	geom.	26,8	94,1	28,5
		harm.	27,5	94,3	29,2
		quadr.	24,5	78,9	31,1

Tabelle 6.1: Potenziale Projekt A: Akkuschrauber „Power-Grip“, Firma Metabo; Ausführliche Bewertungsmatrix siehe Anhang (Tab. A2.1)

Interpretation der Ergebnisse:

- Das Produkt befindet sich auf dem Markt. Das Erfolgspotenzial, das sich auch in den hohen Verkaufszahlen widerspiegelt, entspricht den Erwartungen der Produktmanager.
- Der Innovationsgrad liegt bei 31,2%. Laut Firmenauskunft wurde das Produkt bei der Markteinführung als „sehr innovativ“ empfunden.
- Bei genauer Durchsicht der Kunden- und Produktanforderungen sind jedoch keine echten Neuerungen erkennbar, wenn man von der Auberginenform absieht. Es handelt sich um die grundlegende Erneuerung eines bestehenden Systems. Die Form (Auberginenform), das Design und der Mehrfunktionsschalter sind die neuen Elemente, die aber keine bedeutenden, naturwissenschaftlich-technischen Neuerungen darstellen.

6.1.2 Projekt B: Schneefräse, Firma X

In Nordamerika und auch besonders im asiatischen Raum sind Kleinschneefräsen weit verbreitet, dementsprechend gibt es auch einige Hersteller solcher fahrbarer Schneeräumgeräte. Die Schneefräsen unterscheiden sich dabei stark durch Motorleistung, Gewicht, Einsatzbereich usw. Trotz dieser Vielfältigkeit funktionieren die meisten nach nur zwei Prinzipien:

- einstufig: bei den einstufigen Geräten wird der Schnee mittels der schnelllaufenden Fräse (Rotor) direkt durch einen schwenkbaren Kamin geschleudert. Der Wirkungsgrad einstufiger Geräte ist relativ hoch.
- zweistufig: die zweistufigen Geräte werden meist mit einer höheren Motor- und damit auch Fräsleistung ausgestattet. Dies ermöglicht die Verarbeitung großer Schneemengen, die deshalb zunächst mittels einer langsam laufenden Schnecke aufgenommen werden müssen. Durch ein zusätzliches, hochtouriges Gebläserad wird der Schnee in einer zweiten Stufe durch den Kamin weggeschleudert.

Alle auf dem Markt befindlichen Geräte sind fahrbar, teilweise mit Fahrantrieb versehen. Die Motorleistungen sind, bis auf ein Gerät mit 1,5 KW, alle größer als 2,2 KW. Die Masse des leichtesten Gerätes beträgt 17 kg. Tragbare Geräte oder so genannte Multifunktionsgeräte, d. h. solche mit abnehmbarem Motor, der dann zum Antrieb mehrerer Arbeitsgeräte verwendbar ist, gibt es momentan noch nicht auf dem Markt.

Die Firma X stellt seit längerem Kombisysteme mit verbrennungsmotorisch betriebenem Multimotor von 0,8 KW und verschiedenen Anbauten wie z. B. Bodenfräse, Rasenlüfter, Moosentferner und Kehrwalze her. Als weiteres Anbaugerät plant die Firma eine Schneefräse zu entwickeln, der aufgrund des niedrigen Preises im Vergleich zu konventionellen Schneefräsen und dem vorhandenen Marktpotenzial gute Chancen eingeräumt werden. Jedoch erfordert die relativ geringe Motorleistung und das Fehlen von Vorbildern als kleines, tragbares Kombigerät eine Neukonzeption. Das geplante Gerät muss zusammen mit dem

Multimotor tragbar sein, was ein sehr geringes Gewicht voraussetzt. Außerdem muss die Sicherheit und Lebensdauer als Handgerät gewährleistet sein.

Nach der Marktanalyse und der Funktionsanalyse einiger vorhandener fahrbarer Schneefräsen wurde ein Lasten- und Pflichtenheft erstellt. Auf dieser Basis liegt ein Entwurf vor (siehe Bild 6.2), dessen Erfolgspotenzial und Innovationsgrad bestimmt werden soll.

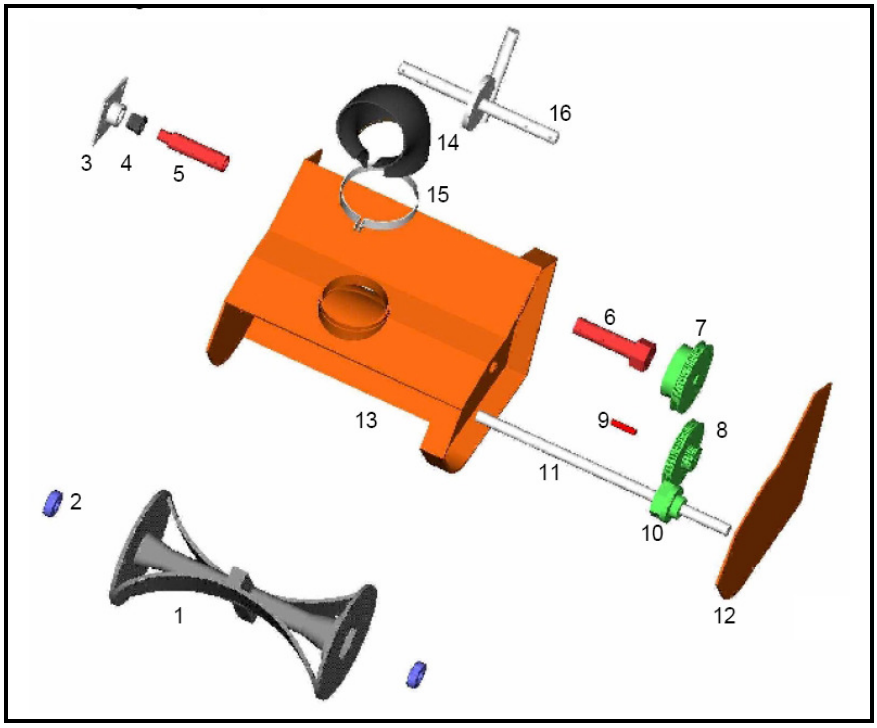


Bild 6.2: Explosionszeichnung des Anbaus

Bild 6.2 zeigt die Explosionszeichnung des Schneefräsenanbaus. Der Motor wird mit dem Schneckengetriebe 16 verbunden. Der Adapter 6 wird an einer Seite mit dem Schneckengetriebe 16 formschlüssig verbunden, an der anderen Seite mit der Riemenscheibe 7 gekoppelt. Eine zweistufige Übersetzung erfolgt durch zwei Riemengetriebe, die aus den Rädern 7, 8, 10 und einem Riemen bestehen, wobei sich die Riemenscheibe 8 um einen Bolzen 9 dreht. Die Kraftübertragung von der Riemenscheibe 10 an den Rotor 1 ergibt sich durch eine formschlüssige Verbindung. Durch die Form des Rotors wird der Schnee von den äußeren Seiten zu dem in der Mitte befindlichen Kamin transportiert. Rotor 1 wird mit Lager 2 seitlich auf der Welle 11 gelagert. Die Achse 11 wird seitlich am Gehäuse 13 und am linken Deckel 12 befestigt. Der Kamin 14 wird mit Hilfe

der Klemmschelle 15 auf dem Gehäuse 13 drehbar installiert. Der Schnee wird zuerst vom Boden aufgenommen und anschließend in die Mitte des Rotors gefördert. Durch die Fliehkraft wird der Schnee durch den Kamin ausgeworfen, wobei der drehbare Kamin eine Änderung der Förderrichtung um ca. 180° ermöglicht.

Die Grundlage der Berechnung ist die oben beschriebene Lösungsvariante, die Bewertungsergebnisse zeigt Tabelle 6.2. Die Eingabewerte für die Berechnung wurden in mehreren Gesprächen mit den am Projekt involvierten Personen der Firma festgelegt.

Potenzialberechnung			**IST**	**MAX.**	**IST in % von MAX.**
Erfolgs-potenzial		**arith.**	**55,5**	**74,1**	**75,0**
	Abwertung	geom.	52,8	69,1	76,4
		harm.	50,4	64,8	77,8
		quadr.	51,9	65,5	79,2
	Aufwertung	geom.	62,7	94,6	66,2
		harm.	64,0	94,8	67,5
		quadr.	58,0	78,5	73,9
Innovations-grad		**arith.**	**4,7**	**74,1**	**6,4**
	Abwertung	geom.	4,5	69,1	6,5
		harm.	4,3	64,8	6,7
		quadr.	4,4	65,5	6,8
	Aufwertung	geom.	5,2	94,6	5,4
		harm.	5,3	94,8	5,6
		quadr.	4,9	78,5	6,2

Tabelle 6.2: Potenziale Projekt B: Schneefräse Firma X;
Ausführliche Bewertungsmatrix siehe Anhang (Tab. A2.2)

Interpretation der Ergebnisse:

- Das Projekt wurde nicht bis zur Marktreife weiter entwickelt, da der europäische Markt offensichtlich nicht die notwendigen Verkaufszahlen erwarten lässt. Das relativ hohe Erfolgspotenzial (Bewertung aus technischer Sicht!) würde eine Markteinführung eventuell rechtfertigen.
- Der Innovationsgrad ist mit 6,4 % sehr niedrig ausgefallen. Nach den Erwartungen der Projektmanager ist das Bewertungsergebnis zu gering ausgefallen.
- Bei genauer Durchsicht der Kunden- und Produktanforderungen sind keine echten Neuerungen erkennbar: nur eine Kundenanforderung wurde mit 6 (von max. 10 Punkten) bewertet, alle anderen niedriger. Die einzige Neuerung besteht darin, dass das Gerät tragbar ist (die z. B. in Kanada und in

den USA erhältlichen Geräte sind laut Firmenauskunft fahrbar). Dadurch muss das Gerät vibrationsarm und mit einer hohen Sicherheit ausgestattet sein. Es handelt sich bei diesem Gerät um die Weiterführung eines Kombisystems, das auf bestehenden und bewährten Systemen aufgebaut werden sollte.

6.1.3 Projekt C: Modularer multiphasen low-cost E-Antrieb, Firma Y

In der elektrischen Antriebstechnik liegen zweckmäßige Stückzahlen für eine kostengünstige Höchstintegration von Elektrobaugruppen bei über 200 000 Einheiten/Jahr. In der Automobilbranche sind diese hohen Stückzahlen bei alternativen Antrieben momentan nicht zu erwarten. Im Forschungskonzept „Modularer Aufbau von E-Antrieben mit unterschiedlichen Durchmessern bei gleichen Modulen“ konnte durch die Modularisierung der Leistungselektronik der kostenintensive Leistungsteil in viele kleine Einheiten zerlegt werden (Bild 6.3) Die Elektronikmodule werden dann jedem einzelnen Zahn des Motors zugeordnet. Dies hat eine Bauraumreduktion zur Folge. Die erforderliche Leistung dieser einzelnen Zahnmodule ist somit deutlich geringer als die der konventionellen Leistungselektronik.

Mechanisches Motorkonzept
13“ typisch für P1
11“ typisch für P2
9“ typisch für P4 und Transaxle

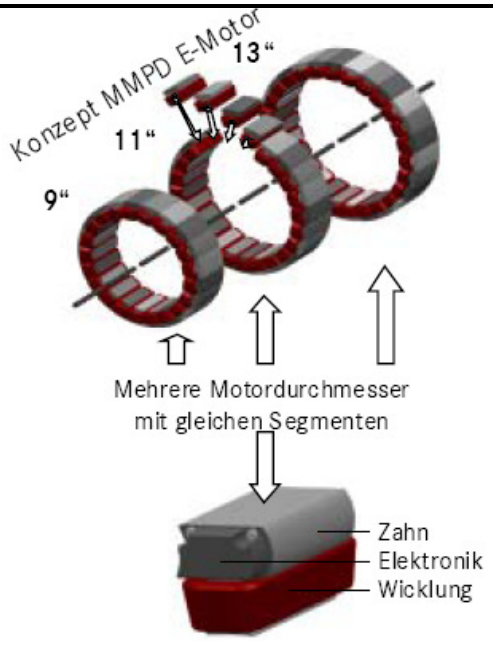


Bild 6.3: Segmentierung der E-Maschine incl. Elektronik

Projektziele:

- E-Antrieb ohne zusätzlichen Bauraum für Leistungselektronik
- Reduzierte EMV / kleinere Zweikreiskondensatoren
- Höhere Verfügbarkeit gegenüber 3-Phasensystemen (Limp-Home Betrieb)
- System-Kosten – x % gegenüber konventioneller Technik
- Neue Technologie zur Ansteuerung und Signalkontaktierung der Leistungshalbleiter (Polytronik)

Projektlösung:

- Zahn kann durch kreisförmige Verbindungsflächen flexibel an unterschiedliche Motordurchmesser angepasst werden. Die Zahngeometrie ist für alle Motordurchmesser gleich.
- Berechnung der Wickelfenster für verschiedene Motordurchmesser. Der Einfluss der Durchmesser auf die Wickelfenster ist gering.

Die Bewertungsergebnisse dieses neuartigen Antriebskonzeptes für einen PKW zeigt Tabelle 6.3. Die Eingabewerte für diese in der Entwicklung befindliche Produktidee wurden vom Projektmanager alleine bestimmt.

Potenzialberechnung			**IST**	**MAX.**	**IST in % von MAX.**
Erfolgspotenzial		**arith.**	**62,7**	**77,4**	**81,0**
	Abwertung	geom.	57,9	71,7	80,8
		harm.	55,3	67,3	82,2
		quadr.	57,9	68,9	84,1
	Aufwertung	geom.	72,6	97,8	74,2
		harm.	73,9	98,0	75,4
		quadr.	66,0	82,1	80,4
Innovationsgrad		**arith.**	**29,7**	**77,4**	**38,3**
	Abwertung	geom.	27,4	71,7	38,2
		harm.	26,0	67,3	38,7
		quadr.	27,3	68,9	39,6
	Aufwertung	geom.	34,5	97,8	35,3
		harm.	35,2	98,0	35,9
		quadr.	31,3	82,1	38,2

Tabelle 6.3: Potenziale Projekt C: Modularer Aufbau von E-Antrieben, Firma X; Ausführliche Bewertungsmatrix siehe Anhang (Tab. A2.3)

Interpretation der Ergebnisse:

- Die Bewertungsergebnisse, Erfolgspotenzial und Innovationsgrad, sind relativ hoch, wenn sie mit den anderen Ergebnissen der Pilotprojekte verglichen werden. Bei diesem Projekt handelt es sich um die Neukonzeption eines Elektro-Antriebs, wobei ein unterschiedlicher Motorendurchmesser mit gleichen Modulen erreicht wird. Damit konnte durch die Modularisierung der Leistungselektronik der kostenintensive Leistungsteil in viele kleine Einheiten zerlegt werden. Dies ist, soweit bekannt, eine „echte“ Neuerung. Die Modularisierung, d. h. Aneinanderreihung kleiner Bausteine und somit Angleichungsmöglichkeit an (fast) jeden Bauraum wurde bisher kaum realisiert. Eine Aufwertung der Berechnungsergebnisse ist sicherlich gerechtfertigt, da es sich um eine bedeutende naturwissenschaftlich-technische Neuerung handelt.
- Hauptzweck dieser Bewertung war zu prüfen, ob sich dieses Bewertungsverfahren dazu eignet, Beurteilungskriterien für eine Weiterführung des Forschungsprojektes zu erhalten, um bei der Firmenleitung die notwendigen Mittel beantragen zu können.
- Interessant wäre insbesondere, inwieweit die positiven Bewertungsergebnisse der Realität entsprechen, d. h. Angleichung an jeden Bauraum und Reduzierung der Systemkosten. Leider sind einerseits durch die Geheimhaltung und andererseits durch die lange Entwicklungszeit auf absehbare Zeit keine diesbezüglichen Ergebnisse durch einen Prototypen zu erwarten.

6.1.4 Projekt D: Miniaturisierte Linearversteller, Forschungsprojekt BAULIN, Firma Festo, Esslingen

In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt BAULIN (BMBF-Förderkennzeichen: 16SV1206) haben sich das Institut für Mikrotechnik Mainz, das Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration der Fraunhofer Gesellschaft sowie die Industriepartner Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG, Lust Hybrid Technik und Festo AG & Co. KG bereit erklärt, gemeinsam die Entwicklung von miniaturisierten Linearverstellern voranzutreiben. Ziel dabei ist vor allem die Definition und die Gestaltung von mechanischen Schnittstellen, um

einen gewissen Standard im Baukasten Mikrosystemtechnik festzulegen. Die in diesem Projekt entwickelten Ergebnisse werden in den Baukasten Mikrosystemtechnik einfließen und der Baukasten selbst wird mit den so genannten MATCH-X Bausteinen (Komponenten, Baugruppen und Mikrosysteme) gefüllt.

Im Hinblick auf die fortschreitende Miniaturisierung von Antriebssystemen soll in diesem Projekt untersucht werden, inwieweit das Produktspektrum von Festo durch kleine Antriebe ergänzt werden kann. Zunächst soll der elektromechanische Antrieb aus einer Kombination von Mikromotor, Getriebestufe und miniaturisierter Spindel bestehen. Angestrebt wird in diesem Projekt die Realisierung von Stellantrieben, die durch den Durchmesser des Antriebes charakterisiert werden. Vorgesehen sind die Baugrößen 2, 6 und 8.

Der Stellantrieb

Charakteristische Baugruppen des miniaturisierten Linearverstellers (Bild 6.4), wie der Mikromotor mit Getriebe, die Miniaturspindel, das Messsystem und die Ansteuerelektronik, werden von den Projektpartnern realisiert. Die Stellantriebe sollen sich durch eine hohe Integrationsdichte auszeichnen, d. h. der Antrieb und das Messsystem sollen in dem jeweiligen Führungssystem integriert sein. Die Ansteuerelektronik ist außerhalb des Linearverstellers vorgesehen.

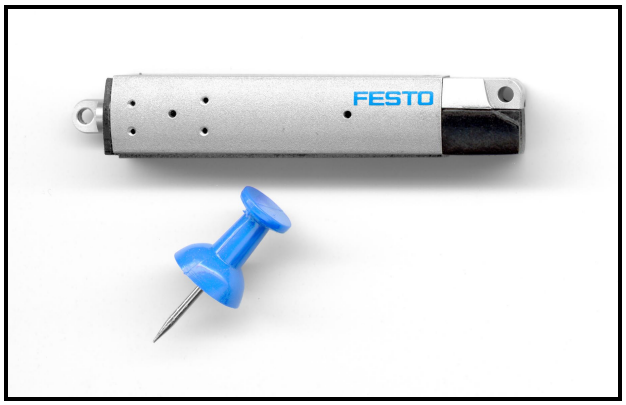


Bild 6.4: Miniaturisierter Linearversteller

Funktionsprinzip des Linearverstellers

Alle Baureihen sollen mit einer Ansteuer-/Regelelektronik auskommen. Der Datenaustausch zwischen externer Steuerung bzw. SPS und der Ansteuer-

Regelelektronik des Linearverstellers wird über eine CAN-Schnittstelle erfolgen. Charakteristische Übergabeparameter zwischen externer Steuerung und Ansteuerelektronik sind beispielsweise die Parameter für das Bahnprofil (Zielposition, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Verzögerung, Bahntyp, Ruck). Einige Zwischengrößen oder auch aktuelle Messgrößen stehen zur Visualisierung über die CAN-Schnittstelle zur Verfügung.

Die elektrischen Schnittstellen zwischen dem Antriebsbaustein und dem Wegmessungsbaustein zum Ansteuer-Regelbaustein sind definiert. Diese werden über alle Baureihen hin einheitlich ausgeführt. Der Wegmessungsbaustein wird in allen Baureihen zur Erfassung der Linearbewegung eingesetzt. Der Antriebsbaustein ist individuell für die jeweilige Baureihe angepasst.

Die Antriebsbausteine, der Wegmessungsbaustein und die Elektronikmodule zur Realisierung der Ansteuer-Regelelektronik bilden die Grundlage bei der Realisierung des miniaturisierten Linearverstellers. Diese Bausteine werden mit den definierten Schnittstellen als so genannte MATCH-X-Bausteine für anwenderspezifische Applikationen, wie beispielsweise die miniaturisierten Linearversteller, zur Verfügung gestellt (Bild 6.5).

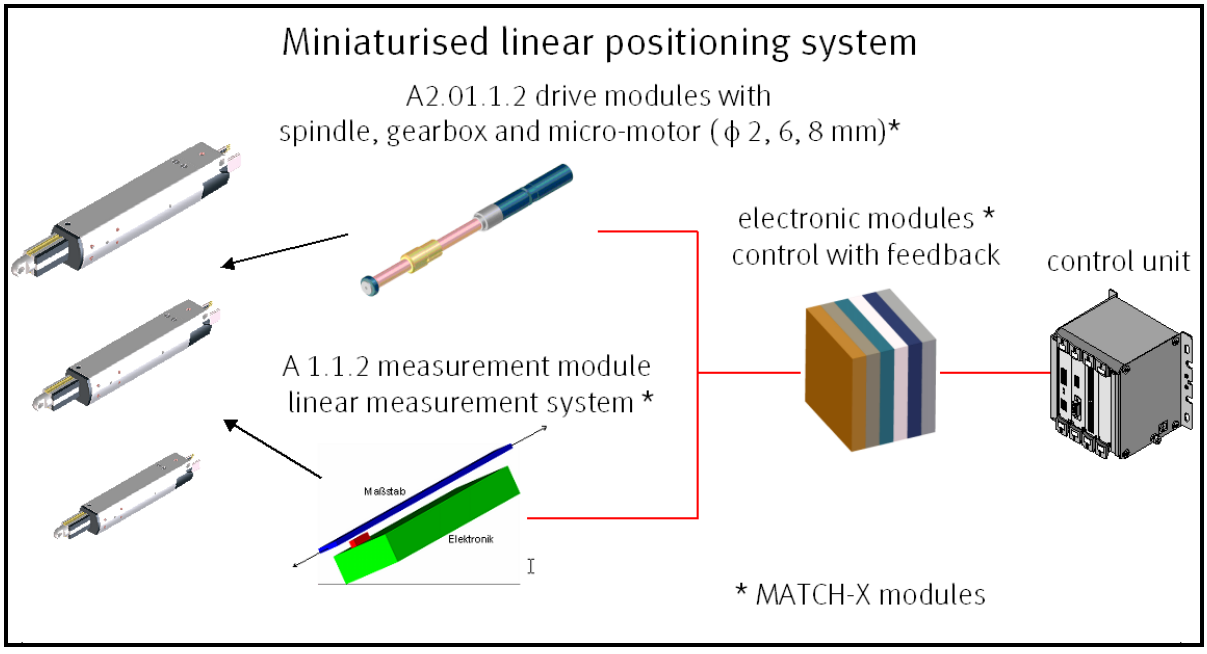


Bild 6.5: MATCH-X-Bausteine

Leistungsdaten und Abmessungen

Für die drei Baureihen BR02, BR06 und BR08 ergeben sich nun folgende Abmessungen und Leistungsdaten:

Baugröße		2	6	8
Abmessungen (b x h)	mm²	10 x 11	21,4 x 17,5	27,4 x 20
Länge Gehäuse	mm	52,5	107,5	122,5
Hub	mm	20	30	30
Geschwindigkeit	mms	5	15	20
Vorschubkraft	N	1	30	20

Tabelle 6.4: Leistungsdaten und Abmessungen der Baureihen BR02, BR06 und BR08

Die erzielbaren Leistungsdaten der Linearversteller hängen von der Kombination Getriebeuntersetzung und Spindelsteigung ab. Dadurch lassen sich die Linearversteller entweder auf Geschwindigkeit oder auf Vorschubkraft auslegen.

Mit diesem Projekt soll eventuell das Produktspektrum der Firma erweitert werden, wobei die Berechnungsergebnisse (siehe Tabelle 6.5) als Entscheidungshilfe dienen sollen.

Potenzialberechnung			**IST**	**MAX.**	**IST in % von MAX.**
Erfolgspotenzial		**arith.**	**64,9**	**78,2**	**83,0**
	Abwertung	geom.	60,0	73,6	81,6
		harm.	57,7	69,8	82,6
		quadr.	60,2	70,4	85,5
	Aufwertung	geom.	73,8	96,7	76,3
		harm.	75,7	96,8	78,2
		quadr.	68,2	82,1	83,1
Innovationsgrad		**arith.**	**25,4**	**78,2**	**32,6**
	Abwertung	geom.	23,5	73,6	31,9
		harm.	22,6	69,8	32,4
		quadr.	23,6	70,4	33,5
	Aufwertung	geom.	28,8	96,7	29,8
		harm.	29,6	96,8	30,6
		quadr.	26,7	82,1	32,6

Tabelle 6.5: Potenziale Projekt D: Miniaturisierte Linearversteller, Forschungsprojekt BAULIN, Firma Festo, Esslingen; Ausführliche Bewertungsmatrix siehe Anhang (Tab. A2.4)

Interpretation der Ergebnisse:

- Die Bewertungsergebnisse sind, wenn sie mit den anderen Ergebnissen der Pilotprojekte verglichen werden, relativ hoch und entsprechen auch den Erwartungen der Projektmanager. Ein Ziel des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts war die Entwicklung von Antriebssystemen in der immer weiter fortschreitenden Miniaturisierung. Ein weiterer Schwerpunkt lag vor allem in der Definition und Gestaltung von mechanischen Schnittstellen, um einen gewissen Standard im Baukasten Mikrosystemtechnik festzulegen. Mit diesem Projekt sollte des Weiteren untersucht werden, inwieweit das Produktspektrum der Firma durch kleine Antriebe ergänzt werden kann. Eine Aufwertung der Berechnungsergebnisse ist sicherlich gerechtfertigt, da mit diesem Projekt teilweise Neuland betreten wurde.
- Das Forschungsprojekt wurde weitergeführt. Nach Auskunft der Projektmanager besteht erhebliches Interesse von Kundenseite an der Miniaturisierung von Antrieben, da in vielen Bereichen herkömmliche Antriebe zu groß und zu schwerfällig sind. Die positiven Bewertungsergebnisse entsprechen also der Realität.
- Erfreulich wäre, wenn das Bewertungsverfahren bei der weiteren Entwicklung der Miniaturisierung von Antrieben eingesetzt werden würde. Die Projektmanager haben dies zugesagt. Das frühzeitige Auseinandersetzen mit den Bewertungskriterien im Entwicklungsprozess durch dieses Verfahren wurde als sehr hilfreich empfunden.

6.1.5 Projekt E: Haarformer C 20 S, Firma Braun, Kronberg

Der von der Firma Braun entwickelte Haarformer C 20 S (Bild 6.6) ist ein durch Gas betriebenes Gerät. Die Erwärmung der Rundbürste geschieht durch eine piezogezündete Gasflamme. Der Energieträger des Geräts ist eine kleine Gaskartusche, die in den Griff eingesetzt wird.

Bild 6.6: Projekt E: Haarformer C 20 S mit Attachment und Hart/Weich-Griff, Firma Braun, Kronberg

Die vom elektrischen Netz unabhängige Erwärmung des Haarformers ist die innovative Lösung der Forderung nach schnurlosem Einsatz. Dies erlaubt die nahezu unbegrenzte Nutzung. Es ist lediglich darauf zu achten, immer eine weitere Kartusche parat zu haben.

Eine besondere Forderung an einen Haarformer ist die „Haltbarkeit der Frisur“. Diese Forderung konnte lange Zeit von keinem Hersteller ausreichend erfüllt werden. Durch die kurze Erwärmzeit und die relativ hohen Temperaturen des Haarformers der Fa. Braun ist es möglich, mit Hilfe eines eingebauten Wasserbehälters gezielt Dampf auszustoßen. Laut Firmenauskunft wird durch die Möglichkeit des Dampfstoßes (Zuführung von Feuchtigkeit) in Verbindung mit der Geräteausrüstung (z. B. verschiedene Haarroller usw.) ein schonendes Styling mit lang anhaltendem Ergebnis erzielt.

Von der Innovations-Bewertung des schnurlosen Haarformers (Berechnungergebnisse siehe Tabelle 6.6) erhofft sich die Firma Aufschlüsse über das unterschiedliche Kaufverhalten in den verschiedenen Ländern.

Potenzialberechnung			IST	MAX.	IST in % von MAX.
Erfolgspotenzial		arith.	**62,4**	**73,2**	**85,2**
	Abwertung	geom.	57,4	67,5	85,0
		harm.	54,4	63,0	86,3
		quadr.	57,0	64,1	88,9
	Aufwertung	geom.	72,8	95,0	76,7
		harm.	74,8	95,1	78,6
		quadr.	66,0	78,0	84,7
Innovationsgrad		arith.	**26,8**	**73,2**	**36,6**
	Abwertung	geom.	25,0	67,5	37,0
		harm.	23,8	63,0	37,8
		quadr.	24,7	64,1	38,5
	Aufwertung	geom.	30,9	95,0	32,5
		harm.	31,7	95,1	33,3
		quadr.	28,2	78,0	36,1

Tabelle 6.6: Potenziale Projekt E: Haarformer C 20 S mit Attachment und Hart/Weich-Griff, Firma Braun, Kronberg; Ausführliche Bewertungsmatrix siehe Anhang (Tab. A2.5)

Interpretation der Ergebnisse:

- Gasbetriebene Haarformer sind auf dem internationalen Markt selten vertreten, im europäischen Markt schwer erhältlich. Der von der Fa. Braun entwickelte Haarformer ist eine Weiterführung der wenigen auf dem Markt befindlichen Geräte. In manchen Teilbereichen waren Neuentwicklungen erforderlich, damit Produktanforderungen wie „hohe Wertigkeit“ oder „Zuverlässigkeit“ entsprechend der Firmenphilosophie umgesetzt werden konnten. Dementsprechend ging man von hohen Erwartungen aus („Bauchgefühl“), d. h. der Innovationsgrad müsse im Kontext des gesamten Entwicklungsaufwandes auch hoch ausfallen. Die Bewertungsergebnisse, Erfolgspotenzial und Innovationsgrad, sind relativ hoch, entsprechen dennoch nicht ganz den Erwartungen der Produktmanager. Bei genauer Analyse der Neuheits-Bedeutungen von Kunden- und Produktanforderungen (Firmenangaben) ist darauf zu schließen, dass es sich um weniger bedeutende Neuheiten handelt, ausgenommen die Gasbeheizung und der Dampfstoß. Eine Aufwertung der Berechnungsergebnisse ist u. U. gerechtfertigt, da der gasbetriebene Haarformer laut Firmenauskunft eine bedeutende Weiterentwicklung eines vorhandenen gasbetriebenen Gerätes ist.
- Für das Projekt wurden die Kunden- und Produktanforderungen dankenswerter Weise von den an der Bewertung beteiligten Mitarbeitern der Firma sehr gründlich und detailliert aufgeführt. Diese Berechnungsergebnisse sind deshalb auch sehr genau.

- Geräte dieser Art werden in den verschiedenen Verkaufsregionen oft unterschiedlich angenommen: in manchen Regionen sind die Verkaufszahlen hoch, in anderen geht der Verkauf eher zögerlich vonstatten. Eine Antwort auf die Frage, welche Gründe dieses sehr unterschiedliche Kaufverhalten hervorrufen, konnte noch nicht gefunden werden. Dieses Problem wurde zu Beginn der Bewertung angesprochen. Der Wunsch und das Vorhaben, mit Hilfe dieses Bewertungsverfahrens eventuell eine Antwort darauf zu erhalten, konnte leider nicht realisiert werden. Diese aufgeführte Problematik sollte in weiterführenden Studien nochmals aufgegriffen werden. Lösungsansätze zur Analyse und „Steuerung“ eines Kaufverhaltens, die mit Hilfe dieses Bewertungsverfahrens gewonnen werden können, wären sicherlich sehr bedeutende Beiträge zur Lösung dieser Problematik.

6.2 Analyse und Diskussion der Ergebnisse

6.2.1 Ergebnisse und Stellungnahmen der Firmen

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Bewertungsverfahrens, mit dem zum einen das Erfolgspotenzial und der Innovationsgrad einer Produktinnovation bestimmt werden kann und sich zum anderen auch Produktideen, Produktlösungen usw. auf ihre Marktchancen hin überprüfen lassen. Die Auswahl der Pilotprojekte geschah unter der Maßgabe, möglichst typische Projekte aus den Bereichen der Konsum- und der Investitionsgüter zu erhalten. Die durchgeführten Bewertungen sollen zunächst einmal ein Spektrum möglicher Bewertungen im Innovationsprozess aufzeigen.

Tabelle 6.7 zeigt die Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse aus der Pilotprojektphase, wobei nur die Ergebnisse nach arithmetischer Mittelwertbildung dargestellt sind. Außerdem sei noch auf die Festlegungen der Evaluierung zu Beginn des Kapitels 6 hingewiesen.

Projekt	Benennung	Firma	E_P in %	I_G in %
A	Akku–Schrauber: Power Grip	Fa. Metabo, Nürtingen	81,9	31,2
B	Schneefräse	X	75,0	6,4
C	Modularer multiphasen low-cost E-Antrieb (MMMPD)	Y	81,0	38,3
D	Miniaturisierte Linearversteller, F-Projekt BAULIN	Fa. Festo, Esslingen	83,0	32,6
E	Haarformer C 20 S	Fa. Braun, Kronberg	85,2	36,6

E_P = Erfolgspotenzial, I_G = Innovationsgrad

Tabelle 6.7: Bewertungsergebnisse der Pilotprojekte (arith. Mittelwertbildung)

Nach Auswertung der Pilotprojekte wurden die Bewertungsergebnisse den beteiligten Firmen mitgeteilt und ein Fragebogen versandt mit der Bitte, eine Stellungnahme zu diesem Verfahren abzugeben (Tabelle 6.8).

		⇐ eher nein							eher ja ⇒			
Nr.	**Fragen**	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
1.	Entsprechen unsere Berechnungsergebnisse den von Ihnen in der Entwicklungsphase prognostizierten Erwartungen?				B		E			C D	A	
2.	Entsprechen unsere Berechnungsergebnisse der momentanen Marktposition des Objektes? Nur ankreuzen, wenn sich das Objekt bereits auf dem Markt befindet!						E				A	
3.	Eignet sich dieses Verfahren Ihrer Meinung nach zur Auswahl Erfolg versprechender Ideen aus einer Sammlung von noch nicht auf dem Markt befindlichen Ideen (auch fremder Ideen, Patente, Schutzrechte, usw.)?				B				A C D	E		
4.	Ist das Bewertungsverfahren Ihrer Meinung nach geeignet, in Ihrer Firma an verschiedenen Stellen des Innovationsprozesses eingesetzt zu werden?				B				C D	A E		

Tabelle 6.8: Stellungnahmen der Firmen zu den Bewertungsergebnissen

Zusätzlich zu den formulierten Fragen bot der Fragebogen die Möglichkeit, persönliche Eindrücke der Personen wiederzugeben. Diese sind in der Tabelle 6.9 zusammengefasst.

Projekt	
A	Das Verfahren bietet bei der Ermittlung des technischen Erfolgspotenzials einen guten und praktikablen Leitfaden. Für eine fundierte gesamtunternehmerische Entscheidung sollten zusätzlich weitere Kriterien ermittelt, gewichtet und mit herangezogen werden, z. B. Firmenstrategie, Kernkompetenzen, Markttrends.
B	Verfahren passt nicht in die Firmenstruktur. Die Vorgehensweisen zur Produktfindung oder zur Weiterentwicklung der Produkte basieren auf Anregungen, die vor Ort in den weltweit verbreiteten Niederlassungen gesammelt werden.
C	Das Bewertungsverfahren eignet sich gut zur Beurteilung innovativer, technischer Ideen, Lösungen und ganzer Systeme. Das Verfahren liefert für eine Anzahl von Projekten, die für eine Weiterentwicklung vorgesehen sind und für die bei der Unternehmensleitung weitere Mittel beantragt werden sollen, wichtige Entscheidungshilfen.
D	Zu 3-4: Wäre natürlich wünschenswert, wenn anhand einer solchen Methode die Entwicklung neuer Produkte unterstützt werden könnte. Das frühzeitige Auseinandersetzen mit den Bewertungskriterien ist für den Entwicklungsprozess sehr hilfreich. Eine Bestätigung der Vorgehensweise könnte noch anhand weiterer Produkte überprüft werden.
E	Eine Einschätzung zu 1 und 2 ist nicht möglich da das Vergleichsnormal fehlt. Deshalb eine Bewertung in der Mitte. Das Verfahren sollte anhand der aktuellen Geräte definiert werden, um damit eine Bewertungsbasis für weitere Entwicklungsschritte zu generieren. Somit kann dann bei neuen Geräten eine Positionierung und eine aussagekräftige Bewertung einer Verbesserung erreicht werden. Das Verfahren dient bei der erst Bearbeitung auch dazu sich über die Kundenanforderungen im Detail bewusst zu werden.

Tabelle 6.9: Eindrücke der beteiligten Personen aus den Firmen

Die Stellungnahmen der Firmen zeigen überwiegend ein positives Interesse an einem Bewertungsverfahren nach Zielsetzung dieser Arbeit, mit einer Ausnahme: Projekt „B“ (siehe Tabelle 6.8). Nach Auskunft der beteiligten Personen der Firma werden schon seit langer Zeit Produktbewertungen nach einem firmeninternen Verfahren, das aus der Firmenstruktur heraus entstanden ist, vorgenommen. Mit dieser firmeninternen Bewertung hat die Firma bisher offensichtlich gute Erfahrungen gemacht. Verständlicherweise ist deshalb die Skepsis gegenüber einem neuen Bewertungsverfahren groß.

Im nächsten Kapitel werden die Einsatzmöglichkeiten des Verfahrens analysiert, die sich aus den verschiedenen Bereichen und Aspekten der Pilotprojektphase ergeben. Die Beiträge der an den Pilotprojekten beteiligten Personen erhalten dabei ein besonderes Gewicht.

6.2.2 Einsatzmöglichkeiten des Verfahrens

Grundsätzlich kann als Ergebnis aus der Pilotprojektphase festgehalten werden, dass eine Bewertung im Innovationsprozess ab dem Zeitpunkt der Vorlage konkreter Kundenanforderungen möglich ist. „Kunden“ bedeutet hier nicht nur die externen Kunden des freien Marktes, die ein Interesse an einem bestimmten Produkt haben, sondern auch die „internen“ Kunden, d. h. Mitarbeiter in der Abteilung derselben Firma, die an eine Forschungs- und Entwicklungsabteilung einen Auftrag erteilen (dies trifft in besonderem Maße auf Projekt C zu).

Erkenntnis I:
Es können sowohl einzelne Segmente des Entstehungsprozesses einer Produktinnovation (ab der Vorlage des Kundenlastenheftes) als auch gesamte technische Systeme und auf dem Markt befindliche Produktinnovationen bewertet werden.

Die Bewertung am Anfang des Innovationsprozesses, wenn Forschungs- und Entwicklungsgelder beantragt werden müssen, hat größte Bedeutung und fand bei den Produktmanagern den größten Anklang. Das Verfahren dient dabei zur Beurteilung und Bewertung von eigenen Produktideen oder auch von Patenten, deren Lizenzen erworben werden sollen.

Eine Bewertung dient in erster Linie als Entscheidungshilfe. Aus einer bestimmten Menge von Lösungen ist diejenige auszuwählen, die dem „optimalen“ Ziel am nächsten kommt. Dabei handelt es sich höchst selten um eine rein objektive Bewertung. Diese würde einer Bewertung gleichkommen, die auf Kriterien rein deterministischer Art beruht und keine subjektiven Einflüsse zulassen würde.

Um aber Subjektivität auf ein Minimum zu reduzieren, bedarf es Grundvoraussetzungen für eine quantitative Bewertung /BREIING97/:

- Hoher Präzisionsgrad des Lasten- und Pflichtenheftes, mit sämtlichen Kenngrößen zu allen Details, auf aktuellem Informations- und Wissensstand.

- Beschaffung sämtlicher Informationen, besonders bei Neukonstruktionen, über Vorläuferprodukte, Konkurrenzprodukte, Patente und Gebrauchsmuster usw.
- Bestimmung der „richtigen“, an der Durchführung beteiligten Personen. Der persönliche und projektbezogene Wissens- und Erkenntnisstand sowie die richtige Einschätzung der Wichtigkeit von Details sind ausschlaggebend für das Bewertungsergebnis.

Auf der Grundlage der sicherlich unvollständig angeführten Grundvoraussetzungen ist das Bewertungsverfahren eine wichtige Entscheidungshilfe, die an vielerlei Stellen des Innovationsprozesses eingesetzt werden kann. Die Ergebnisse reichen je nach „Bewertungstiefe“ von einer einfachen Entscheidungshilfe bis hin zu einem „technischen Gutachten“.

Die Einsatzmöglichkeiten des Bewertungsverfahrens sind in Bild 6.7 am Beispiel des ETH-Referenzmodells des Innovationsprozesses /MEIER04/ dargestellt (siehe auch Kap. 2, Bild 2.11).

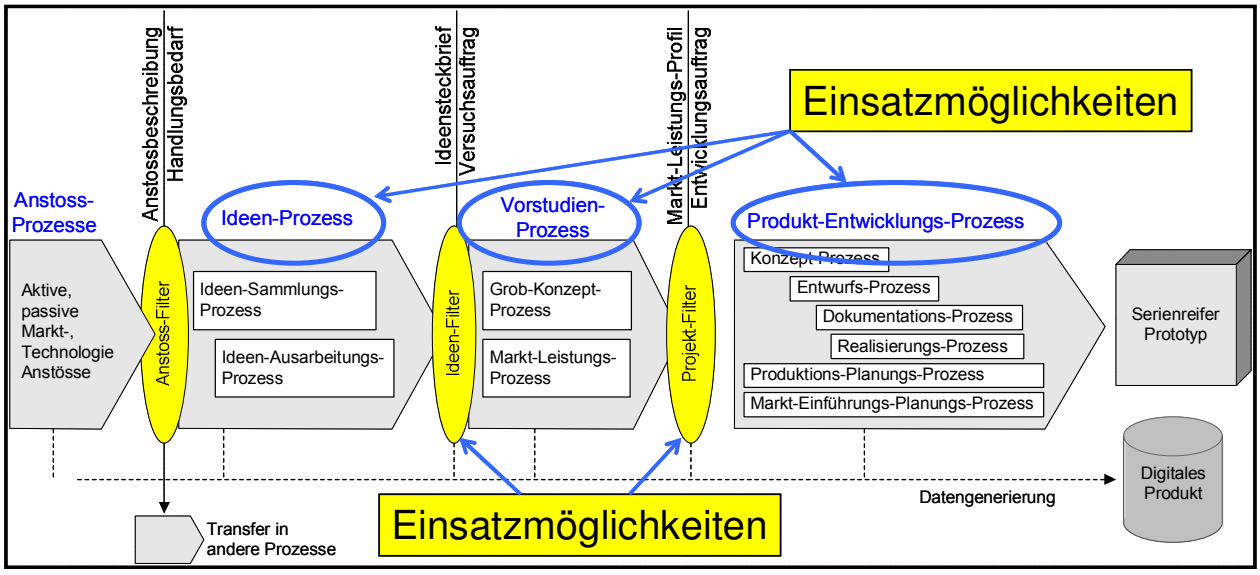


Bild 6.7: Einsatzmöglichkeiten des Bewertungsverfahrens am Beispiel des ETH-Referenzmodell des Innovationsprozesses /MEIER04/

Außer den im Bild 6.7 dargestellten Einsatzmöglichkeiten im Vorstudien-Prozess und im Produkt-Entwicklungs-Prozess kann das Bewertungsverfahren auch als

„Filter“ eingesetzt werden. Die Filter, die sich zwischen den Phasen des Innovationsprozesses befinden, haben die Aufgabe, zunächst Erfolg versprechende von weniger Erfolg versprechenden Lösungen zu trennen, später Lösungen zu analysieren usw.

In Kapitel 5 wurde auf die Notwendigkeit und Bedeutung der Anpassungsfähigkeit des Bewertungsalgorithmus hingewiesen und die vielfältigen Bewertungsmöglichkeiten aufgezeigt und begründet. Streckung und Stauchung der Koordinatenachsen einerseits, sowie die Möglichkeit der Auf- und Abwertung andererseits können angewandt werden. Damit ist eine differenzierte Bewertung der unterschiedlichen Produkte mit all ihren Varianten möglich. In Kapitel 5.6 wurden dazu einige allgemeingültige Randbedingungen (Bewertungskriterien) aufgezeigt.

In der Pilotprojektphase wurden alle Mittelwertbildungen (siehe Anhang A.1) angewandt, um den Grad der Auswirkung auf die Berechnung des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades aufzuzeigen. Die aus der praktischen Anwendung ermittelten Ergebnisse von geometrischer, harmonischer und quadratischer Mittelwertbildung weichen nicht sehr weit voneinander ab. In der Praxis kann sich die Berechnung auf ein Verfahren mit „Krümmungsverhalten“ beschränken. Dabei ist die Berechnung nach quadratischer Mittelwertbildung (für die auf- oder abwertende Berechnung) wegen des kreisförmig gekrümmten Funktionszusammenhangs der geometrischen und harmonischen Berechnung (Hyperbelverfahren) eventuell vorzuziehen.

Die verschiedenen Anpassungsmöglichkeiten des Verfahrens (Auf- und Abwertung, Streckung und Stauchung der Koordinatenachsen) können noch nicht gezielt eingesetzt werden. Momentan fehlen hierzu die Erfahrungen aus einer umfassenden Anwendung des Bewertungsverfahrens. Diese Erfahrungen sind für eine Analyse und Diskussion der Berechnungsergebnisse aus der Pilotprojektphase von besonderer Bedeutung, um aus der erweiterten Berechnungsmöglichkeit, z. B. „Auf- und Abwertung“, entsprechende Schlüsse zu ziehen.

Für die Bewertung bestimmter Produktgruppen müssen weitere Überlegungen zu Gewichtungen der Eingabegrößen und über den Einsatz so genannter gekrümmter Mittelwertbildungen erfolgen. Dies ist zwingend erforderlich, um den Gefahren einer Unter- oder Überschätzung und einer nicht angemessenen Beurteilung entgegenzuwirken.

Die Überprüfung ausgeführter Produktinnovationen fand großes Interesse unter der Prämisse, inwieweit die Berechnungsergebnisse mit denen der eigenen oder firmeninternen Einschätzungen konform waren (siehe vorherige Bewertungszusammenfassung).

6.2.3 Bedeutung und Aussagekraft der Berechnungsergebnisse

Die Erweiterung der Bewertungsmatrix um die Einflussgrößen dient der umfassenden Beurteilung im Hinblick auf die weiteren definitorischen Kernelemente einer Innovation, die erfolgreiche Realisierung und den erweiterten Kunden- und Herstellernutzen. Die Festlegung sämtlicher Eingabegrößen erfolgt auf der Grundlage von Einschätzungen, wie sie das Bewertungsteam auf Grund ihres Expertenwissens zum Bewertungszeitpunkt vorzunehmen hat. Dies bedeutet selbstredend, dass Subjektivität nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann.

Liegen keine Bewertungsergebnisse für Vergleichsprodukte vor, ist die Interpretation der Berechnungsergebnisse zunächst schwierig. Um einen Bezug der Berechnungsergebnisse herstellen zu können, war es erforderlich, die Maximalgrößen des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades als Vergleichswerte zu bestimmen (siehe Kap. 5.5). Für die Produktanforderung Nr.1 (Bild 5.1) wurde dem Herstellbarkeits-Index der Wert 80 zugewiesen, daraus die Einzelwertigkeit bestimmt (siehe Bild 5.7). Wird an Stelle 80 der Wert 100 gesetzt, erhält man dadurch die größtmögliche Einzelwertigkeit und schließlich mit Hilfe aller größtmöglichen Einzelwertigkeiten die maximal mögliche Einfluss-Wertigkeit. Dieses Maximum ist in der momentanen Bewertungssituation (z. B. im Hinblick auf Risiko der Herstellung, sonstige betriebliche Gegebenheiten usw.) der höchste zu erreichende Wert. Dadurch ist es jetzt möglich, ohne ein Vergleichsobjekt (z. B.

Konkurrenzprodukt) Aufschluss über die Wertigkeit des Untersuchungsobjektes zu erhalten.

Erkenntnis II:
Die mit diesem Verfahren ermittelten Bewertungsgrößen Erfolgspotenzial und Innovationsgrad sind Vergleichsgrößen, die sich aus dem Vergleich mit Maximalgrößen ergeben. Die Maximalgrößen repräsentieren die maximal erzielbaren Werte in der momentanen Bewertungssituation. Daher können auch Aussagen über die Chancen zur Marktdurchsetzungsfähigkeit und den Neuheitsgrad des Bewertungsobjektes getroffen werden, ohne dass ein Vergleichsobjekt vorhanden ist. Die Bewertungszahlen eignen sich deshalb besonders als Entscheidungshilfen in der Produktentwicklung.

Die Neuheits-Bedeutung innovativer Ideen oder Produkte bewegt sich zwischen den Extremen geringfügig (inkremental) oder grundlegend (radikal). Grundlegende oder radikale Innovationen wie das Mobiltelefon, der Laser, der Walkman u. v. m. sind selten anzutreffen. Letztlich hat die Berücksichtigung neuer naturwissenschaftlich-technischer Erkenntnisse und die Anzahl der neu gestalteten Produktbausteine Einfluss auf die Eingliederung zwischen den Extrempolen.

Betrachtet man die Pilotprojekte unter diesen beiden Aspekten, neue naturwissenschaftlich-technische Erkenntnisse und neu gestaltete Produktbausteine, fällt ein dritter Aspekt auf.

Ein Bewertungsobjekt wird häufig zu Beginn einer Bewertung von Projektmanagern falsch eingestuft, d. h. Erfolgs- und Innovations-„Bedeutung“ werden zu hoch eingeschätzt. Dabei handelt es sich bei genauerer Betrachtung und Analyse zahlreicher Innovationen „lediglich“ um die neue Kombination bekannter Lösungen, selten um die Realisierung einer wirklich „neuen, revolutionären Idee oder Lösung“. Daher ergeben sich durch dieses sehr genaue und differenzierte neue Bewertungsverfahren meist kleinere Zahlenwerte als sie aufgrund der vorangegangenen qualitativen, oft pauschalen Beurteilungen erwartet wurden.

Erkenntnis III:
Innovative Produktideen oder neu auf den Markt gebrachte Produktinnovationen, deren Innovationsgrade zunächst als hoch eingeschätzt wurden, erscheinen innovativ („lediglich“) durch die neue Kombination herkömmlicher Konstruktionselemente für einen neuen Zweck. Der Anteil neu gestalteter Produktbausteine und die Berücksichtigung neuer naturwissenschaftlich-technischer Erkenntnisse ist dabei oft gering.

Die Erkenntnis III ist ein sehr wesentliches Ergebnis der Pilotprojektphase, dessen Bedeutung durch folgende Betrachtungen noch untermauert werden soll. Die Ergebnisse der Pilotprojekte liegen, bis auf eine Ausnahme, relativ eng beieinander. Die Innovationsgrade fallen überraschend niedrig aus. Bei genauer Betrachtung der einzelnen Kunden- und Produktanforderungen kann vermutet werden, dass dies größtenteils auch mit Erkenntnis III zusammenhängt. Bei einigen Pilotprojekten handelt es sich um innovative Projekte, jedoch aber ohne wirklich spektakuläre Neuerungen. Es sind konstruktive Ideen und Produkte, deren Neuheit fast ausschließlich darin besteht, dass herkömmliche Konstruktionselemente neu kombiniert wurden. Leider stand im Rahmen dieser Arbeit keine wirklich revolutionäre Neuerung für eine umfassende Bewertung zu Verfügung.

Diese bisher gemachten Feststellungen und Ausführungen erlauben trotzdem eine Einteilung von Innovationen in Anlehnung an die Einteilung, die Altschuller in seiner nach ihm benannten TRIZ-Methode mit Patenten vorgenommen hatte (siehe Kap. 2.1.1) /GAUSEMEIER01/:

1. Niveau: offensichtliche konventionelle Erfindung; Problemlösung mittels im Fachgebiet bekannter Methoden.
2. Niveau: geringfügige Erfindung innerhalb der existenten Konstruktion; Verbesserung eines existenten Systems, in der Regel mit Kompromissen.
3. Niveau: substantielle Erfindung innerhalb einer Technologie; grundlegende Verbesserung eines existierenden Systems.

4. Niveau: Erfindung außerhalb einer Technologie; neue Generation eines Designs oder neue konstruktive Lösung, basierend auf neuer wissenschaftlicher Erkenntnis.
5. Niveau: Entdeckung; grundlegende Erfindung; basierend auf einem neuen wissenschaftlichen Phänomen.

Es liegt die Vermutung nahe, dass eine auf unterschiedliche Produktarten breit angelegte Untersuchung diese Einteilung bestätigen könnte. Eine mögliche Zuordnung bestimmter Innovationsgrade zu den Niveaus der Innovationen kann nach den wenigen untersuchten Objekten momentan noch nicht vorgenommen werden.

6.2.4 Aussagefähigkeit der Berechnungsergebnisse auf den Projekterfolg

Der Erfolg ist von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren abhängig. Sie lassen sich in mehrere Dimensionen einteilen und können in verschiedenen Erfolgskennzahlen wahrgenommen werden (siehe Kap. 2.1.3). Letztendlich gehören also zum Markterfolg eines Produkts neben technischen eine große Anzahl weiterer Erfolgskennzahlen, die in wirtschaftlichen und psychologischen Bereichen zu suchen und zu finden sind /BREIING97/.

Auf einen Produkterfolg aus technischer Sicht kann dann mit einiger Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, wenn die Berechnungsergebnisse des neu entwickelten Verfahrens hoch ausfallen. Voraussetzungen für diese Annahmen sind allerdings:

- die sorgfältige Ermittlung der für die Einflüsse auf den Produkterfolg einzugebenden Werte,
- die Berechnungsergebnisse, Erfolgspotenzial und Innovationsgrad, sind aus einer momentanen Bewertungssituation heraus entstanden und haben deshalb auch nur für einen bestimmten Zeitpunkt und für eine bestimmte betriebliche Konstellation ihre Gültigkeit.

Die Stellungnahme zu Projekt C der Firma Y zeigt, dass die technisch-naturwissenschaftlich begründeten Berechnungsergebnisse in manchen Bewertungssituationen alleine schon eine sehr herausragende Bedeutung erhalten können, um z. B. „... bei der Unternehmensleitung weitere Mittel zur Fortführung eines Forschungsvorhabens beantragen zu können."

Erkenntnis IV:
Die Bewertung geschieht überwiegend aus naturwissenschaftlich-technischer Sicht. Das Bewertungsverfahren liefert demnach einen Anteil zu einer gesamtunternehmerischen Bewertung.
Bei hohen Berechnungsergebnissen kann auf Grund der berücksichtigten Einflüsse auf einen hohen Projekterfolg geschlossen werden. Diese Annahme hat Gültigkeit für einen bestimmten Zeitpunkt und für eine bestimmte betriebliche Konstellation.
Durch Verknüpfung mit Kriterien aus unternehmensspezifischen Planungsstrategien können sich für die Unternehmensleitung entscheidende Hinweise zur Verbesserung der eigenen Innovationsfähigkeit ergeben.

Der tatsächliche Nachweis eines mit diesem Bewertungsverfahren prognostizierten Projekterfolges kann allerdings erst erbracht werden, wenn das Verfahren von der frühen Entwicklungsphase einer Produktinnovation bis in die Zeit nach der Markeinführung, die so genannten Diffusionsphase, integriert wird.

6.2.5 Vergleichbarkeit von Berechnungsergebnissen

Die Einsatzsatzmöglichkeiten des Bewertungsverfahrens sind vielfältig. Zu Beginn einer jeden Bewertung jedoch müssen konkrete Kundenanforderungen vorliegen. „Kundenanforderungen" können auch betriebsinterne Anforderungen innerhalb des Produktentstehungsprozesses darstellen. Der weitere Bewertungsvorgang und das Bewertungsergebnis richten sich nach den gegebenen Randbedingungen und dem Bewertungsumfeld (Bild 6.8):

- Sind die aus den Kundenanforderungen resultierenden Produktanforderungen/-lösungen vorgegeben oder müssen sie für das Bewertungsobjekt zunächst aufgestellt werden?
- Wird die Bewertung von einem externen oder von einem betriebsinternen Bewertungsteam durchgeführt?
- Führt die Bewertung eine Person oder mehrere Personen durch?
- Welche Erfahrung hat das Bewertungsteam mit dem Bewertungsverfahren?

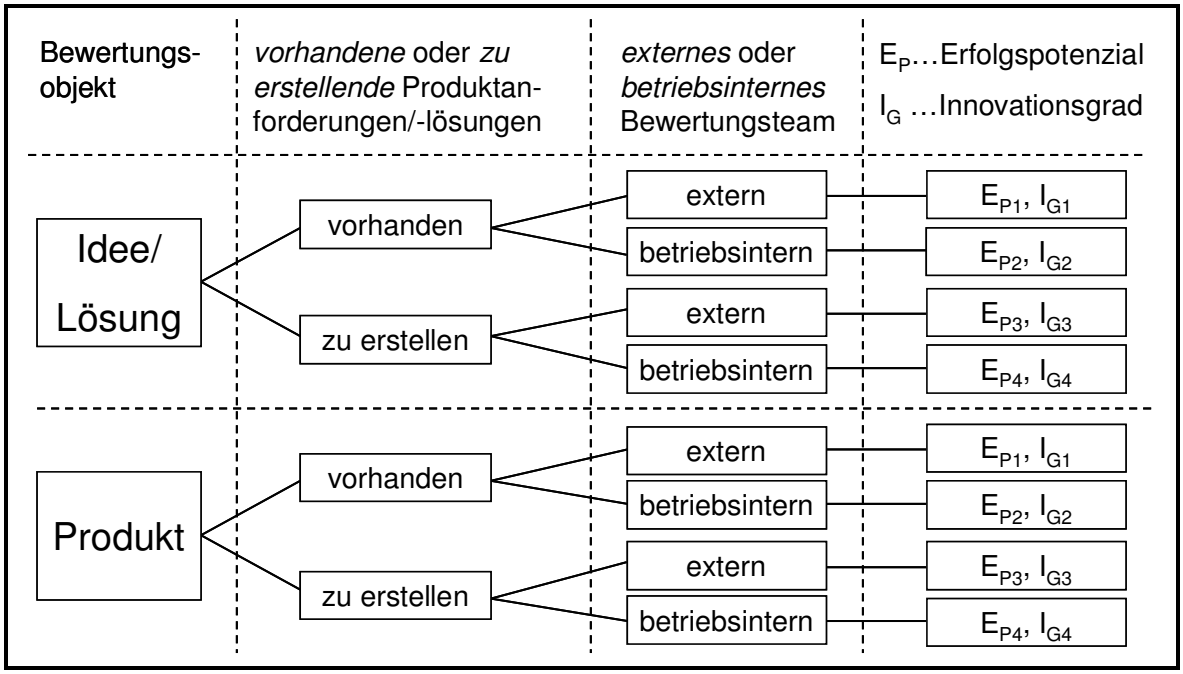


Bild 6.8: Bewertungsumfeld und Randbedingungen

Alle Bewertungsergebnisse sind Vergleichsgrößen mit den Maximalwerten. Ein Maximalwert selbst ist ein theoretischer, idealistischer (oder der höchste erreichbare) Wert, der sich aus der vollständigen und risikolosen Realisierbarkeit der Produktanforderungen in Bezug auf Herstellbarkeit, Funktionserfüllung, Idealität der Lösung usw. und der vollständigen Erfüllbarkeit aller Kundenwünsche ergibt. In die Gesamtberechnung fließen daher Marktvergleich, Herstellrisiko u. v. m. mit ein. Die Ermittlung der Einflussgrößen ist quasi schon ein Vergleich mit den auf dem Markt befindlichen Produkten, Technologien usw. Das errechnete Erfolgspotenzial und der Innovationsgrad sind deshalb auch ohne Vorlage eines Vergleichsobjekts wichtige Entscheidungskenngrößen.

Erkenntnis V:
Die Höhe der Berechnungsergebnisse, die für ein Bewertungsobjekt mit bestimmten Kundenanforderungen und dafür abgeleiteten Produktanforderungen ermittelt wurden, wird als (prozentualer) Anteil am theoretisch möglichen Maximum bestimmt. Eine generelle Vergleichbarkeit von Bewertungsergebnissen untereinander (siehe Bild 6.8) ist nur bedingt möglich. Eine groß und langfristig angelegte Bewertung ist notwendig, um Aufschluss über die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedenartigster Produkte zu ermöglichen.

Betrachtet man die Bewertung der Pilotprojekte im Kontext des Bewertungsumfeldes und der Randbedingungen (siehe Bild 6.8), muss eine weitere Anmerkung zu Erkenntnis V gemacht werden:

Die Informationen zu den Pilotprojekten wurden von den beteiligten Firmen beigesteuert. Es handelt sich demnach bei den Beurteilungen aller Pilotprojekte um betriebsinterne Bewertungen mit vorhandenen Produktanforderungen. Insofern ist kritisch anzumerken, dass subjektive Einflüsse, u. U zu hoch eingeschätzte Bedeutungen oder Gewichtungen durch die an den Pilotprojekten beteiligten Personen, die Bewertungsergebnisse zu gut erscheinen lassen können.

6.2.6 Effizienz des Verfahrens

Die Effektivität und die Effizienz der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit zu steigern, muss die Hauptabsicht bei Neuentwicklungen von Bewertungsverfahren sein. Die Marktchancen sollen dadurch erhöht werden, was sich letztendlich in Wirtschaftlichkeit und Verkaufbarkeit des Produkts zeigt /REICHENEDER01/.

Die Effizienz des hier vorgestellten und neu entwickelten Bewertungsverfahrens ist maßgeblich davon abhängig, wie gründlich die Kundenwünsche durch das Kundenmanagement ermittelt und analysiert wurden und mit welchem Sachverstand und Expertenwissen der beteiligten Ingenieure und Fachkräfte die Realisierbarkeit der technischen Anforderungsliste überprüft wurde. Zentrale Grundlage des hier vorgestellten Bewertungsverfahrens ist die Korrelation zwischen

Kundenanforderungen („Sprache des Kunden“) und der technischen Realisierbarkeit der Produktanforderungen („technische Herausforderung“). Die Gründlichkeit der Marktrecherchen und die detaillierte Auflistung des technischen Anforderungsprofils sind entscheidend für die Genauigkeit und Aussagefähigkeit der errechneten Potenziale.

Soll die Güte der berechneten Ergebnisse hoch sein, ist die Bewertungsmatrix entsprechend mit sehr differenzierten und fundierten Einzelanforderungen der Kunden- und Produktseite auszufüllen. Dies erfordert einen beträchtlichen Zeitaufwand, der allerdings bei einem eingespielten Bewertungsteam, besetzt mit kompetenten und erfahrenen Fachleuten, in Grenzen gehalten werden kann. Die Ergebnisse sind dann genaue Maßzahlen des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades, die bei übergeordneten Bewertungen von Produktinnovationen unterschiedlicher Hersteller, z. B. durch eine Unternehmensberatung, fundierte Aussagen ermöglichen.

6.2.7 Chancen und Grenzen der Anwendung

Innerhalb des Konstruktionsprozesses müssen des Öfteren Entscheidungen getroffen werden, die auf der Grundlage grober Einordnungen oder Abschätzungen hinreichende Entscheidungshilfen liefern sollen: „...Objekt A fällt in den grünen Bereich, Objekt B in den roten Bereich...“ oder „Objekt A liegt im ersten Drittel“ usw. Für diese im innerbetrieblichen Innovationsprozess notwendigen Entscheidungen liefert das Verfahren auch bei Vorlage weniger Daten und geringem Aufwand eine ausreichend gute Entscheidungsgrundlage, da es auf quantitativen Bewertungsgrößen und nicht auf eher vagen qualitativen Aussagen basiert.

Die besonderen Vorzüge dieses Verfahrens liegen vor allem darin, dass es zum einen praktisch keine Anwendungsbeschränkungen bezüglich der zu untersuchende Objekte gibt. Zum anderen eignet es sich sowohl für Entscheidungen innerhalb des Entwicklungsprozesses, wo fundierte Entscheidungshilfen erforderlich sind, als auch für eher grobe Trendaussagen im Hinblick auf den Wett-

bewerb. Das Verfahren eignet sich demnach sowohl zur genauen Analyse, als auch zur groben Einordnung aufgrund der jeweiligen Erfordernisse.

Das Verfahren liefert, wenn es zu Beginn des Innovationsprozesses eingesetzt wird, z. B. bei der Ideenselektierung innovativer Produktideen, konkrete Entscheidungshilfen. Bei der Analyse einer Produktinnovation, z. B. wenn es um die Einschätzung geht „...wie innovativ ist ein Produkt im Vergleich zu anderen...“, liefert das Verfahren eine quantitative Bewertungsgröße, die eine Einteilung mit Konkurrenzprodukten innerhalb einer definierten Messskala ermöglicht.

Nach den vorherigen Ausführungen und den momentanen Erkenntnissen und Einschätzungen aus der Pilotprojektphase kann vermutet werden, dass Grenzen der Anwendung im Innovationsprozess sehr wahrscheinlich nicht vorliegen. Grenzen des Verfahrens liegen eher darin begründet, welche Aussagekraft den Bewertungsergebnissen beigemessen wird. Eine „Wertigkeit“ des Untersuchungsobjektes kann aus den Bewertungsergebnissen abgeleitet werden. Diese sind durch die momentanen Einschätzungen der Eingabegrößen und dem anschließenden Vergleich mit den Maximalgrößen entstanden, sicherlich behaftet mit mehr oder weniger stark vorhandenen subjektiven Einflüssen. Die Maximalgrößen als Vergleichsgrößen alleine sind jedoch für eine fundierte, eventuell auch produktübergreifende Beurteilung nicht ausreichend. Es müssen weitere Anwendungen des Verfahrens folgen, um auf Grund vieler Ergebnisse aus verschiedenen Branchen schließlich eine „Vergleichsskala“ bilden zu können.

Mit diesem Verfahren werden Objekte aus technisch-naturwissenschaftlicher Sicht bewertet. Es handelt sich dabei um eine relativ klar „abgegrenzte“ Bewertung. Die Bewertungsergebnisse sind deshalb nur als Teil einer „ganzheitlichen“ Bewertung und Beurteilung zu sehen, die sich aus weiteren Bewertungsgrößen der Betriebswirtschaft u. v. m. ergibt. In dem Bereich der Wirtschaftswissenschaften gibt es zahlreiche Untersuchungen auf dem Gebiet des Innovationsmangements und der Beurteilung und Bewertung von Produktideen, die vor allem auf dem Hintergrund der Einflussgrößen des magischen Dreiecks Leistung-Nutzen-Zeit durchgeführt wurden (siehe hierzu /HAHNER00, HAFKESBRINK88, SCHNEIDER91/).

7 Zusammenfassung

Zielsetzung dieser Arbeit ist, ein Bewertungsverfahren zur Bestimmung des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades von Produktideen und Produkten aus technischer Sicht zu entwickeln. Mit Hilfe des Verfahrens können nun beschreibende, oft auch pauschal und qualitativ gehaltene Aussagen in quantitativ verwertbare Größen umgesetzt werden. Dadurch ist es möglich geworden, für das Erfolgspotenzial und den Innovationsgrad Zahlenwerte zu erhalten, die eine relativ genaue Einordnung von Innovationen erlauben.

Mit dem neuen Bewertungsverfahren sollen insbesondere Entwickler und Unternehmensleitungen die Möglichkeit erhalten, innovative Ideen oder Produkte zu bewerten und zu beurteilen. Die zu untersuchenden innovativen Objekte können vielfältig sein: einfache Ideen, Teilsysteme, Prototypen, fertige auf dem Markt befindliche Produkte u. v. m. Die Arbeit umfasst drei wesentliche Schwerpunkte.

Zunächst wurde das Forschungsgebiet der innovativen Produktentwicklung nach Bewertungsmöglichkeiten und –verfahren untersucht. Dabei zeigte sich, dass kein vorhandenes Verfahren in der Konstruktionstechnik der Forderung genügt, die innovativen Kenngrößen wie Neuheit und erweiterten Kunden- und Herstellernutzen umfassend zu berücksichtigen.

Im zweiten Schwerpunkt, der Entwicklung eines Bewertungsalgorithmus, stand die Frage im Mittelpunkt: „Wie kann Innovation messbar gemacht werden?“ Da Innovation gemäß ihrer Definition mit „neu“ und „erfolgreich“ in Verbindung gebracht wird, bedeutet die „Messbarkeit von Innovation“ die quantitative Bestimmung dieser innovativen Kenngrößen. Als Basis dieses Verfahrens eignen sich in besonderer Weise Teile der QFD-Methode, mit deren Hilfe in einem ersten Schritt die Kundenanforderungen an das Produkt und deren Umsetzung in Produktanforderungen analysiert werden. In einem weiteren Schritt wurde das Verfahren dahingehend modifiziert, die Neuheits-Bedeutung der Kunden- und Produktanforderungen und die Einflüsse auf den Produkterfolg aufzunehmen. Mit Hilfe mathematischer Mittelwertbildungen ist es möglich, Variablen (Einfluss-Wertigkeiten) zur weiteren Berechnung des Erfolgspotenzials und des Innovati-

onsgrades zu bestimmen. Durch die Quantifizierung innovativer Kenngrößen ist es jetzt erstmals möglich, die Marktdurchsetzungsfähigkeit und den Innovationsgrad innovativer Ideen oder Produkte durch Maßzahlen quantitativ zu kennzeichnen.

In der Pilotprojektphase - dem dritten Schwerpunkt dieser Arbeit – wurde das Bewertungsverfahren durch eine Auswahl typischer Projekte aus verschiedenen Sparten der Kosum- und Investitionsgüterindustrie einer kritischen Überprüfung unterzogen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse lassen, trotz der sehr begrenzten Anzahl an Pilotprojekten, darauf schließen, dass bei einer breiten Anwendung die Effektivität und die Effizienz des innovativen Entwicklungsprozesses gefördert werden.

Dieses Verfahren liefert Ergebnisse aus überwiegend technisch-naturwissenschaftlicher Sicht. Für eine fundierte gesamtunternehmerische Entscheidung einzelner Projekte müssen jedoch weitere Kriterien ermittelt, gewichtet und mit herangezogen werden, wie Firmenstrategie, Kernkompetenzen, Markttrends usw. Unter Berücksichtigung dieser betriebswirtschaftlich begründeten Kriterien können die hier zugrunde gelegten Definitionen des Erfolgspotenzials und des Innovationsgrades umfassender definiert werden. Durch Verknüpfung mit Kriterien aus unternehmensspezifischen Planungsstrategien ergeben sich schließlich für die Unternehmensleitung entscheidende Hinweise zur Verbesserung der eigenen Innovationsfähigkeit.

8 Ausblick

Das neu entwickelte Verfahren muss in weiteren Projekten erprobt werden. Die Strategie dieser weiteren Erprobung sollte insbesondere darauf ausgerichtet sein, für das Erfolgspotenzial und den Innovationsgrad Vergleichsgrößen zu erhalten. Dies ist nur durch sehr differenzierte, breit angelegte Erprobungen möglich. Dazu sind möglichst viele Objekte aus vielen Sparten der Konsum- und Investitionsgüterindustrie notwendig. Wünschenswert wäre die Entwicklung so genannter „Sollwerttabellen“, mit deren Hilfe die errechneten Größen, Erfolgspotenzial und Innovationsgrad verglichen werden können, z. B. für den Vergleich von Wettbewerbsprodukten oder von Produktgenerationen. Dadurch könnten die Ergebnisse genauer analysiert und interpretiert sowie der entsprechende Handlungsbedarf abgeleitet werden. Der erste Schritt zur Etablierung des neuen Bewertungsverfahrens ist demzufolge die Erstellung von Sollwerttabellen.

Weitere Anwendungsbereiche dieses neuen Verfahrens sind möglich. So könnte die Anwendung auf technische Dienstleistungen, auf technische Prozesse, eventuell sogar auf nicht-technische Anwendungen ausgedehnt werden. Auch Verknüpfungen mit bestehenden Verfahren können u. U. vorgenommen werden. Sind Innovationen sehr risikobehaftet, kann durch Verknüpfung dieses neu entwickelten Verfahrens z. B. mit der FMEA-Analyse ein Aufschluss über die Risikoträchtigkeit erhalten werden. Solche angedeuteten Verknüpfungen, oder auch anders gelagerte Verknüpfungen oder Verkettungen, bedürfen jedoch einer eingehenden Untersuchung und bilden einen neuen, eigenen Forschungsschwerpunkt.

Die genannten Aspekte zeigen die Vielfalt weiterer Anwendungen für Praxis und Forschung. Die Erfolge durch die Anwendung der vorgestellten Gesamtmethode stellen sich jedoch nicht von selbst ein, sondern erfordern ständiges Engagement und Kreativität aller beteiligten Personen des Innovationsprozesses; hier bietet sich für zukünftige Arbeiten ein weites Feld. Mit dieser Arbeit ist ein Grundstein für weitere Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Bewertung und Beurteilung von Innovationen gelegt worden.

Literatur

AMMON00 Ammon, G.: Literaturrecherche zu Innovationstechniken, Diplomarbeit im Hauptfach Konstruktionstechnik IMK, Universität Stuttgart, 2000

BARSKE01 Barske, H.: Innovations-Vorsprung, Strategische Erneuerung, Produktinnovation, Patentwesen, Symposion Publishing GmbH, Düsseldorf, 2001

BERTSCHE98 Bertsche, B., Marwitz, H., Ihle, H., Frank, R.: Entwicklung zuverlässiger Produkte, Konstruktion 50 (1998), Nr. 4

BERTSCHE99 Bertsche, B., Lechner, G.: Zuverlässigkeit im Maschinenbau, Ermittlung von Bauteil- und Systemzuverlässigkeiten, Springer-Verlag, Berlin, 1999

BÖHM96 Böhm, E.: Ein Instrument zur Unterstützung von Forschungs- und Entwicklungsmanagement in Industrieunternehmen, Dissertation, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Universität Karlsruhe, 1996

BIERMANN97 Biermann, T.: Innovation mit System: Erneuerungsstrategie für mittelständische Unternehmen, Springer-Verlag, Berlin, 1997

BINZ05 Binz, H., Reichle, M.: Evaluation Method to determine the Success Potential and the Degree of Innovation of Technical Product Ideas and Products, International Conference on Engineering Design, ICED Melbourne, 2005

BRANDENBURG01 Brandenburg, F.: Methodik zur Planung technologischer Produktinnovationen, Dissertation, Fachbereich Maschinenwesen, RWTH Aachen, 2001

BREIING97 Breiing, A., Ryszard, K.: Bewerten technischer Systeme, Theoretische und methodische Grundlagen bewertungstechnischer Entscheidungshilfen, Springer-Verlag, Berlin, 1997

BREIING01 Breiing, A., Kunz, A.: Kritische Betrachtung und Verbesserung der FMEA, Symposium Design for x; Neunkirchen 11. – 12. Okt. 2001

BROCKHOFF99 Brockhoff, K.: Forschung und Entwicklung, Planung und Kontrolle, R. Oldenbourg Verlag, München, 1999

BROMMER91 Brommer, U.: Innovation und Kreativität im Unternehmen: Erfolg durch neues Denken, Deutscher Sparkassenverlag, Stuttgart, 1991

BRONSTEIN74 Bronstein, I. N.; Semendjajew, K. A.: Taschenbuch der Mathematik, Verlag Harri Deutsch, Frankfurt/Main, 1974

BRUNS01	Bruns, R., Reuter, M.: Generierung von Innovationen mit Hilfe eines Expertensystems, Konstruktion September 9-2001
BULLINGER94	Bullinger, H-J., Warschat, J., Frech, J.: Kostengerechte Produktentwicklung, Target Costing und Wertanalyse im Vergleich, VDI-Z 136 (1994), Nr. 10
BULLINGER02	Bullinger, H-J., Schlick,G. H.: Wissenspool Innovation, Kompendium für Zukunftsgestalter, Frankfurter Allgemeine Buch, 2002
BURBAUM97	Burbaum, B.: Innovationen und Patentwürdigkeit technischer Lösungen, Dissertation, Fachbereich Maschinenwesen, RWTH Aachen, 1997
BUSCH99	Busch, B.: Erfolg durch neue Ideen, Cornelsen Verlag, 1999
COOPER02	Cooper, R.: Top oder Flop in der Produktentwicklung, Erfolgstrategien: Von der Idee zum Launch, WILEY-VCH Verlag, Weinheim, 2002
DIN25448	DIN 25448: Fehler-Möglichkeits- und Einfluß-Analyse, (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA), Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 1978
DIN69910-78	DIN 69910: Wertanalyse, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1978
DOMBRACHT04	Dombracht, M.: Konsequente Ausrichtung auf die Märkte durch Innovationsmanagement, REFA-Nachrichten 22004
EHRLENSPIEL02	Ehrlenspiel, K., Kiewert, A., Lindemann, U.: Kostengünstig entwickeln und konstruieren, Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung, Springer-Verlag, Berlin, 2002
EHRLENSPIEL03	Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung, Carl Hanser Verlag, München, 2003
FRANKE97	Franke, H.-J., Lippardt, S., Holstein, I.: Qualitätssicherung in Produktentwicklung und Konstruktion, VDI-Z 139 (1997), Nr. 1112
GAUSEMEIER01	Gausemeier, J., Ebbesmeyer, P., Kallmeyer, F.: Produktinnovationen – Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen, Carl Hanser Verlag, München, 2001
GERHARD98	Gerhard, E: Entwickeln und Konstruieren mit System, Ein Handbuch für Praxis und Lehre, expert verlag, Renningen-Malmsheim, 1998
GRÖßER92	Größer, H.: Systematische rechnerunterstützte Ermittlung von Produktanforderungen, Dissertation, Fachbereich Maschinenbau, TU Darmstadt, 1992
GRABOWSKI01	Grabowski, H., Paral, T.: Integrierter Methodeneinsatz im Produktionsinnovationsprozess, VDI-Z 143 (2001), Nr. 10

GRIFFIN93 Griffin, A, Page, A. L.: An Interim Report on Measuring Product Development Success and Failure, Journal of Product of Innovation Management, Vol. 10, 1993

GRIFFIN96 Griffin, A, Page, A. L.: PDMA Success Measurement Project: Recommended Measures for Product Development Success and Failure, Journal of Product of Innovation Management, Vol. 13, 1996

GROTE95 Grote K.-H.: Neue Technologien: Hilfsmittel bei der Produktentwicklung, Konstruktion 47 (1995)

HAHNER00 Hahner, C.: Bewertung von Innovationsideen mit Hilfe von Lebenszyklusaufwand, Dissertation, Betriebswirtschaftliches Institut, TU Stuttgart, 2000

HAFKESBRINK88 Hafkesbrink, J.: Effizienz und Effektivität innovativer Unternehmensentwicklungen, Methodische Grundlage zur Beurteilung der Leistungswirksamkeit von Innovationen, Dissertation, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Universität Duisburg, 1988

HALLMANN82 Hallmann, U.C.: Patentanmeldung leicht gemacht, Verlag Holzmann, Bad Wörishofen, 1982

HARGADON01 Hargadon, Andrew, Sutton, Robert I.: Knowing and Winning Business Idea when you see one; Harvard Business Review on Innovation; 2001

HAUSCHILDT97 Hauschildt, J.: Innovationsmanagement, Verlag Franz Vahlen, München, 1997

HEYDE91 Heyde, W., Laudel, G., Pleschak, F., Sabisch, H.: Innovationen in Industrieunternehmen, Prozesse, Entscheidungen und Methoden, Verlag Gabler, Wiesbaden, 1991

HINTZEN00 Hintzen, H., Laufenberg, H., Kurz, U.: Konstruieren, Gestalten, Entwerfen, Ein Lehr- und Arbeitsbuch für das Studium der Konstruktionstechnik, Verlag Vieweg, Braunschweig, 2000

JAHBERG03 Jahberg, H., Nagl-Reinprecht, C.: Effektives und effizientes Innovationsmanagement in einem mittelständischen Unternehmen, Konstruktion, Oktober 10-2003

KALKOWSKI97 Kalkowski, P.: Innovationsstrategien des deutschen Maschinenbaus, VDI-Z 139 (1997), Nr. 78

KLEIN99 Klein, B.: QFD-Quality Function Deployment, Konzepte und Anwendung für Produkte und Dienstleistungen, expert verlag, Renningen-Malmsheim, 1999

KLEINSCHMIDT96 Kleinschmidt, E.; Geschka, H.; Cooper, R.: Erfolgsfaktor Markt, Kundenorientierte Produktinnovation, Springer-Verlag, Berlin, 1996

KOBE01 Kobe, C.: Integration der Technologiebeobachtung in die Frühphase von Innovationsobjekten, Dissertation Universität St. Gallen; Nr. 2550; 2001

KOLLER97 Koller, R.: Wege zur Innovation technischer Produkte, Konstruktion 49 (1997)

KÖRSTEN01 Körsten, M.: Methodische Anstöße für Produktinnovationen, Dissertation, Fachbereich Maschinenwesen, RWTH Aachen, 2001

KROY95 Kroy, W., Palme, K.; Innovation und Information als Produktionsfaktor, Dt. Inst.-Verlag, Köln, 1995

LENK94 Lenk, E.: Zur Problematik der technischen Bewertung, Carl Hanser Verlag, München, 1994

LINDEMANN01-1 Lindemann, U.: Methoden in der Produktentwicklung, Konstruktion 12-2001

LINDEMANN01-2 Lindemann, U., Demers, M., Gerst, M., Wulf, J.: Lösungssuche mit Hilfe von Zielformulierungen, Konstruktion 3-2001

MALORNY97 Malorny,C., Schwarz, W., Backerra, H.: Die sieben Kreativitätswerkzeuge K7, Kreative Prozesse anstoßen, Innovation fördern, Carl Hanser Verlag, München, 1997

MEIER04 Meier, M.: Produktinnovation – vom Management zum Produkt, Innovation unter Einsatz modernster Methoden, Zentrum für Produkt-Entwicklung, ETH Zürich, 2004

NEUMANN96 Neumann, A.: QFD- Qualitätsplanung für Serienprodukte, Dissertation, Fachbereich Maschinenwesen, RWTH Aachen, 1996

PAHL97 Pahl, G., Beitz, W.: Konstruktionslehre, Methoden und Anwendung, Springer-Verlag Berlin, 1997

QUADBECK98 Quadbeck-Seeger, H.-J.: Faszination Innovation, WILEY-VCH Verlag, Weinheim, 1998

REICHENEDER01 Reicheneder, J., Schiegg, H.: Integration präventiver Qualitätssicherung in die Produktentwicklung, VDI-Z 143 (2001), Nr. 5

SABISCH91 Sabisch, H.: Produktinnovationen, Verlag C.E. Poeschel, Stuttgart, 1991

SCHLAAK99 Schlaak, T.: Der Innovationsgrad als Schlüsselvariable, Perspektiven für das Management von Produktentwicklungen, Dissertation, Institut für Betriebswirtschaftslehre Universität Kiel, 1999

SCHLICKSUP92 Schlicksupp, H.: Innovation, Kreativität und Ideenfindung, Vogel Buchverlag, Würzburg, 1992

SCHNEIDER91 Schneider, P.: Erfolgsfaktoren des Managements technologischer Produktinnovationen, Dissertation, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, TU Berlin, 1991

SCHLOSKE02 Schloske, A.: Quality Function Deployment (QFD) – Step by Step, Vorlesungsmanuskript Produktmanagement, BA Stuttgart, 2002

SCHMEISSER86 Schmeisser, W.: Systematische Erfindungsförderung als Unternehmensaufgabe: Wege zur Steigerung der Kreativität und zu erfolgreichen Innovationen, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1986

SEIBERT98 Seibert, S.: Technisches Management, Innovationsmanagement, Projektmanagement, Qualitätsmanagement, Verlag B.G. Teubner, Stuttgart, 1998

SPATH03 Spath, D.: Ganzheitlich produzieren, Innovative Organisation und Führung, Stuttgart: Logis_X Verlag GmbH 2003

SPECHT96 Specht, G., Beckmann, Ch.: F&E-Management, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 1996

SUTER83 Suter, H.: Wie Innovation zustande kommt, Von der Idee zur Tat – vom Stoff zum Produkt, Seewald Verlag, Stuttgart, 1983

TINTELNOT99 Tintelnot, C., Meißner, D., Seinmeier, I.: Innovationsmanagement, Springer Verlag, Berlin, 1999

VANJA98 Vanja, S.; Burchard, C.: Integrierte Produktentwicklung, Konstruktion 50 (1998), Nr. 4

VDA-RICHTLINIEN VDA-Richtlinien: Fehler-Möglichkeits- und Einfluss-Analyse, (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA)

VDI-BERICHT95 VDI-Bericht: Erfolg durch Produktinnovationen, VDI Verlag, Düsseldorf, 1995

VDI-2221-93 VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1993

VDI-2222.1-96 VDI-Richtlinie 2222 Blatt 1: Konzipieren technischer Produkte, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1977, Entwurf 1996

VDI-2222.2-82 VDI-Richtlinie 2222 Blatt 2: Erstellung und Anwendung von Konstruktionskatalogen, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1982

VDI-2225-97 VDI-Richtlinie 2225: Technisch wirtschaftliches Konstruieren, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1977

VDI-2247 VDI-Richtlinie 2247: Entwurf: Quality Function Deployment (QFD), VDI-Verlag, Düsseldorf, 1994

VDI-2801-02 VDI-Richtlinie 2801 und 2802: Wertanalyse, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1975

VDI-78 Arbeitshilfen zur systematischen Produktplanung, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1978

WARNECKEG99 Warnecke, G., Rauch, C., Puhl, H.: Technische Innovation im Spannungsfeld von Systemkomplexität und Gestaltungskompetenz, Aus Innovative Produktionstechnik, Festschrift zum 70. Geburtstag von G. Spur, Herausg.: Krause F.-L.; Uhlmann, E.; Carl Hanser Verlag, München, 1999

WARNECKEHJ93 Warnecke, H.-J.: Revolution der Unternehmenskultur, Das fraktale Unternehmen, Springer Verlag Berlin, 1993

WARNECKEHJ03-1 Warnecke, H.-J.: Mit Innovationen seine Position im internationalen Wettbewerb sichern, Vortrag im IPA-Innovationsforum 2. Juli 2003: Innovations- und Technologiemanagement

WARNECKEHJ03-2 Warnecke, H.-J.; Bullinger, H.-J.: Kunststück Innovation, Praxisbeispiele aus der Fraunhofer-Gesellschaft, Springer Verlag Berlin, 2003

WITT96 Witt, J.: Produktinnovation – Entwicklung und Vermarktung neuer Produkte, Verlag Franz Vahlen, München, 1996

ZEW01 ZEW- Branchenreport: Innovationsreport: Maschinenbau, Zentrum: Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim, Jahrgang 8, Nr. 8, Mai 2001

ZIEGLER02 Ziegler, L.: Systematische Erschließung von Innovationspotenzialen, Methodik mit Lösungsbeispielen für Kunststoffverarbeitungswerkzeuge, Dissertation, Fakultät Verfahrenstechnik und Technische Kybernetik, Uni Stuttgart, 2002

Literatur, gesichtet

ADAMS95 Adams, M.: Produktorientierte Bewertung der Einsatzmöglichkeiten innovativer Produkte, Dissertation, Fachbereich Maschinenwesen, RWTH Aachen, 1995

ADDIS01 Addis, Bill: Creativity and Innovation, The Structural Engineer's Constribution to Design, Architectural Press, Oxford, 2001

ASENKERSCHBAUMER87 Asenkerschbaumer, S.: Analyse und Beurteilung von technischem Know-how, Ein Beitrag zum betrieblichen Innovationsmanagement, Verlag Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1987

BÄR96 Bär, J., Petzina, D.: Innovationsverhalten und Entscheidungsstrukturen, Dunker & Humblot, Berlin, 1996

BALMER00 Balmer, R., Inversini, S.: Innovation im Unternehmen Vdf Hochschulverlag, ETH Zürich, 2000

BAUMANN02 Baumann, S.: Kundenorientierung und Anreizsysteme, Externe und interne Kundenzufriedenheit als Messgrößen der Balanced Scorecard, Deutscher Sparkassen Verlag, Stuttgart, 2002

BIERMANN97 Biermann, T., Dehr, G.: Innovation mit System, Springer-Verlag, Berlin, 1997

BILLINGTON96 Billington, D. P.: The Innovators, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1996

BLESSIN98 Blessin, B.: Innovation und Innovationsmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen, Europäische Forschungsstelle für den Ländlichen Raum, Universität Hohenheim, Stuttgart, 1998

BOCH99 Boch, R.: Patentschutz und Innovation in Geschichte und Gegenwart, Verlag Peter Lang, Frankfurt a.M., 1999

BOUTELLIER97 Boutellier, R., Völker R.: Erfolg durch innovative Produkte, Bausteine des Innovationsmanagement, Carl Hanser Verlag, München, 1997

BRACZYK97 Braczyk, H.-J.: Innovationsstrategien im deutschen Maschinenbau, Bestandsaufnahme und neue Herausforderung, Akademie für Technikfolgenabschätzung, in Baden-Württemberg 1997

BRÖKEL01 Brökel, K., Schlottmann, D., Scharr, G.: Innovation-Konstruktion-Berechnung, 3. Workshop Konstruktionstechnik, Shaker Verlag, Aachen, 2001

BULLINGER97 Bullinger, H.-J. Warschat; J.: Forschungs- und Entwicklungsmanagement, Simultaneous Engineering, Projektmanagement, Produktplanung, Rapid Product Development, B.G. Teubner Verlag, Stuttgart, 1997

DOMSCH95	Domsch, M., Ladwig, D., Siemers, S.: Innovation durch Partizipation, Eine Erfolg versprechende Strategie für den Mittelstand, Verlag Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1995
ETTLIE00	Ettlie, J. E.: Managing, Technological, Innovation, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2000
EVERSHEIM93	Eversheim, W., Schmitz, W. J., Ullmann, C.: Bewertung neuer Technologien, VDI-Z 135 (1993), Nr. 1112
HAUSCHILDT95	Hauschildt, J.: Zwischen Tradition und Innovation, Lehrstuhl für Allg. Betriebswirtschaftslehre, Bankbetriebslehre und Finanzwirtschaft, Universität Rostock, 1995
HEIDENREICH97	Heidenreich, M.: Innovationen in Baden-Württemberg, Akademie für Technikfolgenabschätzung, in Baden-Württemberg, 1997
HERSTATT91	Herstatt, C.: Anwender als Quellen für die Produktinnovation, Dissertation, Rechts- und staatswissenschaftliche Fakultät, Universität Zürich, CH, 1991
HIGGINS98	Higgins, J., Wiese, G.: Innovations-Strategien, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 1998
HOFFMEISTER00	Hoffmeister, W.: Investitionsrechnung und Nutzwertanalyse, Verlag Kohlhammer, Stuttgart, 2000
HOWARD92	Howard, W., Guile, B.: Profiting from Innovation, The free press, New York, 1992
KÖNIG02	König, M., Völker, R.: Innovationsmanagement in der Industrie Carl Hanser Verlag, München, 2002
KRAUSE99	Krause, F.-L., Uhlmann, E.: Innovative Produktionstechnik, Carl Hanser Verlag, München, 1999
LÜCKE89	Lücke, W., Dietz, J.-W.: Innovation und Controlling, Verlag Gabler, Wiesbaden, 1989
MAX-PLANK-FORUM02	Max-Plank-Forum: Innovative Structures in Basic Research, Ringberg-Symposium October 2000, Max-Plank-Gesellschaft, München, 2002
MAX-PLANK-FORUM06	Max-Plank-Forum: Science Between Evaluation and Innovation: A Conference on Peer Review, Ringberg-Symposium April 2002 ,Max-Plank-Gesellschaft, München, 2003
METZE80	Metze, G.: Grundlagen einer allgemeinen Theorie und Methodik der Technologiebewertung, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1980
MOWERY99	Mowery, D., Rosenberg, N.: Paths of Innovation, Technological Change in 20th-Century America, Cambridge University Press, 1999
PROBST89	Probst, G, Gomez, P.: Vernetztes Denken, Ganzheitliche Führung in der Praxis Gabler Verlag, Wiesbaden, 1989

REUTER00 Reuter, M.: Integration von Innovationstechniken in ein wissensbasiertes System, Dissertation, Fachbereich Maschinenbau, Universität der Bundeswehr, Hamburg, 2000

RITZ99 Ritz, P.: Bewertung technischer Änderungen im Werkzeugbau, Dissertation, Fachbereich Maschinenwesen, RWTH Aachen, 1999

RUDOLPH95 Rudolph, S.: Eine Methodik zur systematischen Bewertung von Konstruktionen, Dissertation, Fakultät Luft- und Raumfahrttechnik, Universität Stuttgart, 1995

SABISCH00 Sabisch, H.; Tintelnot, C.: Integriertes Benchmarking für Produkte und Produktentwicklungsprozesse, Springer-Verlag, Berlin, 1997

SCHLICKSUPP98 Schlicksupp, H.: Produktinnovation, Wege zu innovativen Produkten und Dienstleistungen, Vogel Buchverlag Würzburg, 1988

SCHULTZENDORFF92 Schultzendorff, P von: Potenzialanalyse, Ein Mittel zur Steuerung von unternehmensbezogenen Auswahl- und Bewertungsprozessen im Rahmen der Neuproduktplanung, Dissertation, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Bergische Universität, Gesamthochschule Wuppertal, 1992

STERN03 Stern, T.; Jaberg, H.: Erfolgreiches Innovationsmanagement, Erfolgsfaktoren - Grundmuster – Fallbeispiele, Verlag Dr. Th. Gabler GmbH, Wiesbaden, 2003

SUNDBO00 Sundbo, J.: The Theory of Innovation, Enterpreneurs, Technology and Strategy, Edward Elgar, Cheltenham, UK Northampton, MA, USA, 2000

TROMMSDORFF90 Trommsdorff, V.: Erfolgsfaktorenforschung, Produktinnovation und Schnittstelle Marketing – F&E, Wirtschaftswissenschaftliche Dokumentation, Technische Universität Berlin, 1990

TUSHMAN98 Tushman, M.L.; O'Reilly, Ch. A.: Innovation ist machbar, Moderne Industrie Verlag, Landsberg, 1998

WEBER97 Weber, J.: Ein Ansatz zur Bewertung von Entwicklungsergebnissen in virtuellen Szenarien, Dissertation, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik, Universität Karlsruhe, 1997

WEHKING00 Wehking, K.-H.: Tradition und Innovation – weltweite Seilforschung, Wechselwirkungen – Jahrbuch 2000 der Universität Stuttgart

WEHLING89 Wehling, H.-G.: Innovation, Kohlhammer Taschenbücher, Stuttgart, 1989

WILHELM01 Wilhelm, B.: Konzeption und Bewertung einer modularen Fahrzeugfamilie Dissertation, Fachbereich Maschinenwesen, RWTH Aachen, 2001

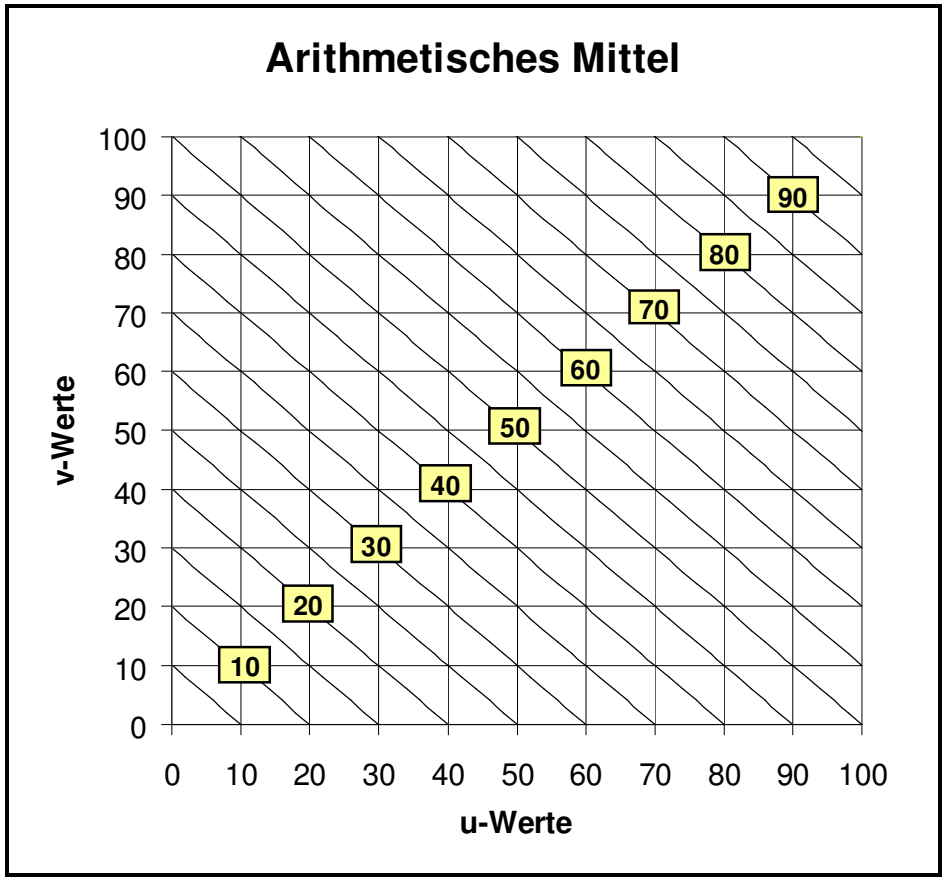
WOHINZ83 Wohinz, J.: Wertanalyse – Innovationsmanagement, Physica – Verlag, Würzburg – Wien, 1983

WEHRMANN88 Wehrmann, W.: Innovation quantitativ, Schriftenreihe der Technischen Universität Wien, 1988

ZÜNDORF81 Zündorf, L., Grunt, M.: Innovation in der Industrie, Campus Verlag, Frankfurt, 1981

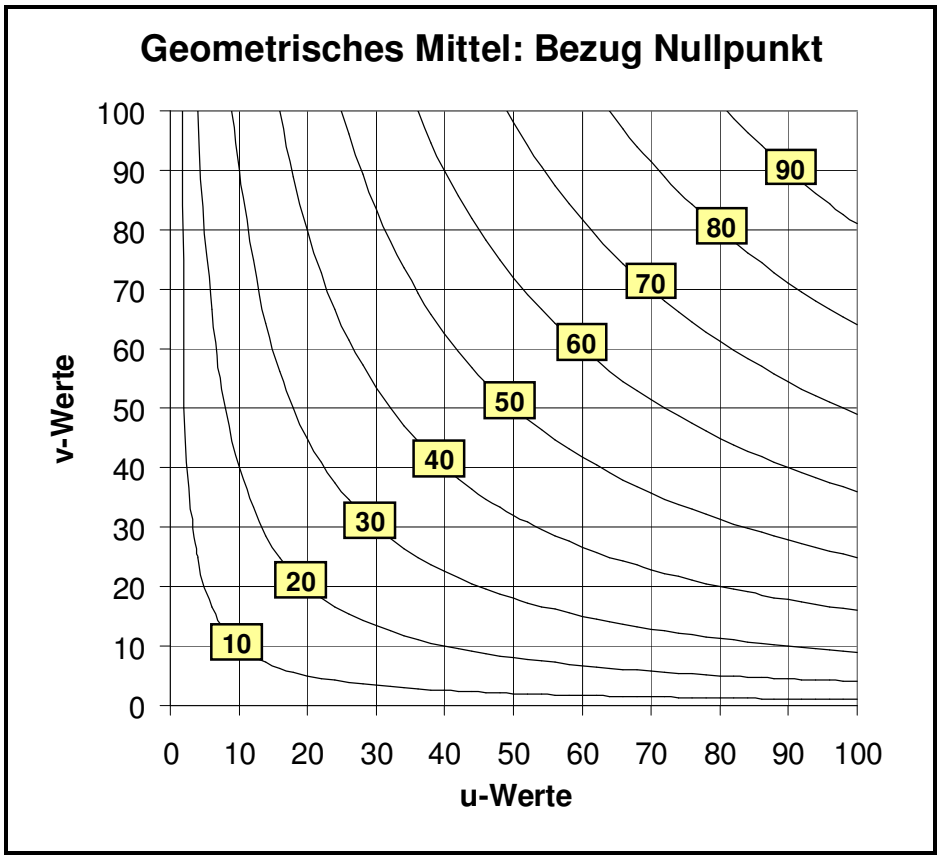
Anhang

A.1 Mathematische Mittelwertbildungen



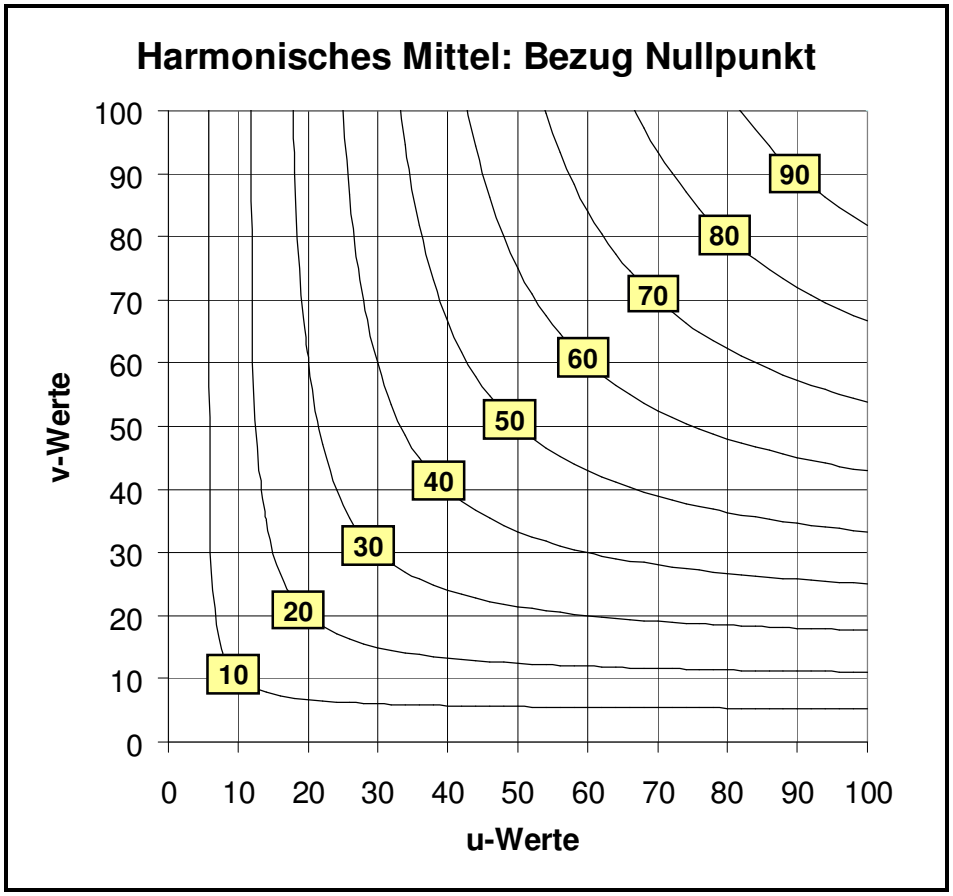
$$w_a = \frac{g_u \cdot u + g_v \cdot v}{g_u + g_v}$$

Bild A1.1: Arithmetischer Mittelwert $g_u = 1$, $g_v = 1$



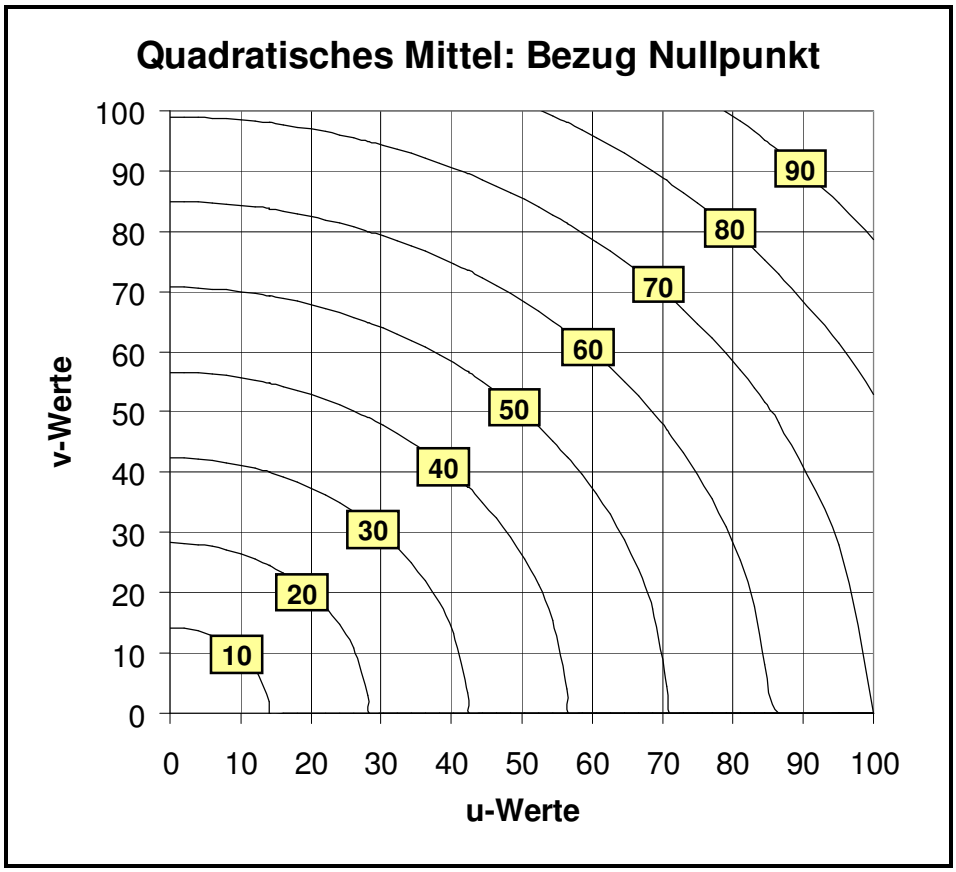
$$w_g = \sqrt[g_u + g_v]{u^{g_u} \cdot v^{g_v}}$$

Bild A1.2: Geometrischer Mittelwert, Bezug Nullpunkt („abwertend“), $g_u = 1$, $g_v = 1$



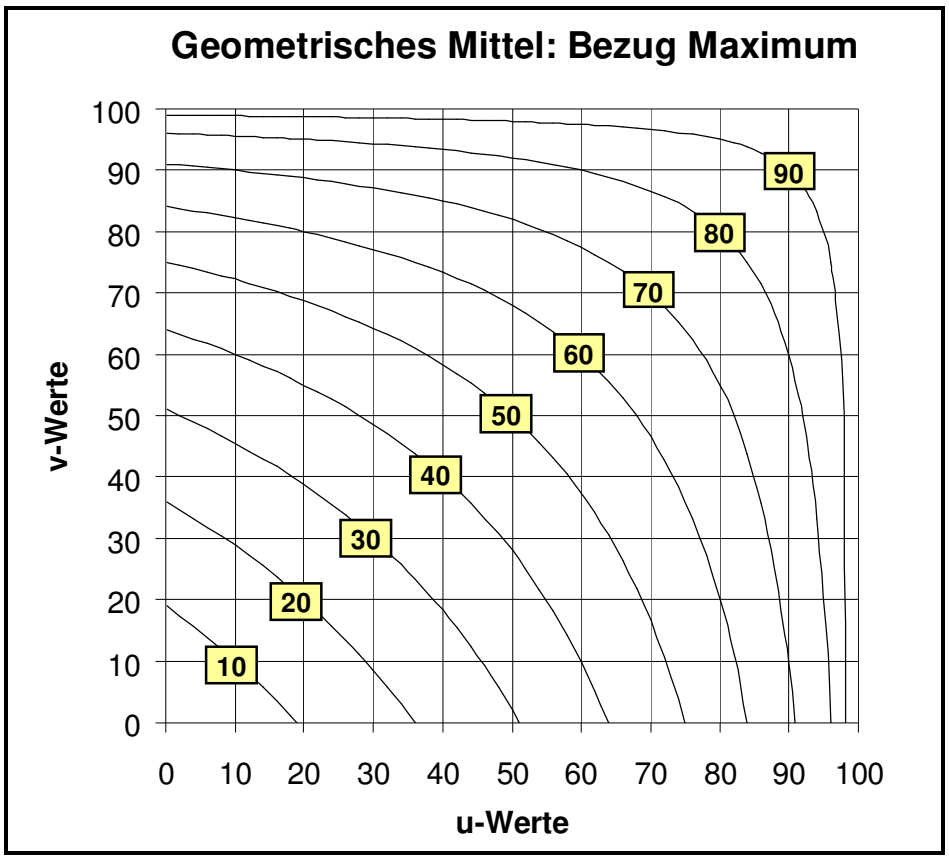
$$w_h = \frac{g_u + g_v}{\frac{g_u}{u} + \frac{g_v}{v}}$$

Bild A1.3: Harmonischer Mittelwert, Bezug Nullpunkt („abwertend“), $g_u = 1$, $g_v = 1$



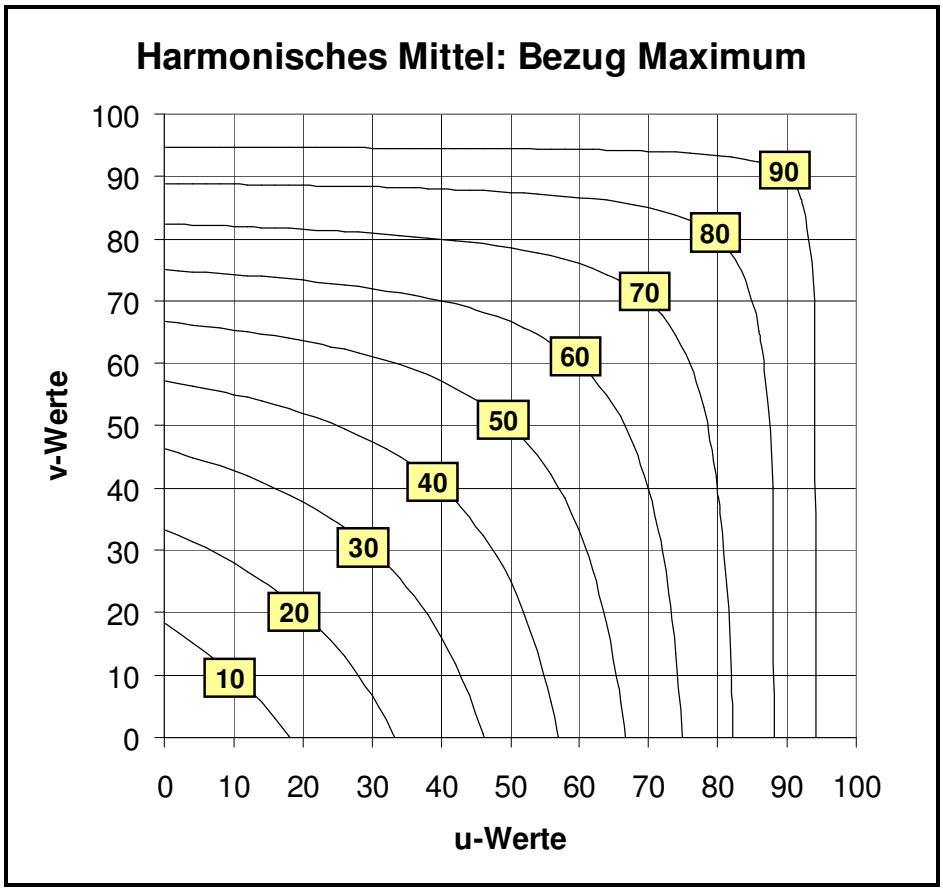
$$w_q = \sqrt{\frac{(g_u \cdot u)^2 + (g_v \cdot v)^2}{g_u{}^2 + g_v{}^2}}$$

Bild A1.4: Quadratischer Mittelwert, Bezug Nullpunkt („aufwertend“), $g_u = 1$, $g_v = 1$



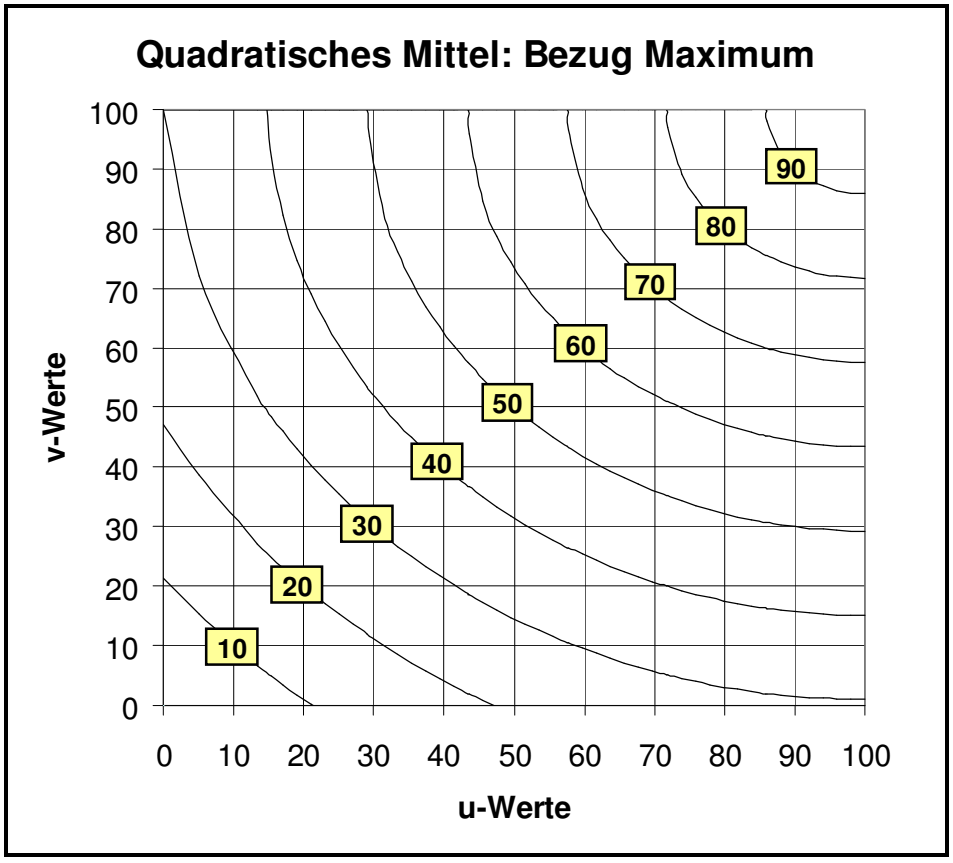
$$w_g = p_{max} - \sqrt[g_u+g_v]{(p_{max}-u)^{g_u} \cdot (p_{max}-v)^{g_v}}$$

Bild A1.5: Geometrischer Mittelwert, Bezug Maximum („aufwertend"), $g_u = 1$, $g_v = 1$



$$w_h = p_{max} - \frac{g_u + g_v}{g_u/(p_{max} - u) + g_v/(p_{max} - v)}$$

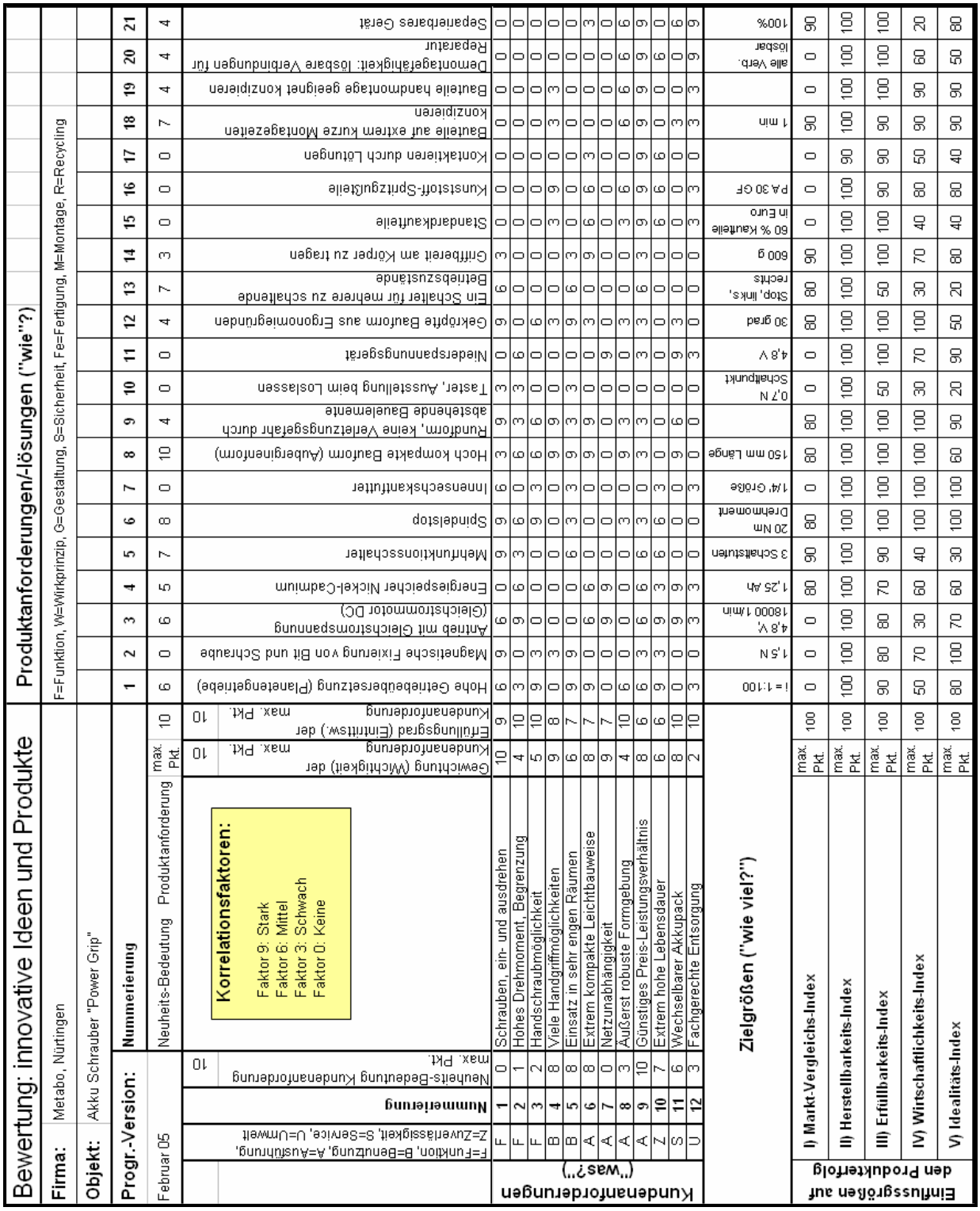
Bild A1.6: Harmonischer Mittelwert, Bezug Maximum („aufwertend"), $g_u = 1$, $g_v = 1$



$$w_q = p_{max} - \sqrt{\frac{(g_u(p_{max} - u))^2 + (g_v(p_{max} - v))^2}{g_u{}^2 + g_v{}^2}}$$

Bild A1.7: Quadratischer Mittelwert, Bezug Maximum („abwertend"), $g_u = 1$, $g_v = 1$

A.2 Pilotprojekte



| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

Tabelle A2.1: Projekt A: Akku-Schrauber „Power-Grip“, Fa Metabo, Blatt 5

Bewertung: innovative Ideen und Produkte								Produktanforderungen/-lösungen ("wie"?)																						
Firma:	Metabo, Nürtingen							F=Funktion, W=Wirkprinzip, G=Gestaltung, S=Sicherheit, Fe=Fertigung, M=Montage, R=Recycling																						
Objekt:	Akku Schrauber "Power Grip"																													
Progr.-Version:			**Nummerierung**					**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**		
Februar 05			Neuheits-Bedeutung Produktanforderung			max. Pkt.	10	6	0	6	5	7	8	0	10	4	0	0	4	7	3	0	0	0	7	4	4	4		
	F=Funktion, B=Benutzung, A=Ausführung, Z=Zuverlässigkeit, S=Service, U=Umwelt	**Nummerierung**	Neuheits-Bedeutung Kundenanforderung max. Pkt.	10	**Korrelationsfaktoren:** Faktor 9: Stark; Faktor 6: Mittel; Faktor 3: Schwach; Faktor 0: Keine	Gewichtung (Wichtigkeit) der Kundenanforderung max. Pkt.	10	Hohe Getriebeübersetzung (Planetengetriebe)	Magnetische Fixierung von Bit und Schraube	Antrieb mit Gleichstromspannung (Gleichstrommotor DC)	Energiespeicher Nickel-Cadmium	Mehrfunktionsschalter	Spindelstop	Innensechskantfutter	Hoch kompakte Bauform (Aubergineform)	Rundform, keine Verletzungsgefahr durch abstehende Bauelemente	Taster, Ausstellung beim Loslassen	Niederspannungsgerät	Gekröpfte Bauform aus Ergonomiegründen	Ein Schalter für mehrere zu schaltende Betriebszustände	Griffbereit am Körper zu tragen	Standardkaufteile	Kunststoff-Spritzgußteile	Kontaktieren durch Lötungen	Bauteile auf extrem kurze Montagezeiten konzipieren	Bauteile handmontage geeignet konzipieren	Demontagefähigkeit: lösbare Verbindungen für Reparatur	Separierbares Gerät		
						Erfüllungsgrad (Eintrittsw.) der Kundenanforderung max. Pkt.	10																								
II) Herstellbarkeits-Index und Technische Bedeutung																														
							arith.	94	77	98	85	76	79	64	100	96	57	74	84	67	67	74	82	61	68	65	68	72		
							geom.	94	73	98	84	72	77	53	100	96	38	70	82	58	58	69	79	53	60	55	60	66		
1. Erfolgs-Potential					**Abwertung**		harm.	94	70	98	83	69	74	43	100	96	25	66	81	51	51	64	77	46	53	47	52	61		
(ohne gewichteter Neuheit)							quadr.	92	67	97	79	66	71	49	100	94	39	64	77	53	53	63	74	51	55	51	54	60		
tent. Gewichtu		q=	1				geom.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	74	100	100	100	100		
Streckung/		gu=	1		**Aufwertung**		harm.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	83	100	100	100	100		
Stauchung:		gv=	1				quadr.	94	80	98	86	80	82	73	100	96	71	79	85	75	75	78	84	67	75	74	75	77		
							arith.	40	15	36	30	35	36	6	73	30	6	10	25	34	24	26	27	24	41	31	29	30		
							geom.	40	14	36	30	34	35	5	73	30	4	9	24	30	21	24	27	21	36	26	26	27		
2. Innovations-Potential					**Abwertung**		harm.	40	13	36	29	32	33	4	73	30	3	9	24	26	18	23	26	19	32	22	23	25		
(mit gewichteter Neuheit)							quadr.	39	13	36	28	31	32	5	73	30	4	8	23	27	19	22	25	20	33	24	24	25		
							geom.	42	19	37	35	46	45	10	73	32	10	13	30	51	36	35	34	30	60	47	43	41		
					Aufwertung		harm.	42	19	37	35	46	45	10	73	32	10	13	30	51	36	35	34	33	60	47	43	41		
							quadr.	40	15	36	30	37	37	7	73	30	7	10	25	38	27	28	28	27	45	35	32	32		

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

Tabelle A2.1: Projekt A: Akku-Schrauber „Power-Grip“, Fa Metabo, Blatt 7

Bewertung: innovative Ideen und Produkte								Produktanforderungen/-lösungen ("wie"?)																						
Firma:	Metabo, Nürtingen							F=Funktion, W=Wirkprinzip, G=Gestaltung, S=Sicherheit, Fe=Fertigung, M=Montage, R=Recycling																						
Objekt:	Akku Schrauber "Power Grip"																													
Progr.-Version:			**Nummerierung**					**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**		
Februar 05			Neuheits-Bedeutung Produktanforderung			max. Pkt.	10	6	0	6	5	7	8	0	10	4	0	0	4	7	3	0	0	0	7	4	4	4		
	F=Funktion, B=Benutzung, A=Ausführung, Z=Zuverlässigkeit, S=Service, U=Umwelt	**Nummerierung**	Neuheits-Bedeutung Kundenanforderung max. Pkt.	10	**Korrelationsfaktoren:** Faktor 9: Stark; Faktor 6: Mittel; Faktor 3: Schwach; Faktor 0: Keine	Gewichtung (Wichtigkeit) der Kundenanforderung max. Pkt.	10	Hohe Getriebeübersetzung (Planetengetriebe)	Magnetische Fixierung von Bit und Schraube	Antrieb mit Gleichstromspannung (Gleichstrommotor DC)	Energiespeicher Nickel-Cadmium	Mehrfunktionsschalter	Spindelstop	Innensechskantfutter	Hoch kompakte Bauform (Auberginenform)	Rundform, keine Verletzungsgefahr durch abstehende Bauelemente	Taster, Ausstellung beim Loslassen	Niederspannungsgerät	Gekröpfte Bauform aus Ergonomiegründen	Ein Schalter für mehrere zu schaltende Betriebszustände	Griffbereit am Körper zu tragen	Standardkaufteile	Kunststoff-Spritzgußteile	Kontaktieren durch Lötungen	Bauteile auf extrem kurze Montagezeiten konzipieren	Bauteile handmontage geeignet konzipieren	Demontagefähigkeit: lösbare Verbindungen für Reparatur	Separierbares Gerät		
						Erfüllungsgrad (Eintrittsw.) der Kundenanforderung max. Pkt.	10																								
IV) Wirtschaftlichkeits-Index und Technische Bedeutung																														
							arith.	69	62	63	65	46	79	64	100	96	22	59	84	32	52	44	72	41	63	60	48	32		
							geom.	67	61	54	65	46	77	53	100	96	21	59	82	32	49	44	71	40	57	52	46	30		
1. Erfolgs-Potential					**Abwertung**		harm.	64	61	46	65	45	74	43	100	96	19	58	81	32	46	43	71	38	52	46	45	27		
(ohne gewichteter Neuheit)							quadr.	64	61	50	65	46	71	49	100	94	22	58	77	32	49	44	70	40	54	50	46	31		
tent. Gewichtu		q=	1				geom.	76	63	83	65	47	100	100	100	100	22	61	100	32	56	44	73	41	75	74	49	33		
Streckung/		gu=	1		**Aufwertung**		harm.	82	64	92	66	47	100	100	100	100	23	62	100	32	59	44	74	42	83	83	51	34		
Stauchung:		gv=	1				quadr.	72	62	71	65	47	82	73	100	96	23	60	85	32	55	44	72	42	69	67	49	34		
							arith.	29	12	23	23	21	36	6	73	30	2	8	25	16	19	16	24	16	38	29	21	13		
							geom.	28	12	20	23	21	35	5	73	30	2	8	24	16	18	15	24	16	34	25	20	12		
2. Innovations-Potential					**Abwertung**		harm.	27	12	17	23	21	33	4	73	30	2	8	24	16	17	15	24	15	31	22	19	11		
(mit gewichteter Neuheit)							quadr.	27	12	19	23	21	32	5	73	30	2	8	23	16	18	15	24	16	33	24	20	13		
							geom.	32	12	31	23	22	45	10	73	32	2	8	30	16	20	16	25	17	45	35	21	14		
					Aufwertung		harm.	35	12	34	23	22	45	10	73	32	2	8	30	16	21	16	25	17	50	39	22	14		
							quadr.	31	12	26	23	22	37	7	73	30	2	8	25	16	20	16	24	17	41	32	21	14		

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

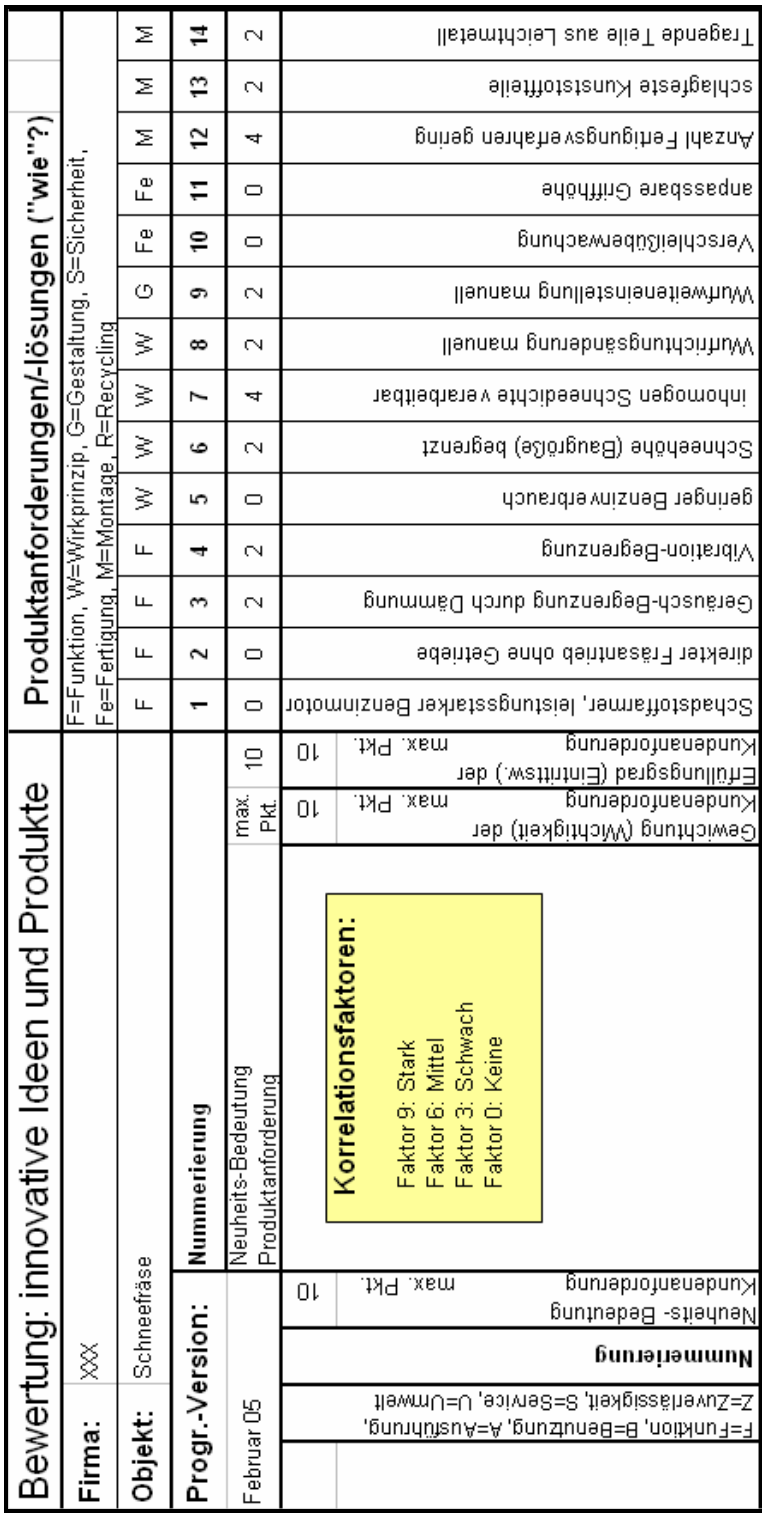
| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |



Bewertung: innovative Ideen und Produkte

Produktanforderungen/-lösungen ("wie"?)

F=Funktion, W=Wirkprinzip, G=Gestaltung, S=Sicherheit, Fe=Fertigung, M=Montage, R=Recycling

Firma: XXX

Objekt: Schneefräse

Progr.-Version: Februar 05

						F	F	F	W	W	W	W	G	Fe	Fe	M	M	M
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
					Nummerierung														
				Neuheits-Bedeutung Produktanforderung	max. Pkt.	10													
F=Funktion, B=Benutzung, A=Ausführung, Z=Zuverlässigkeit, S=Service, U=Umwelt							0	0	2	2	0	2	4	2	2	0	0	4	2	2
							Schadstoffarmer, leistungsstarker Benzinmotor													
							direkter Fräsantrieb ohne Getriebe													
							Geräusch-Begrenzung durch Dämmung													
							Vibration-Begrenzung													
							geringer Benzinverbrauch													
							Schneehöhe (Baugröße) begrenzt													
							inhomogen Schneedichte verarbeitbar													
							Wurfrichtungsänderung manuell													
							Wurfweiteneinstellung manuell													
							Verschleißüberwachung													
							anpassbare Griffhöhe													
							Anzahl Fertigungsverfahren gering													
							schlagfeste Kunststoffteile													
							Tragende Teile aus Leichtmetall													
							Gewichtung (Wichtigkeit) der Kundenanforderung max. Pkt.													
							Erfüllungsgrad (Eintrittsw.) der Kundenanforderung max. Pkt.													

Korrelationsfaktoren:

Faktor 9: Stark
Faktor 6: Mittel
Faktor 3: Schwach
Faktor 0: Keine

Potenzialberechnung

			IST	MAX.	IST in % von MAX.
Erfolgs-potenzial	Abwertung	arith.	55,5	74,1	75,0
		geom.	52,8	69,1	76,4
		harm.	50,4	64,8	77,8
		quadr.	51,9	65,5	79,2
	Aufwertung	geom.	62,7	94,6	66,2
		harm.	64,0	94,8	67,5
		quadr.	58,0	78,5	73,9
Innovations-grad	Abwertung	arith.	4,7	74,1	6,4
		geom.	4,5	69,1	6,5
		harm.	4,3	64,8	6,7
		quadr.	4,4	65,5	6,8
	Aufwertung	geom.	5,2	94,6	5,4
		harm.	5,3	94,8	5,6
		quadr.	4,9	78,5	6,2

Tabelle A2.2: Projekt B: Schneefräse, Firma X, Blatt 5

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

Bewertung: innovative Ideen und Produkte																				Produktanforderungen/-lösungen ("wie"?)		
Firma:	YYY																			F=Funktion, W=Wirkprinzip, G=Gestaltung, S=Sicherheit, Fe=Fertigung, M=Montage, R=Recycling		
Objekt:	Alternativer Fahrantrieb: Mod. multiphasen low-cost E-Antrieb																					
		F	F	F	F	F	W	W	G	G	G	G	G	S	M	M	M	R	R	R		
Progr.-Version:	**Nummerierung**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**		
Februar 05	Neuheits-Bedeutung Produktanforderung	8	6	8	8	6	5	8	8	8	8	6	9	3	3	3	3	3	3	3		
	F=Funktion, B=Benutzung, A=Ausführung, Z=Zuverlässigkeit, S=Service, U=Umwelt																					
	Nummerierung																					
	Neuheits- Bedeutung Kundenanforderung max. Pkt. 10																					
	Korrelationsfaktoren:																					
	Faktor 9: Stark																					
	Faktor 6: Mittel																					
	Faktor 3: Schwach																					
	Faktor 0: Keine																					
	Gewichtung (Wichtigkeit) der Kundenanforderung max. Pkt. 10																					
	Erfüllungsgrad (Eintrittsw.) der Kundenanforderung max. Pkt. 10																					
	Leistungsdichte																					
	höhere elektrische Leistung																					
	geringere EMV																					
	geringere Batteriebelastung wegen Stromrippel																					
	segmentierter Aufbau																					
	Baukastensystem für Durchmesser																					
	mechanische Widerstandsfähigkeit																					
	thermische Widerstandsfähigkeit																					
	geringeres Bauvolumen																					
	geringeres Gewicht																					
	kleine Zwischenkreiskondensatoren																					
	Notlauffähigkeit																					
	Stückzahlerhöhung durch Modularisierung																					
	Anbindung an gemeinsames Kühlsystem																					
	keine Kabel und Steckverbindungen																					
	"Gleichteile"																					
	einfache Qualitätskontrolle																					
	weniger Ausschuß																					
	einfache Demontage																					

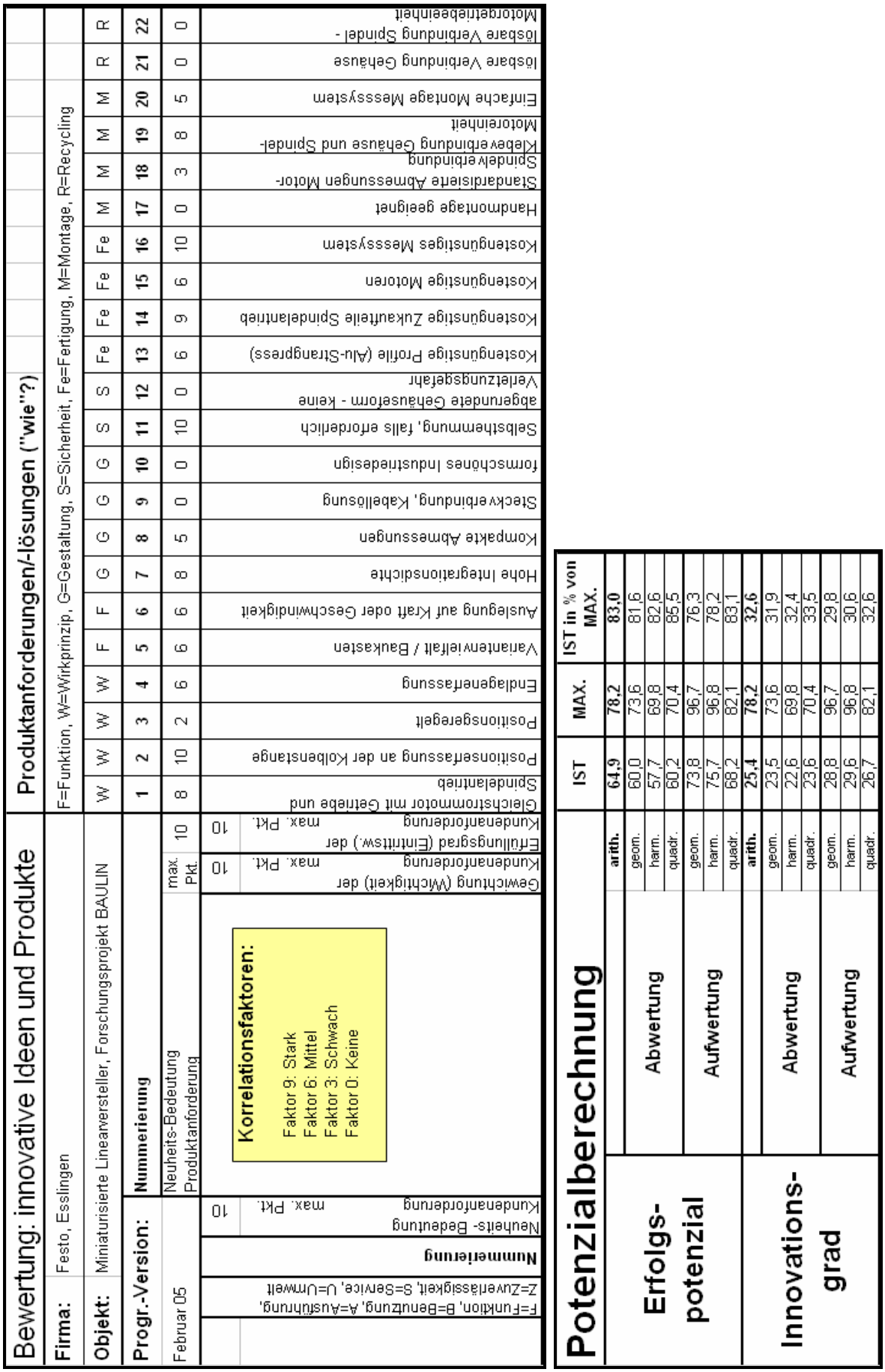
Potenzialberechnung			IST	MAX.	IST in % von MAX.
Erfolgs-potenzial	Abwertung	**arith.**	62,7	77,4	**81,0**
		geom.	57,9	71,7	80,8
		harm.	55,3	67,3	82,2
		quadr.	57,9	68,9	84,1
	Aufwertung	geom.	72,6	97,8	74,2
		harm.	73,9	98,0	75,4
		quadr.	66,0	82,1	80,4
Innovations-grad		**arith.**	**29,7**	**77,4**	**38,3**
	Abwertung	geom.	27,4	71,7	38,2
		harm.	26,0	67,3	38,7
		quadr.	27,3	68,9	39,6
	Aufwertung	geom.	34,5	97,8	35,3
		harm.	35,2	98,0	35,9
		quadr.	31,3	82,1	38,2

Tabelle A2.3: Projekt C: Altern. Fahrantrieb: Mod. Multiph. E-Antrieb, Blatt 4

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |



Bewertung: innovative Ideen und Produkte

Firma: Festo, Esslingen

Objekt: Miniaturisierte Linearversteller, Forschungsprojekt BAULIN

Progr.-Version: Februar 05

Produktanforderungen/-lösungen ("wie"?)

F=Funktion, W=Wirkprinzip, G=Gestaltung, S=Sicherheit, Fe=Fertigung, M=Montage, R=Recycling

F=Funktion, B=Benutzung, A=Ausführung, Z=Zuverlässigkeit, S=Service, U=Umwelt

Korrelationsfaktoren:
Faktor 9: Stark
Faktor 6: Mittel
Faktor 3: Schwach
Faktor 0: Keine

| | | |

Bewertung: innovative Ideen und Produkte

Produktanforderungen/-lösungen ("wie"?)

Firma: Braun

F=Funktion, W=Wirkprinzip, G=Gestaltung, S=Sicherheit, Fe=Fertigung, M=Montage, R=Recycling

Objekt: C 20 S mit Attachment und Hart/Weich-Griff

Progr.-Version: Nummerierung

Februar 05

Neuheits-Bedeutung Produktanforderung

Korrelationsfaktoren:
Faktor 9: Stark
Faktor 6: Mittel
Faktor 3: Schwach
Faktor 0: Keine

Die Veröffentlichung aller Kundenanforderungen ist von der Firma Braun nicht erwünscht!

Die Veröffentlichung aller Produktanforderungen/-lösungen ist von der Firma Braun nicht erwünscht!

Kundenanforderungen ("was?")

| F=Funktion, B=Benutzung, A=Ausführung, Z=Zuverlässigkeit, S=Service, U=Umwelt | Nummerierung | Neuheits- Bedeutung Kundenanforderung max. Pkt. 10 | Gewichtung (Wichtigkeit) der Kundenanforderung max. Pkt. 10 | Erfüllungsgrad (Eintrittsw.) der Kundenanforderung max. Pkt. 10 | Schnelles Aufheizen | verschiedene Rohrdurchmesser | Halbrundbürste abnehmbar | | |

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | |

Tabelle A2.5: Projekt E: Haarformer C 20 S, Firma Braun, Kronberg, Blatt 3

| Bewertung: innovative Ideen und Produkte | | | | | Produktanforderungen/-lösungen ("wie"?) | | | | |

Lebenslauf

Name:	Manfred Reichle
Geburtdatum:	5. Juli 1950
Familienstand:	Verheiratet, 3 Kinder
Staatsangehörigkeit:	deutsch

Schulausbildung:

1956 - 1964	Volksschule, Hauptschulabschluss

Berufsausbildung:

04.1964 – 09.1968	Ausbildung zum Werkzeugmacher bei der Firma K. M. Reich, „Holz Her“, Maschinenfabrik, Nürtingen

Berufstätigkeit:

10.1968 – 06.1970	Werkzeugmacher im Werkzeugbau, Firma K. M. Reich, „Holz Her“, Maschinenfabrik, Nürtingen

Zivildienst:

07.1970 – 12.1971	Altersheim und Kinderheim der Evangelischen Diakonissenanstalt, Metzingen

Fachschulreife:

02.1972 – 01.1973	Friedrich-Ebert-Schule, Berufsaufbauschule, Esslingen am Neckar

Hochschulreife:

09.1973 – 08.1975	Technische Oberschule, Stuttgart

Studium:

10.1975 – 02.1980	Maschinenbaustudium Universität Stuttgart Hauptfächer: Maschinenkonstruktion und Fördertechnik

Berufstätigkeit:

03.1980 – 05.1980	Konstrukteur, Konstruktionsbüro Schäfer, Nürtingen
06.1980 – 09.1980	Konstrukteur im Sondermaschinenbau, Firma Cross, Europa-Werk GmbH, Wendlingen am Neckar

Referendariat für das Höhere Lehramt:

10.1980 – 01.1982	Referendariat für das Höhere Lehramt, Max-Eyth-Schule, Berufs- und Fachschule, Stuttgart Hauptfächer: Maschinenbau und Mathematik

Berufstätigkeit:

Seit 09.1982	Friedrich-Ebert-Schule, Berufs- und Fachschule, Esslingen am Neckar Fachlehrer für allgemeinen Maschinenbau und Maschinenkonstruktion, Mathematik, Computertechnik
Seit 11.1995	Oberstudienrat