Auswählen und Bewerten

Dieses Dokument von Prof. Dr. Markus Meier entspricht noch nicht den Richtlinien von thekey to innovation. Der Inhalt dient dem internen Gebrauch der ETH Zürich.

1 Varianten auswählen, Lösungen bewerten

Auswählen und Bewerten sind „konvergente“ Vorgehensweisen [Pahl, Beitz 1993 (1)], die ein zuvor erzeugtes Variantenfeld durch einen Beurteilungsprozess auf aussichtsreiche Varianten einengen. Da der gesamte Entwicklungsprozess durch ein permanentes Generieren und Eingrenzen von Varianten gekennzeichnet ist [VDI-2222 1996 (1)], können Auswahl- und Bewertungsprozesse im Prinzip überall stattfinden. Eine ausführliche Beurteilung empfiehlt sich jedoch insbesondere am Ende des Konzept-, Entwurfs- und Ausarbeitungsprozesses als Grundlage für das Freigeben der Lösungen für den nachfolgenden Prozess.

Das Beurteilen von Varianten und Lösungen kann mit Auswahl- und Bewertungsmethoden umfassender und objektiver erfolgen. Beim Auswählen werden die prinzipielle Eignung von Varianten untersucht und ungeeignete Varianten ausgeschlossen. Hier wird die Methode „Auswahlliste“ zur Unterstützung von Auswahlprozessen erläutert. Beim Bewerten werden die geeigneten Lösungen hinsichtlich ihrer Qualität für das Erfüllen der Anforderungen untersucht. Dazu wird als betont intuitive Methode der Paarvergleich erläutert. Eine betont diskursive Methode ist die Methode der Punktbewertung nach [VDI-2225 1977 (1)].

Eine anschauliche Darstellung der Bewertungsergebnisse in Aufwand-Nutzen-Diagrammen und Werteprofilen fördert das Verständnis und erleichtert die Kommunikation.

1.1 Grundlagen zum Auswählen und Bewerten

Im Verlauf einer Produktentwicklung werden häufig mehrere, oft sogar viele Varianten erzeugt. Wegen ihrer verschiedenartigen Eigenschaften erfüllen diese Varianten die Aufgabe mehr oder weniger gut, manche Varianten sogar überhaupt nicht. Da beim Generieren von Varianten teilweise keine Beurteilung erfolgt, muss dies nachträglich durchgeführt werden. Dabei sind ungeeignete Varianten auszusondern, aus den geeigneten Lösungen die besten zu ermitteln und es muss entschieden werden, welche Lösungen weiter konkretisiert werden sollen. Dieses Beurteilen und Entscheiden muss fundiert erfolgen, da der Markterfolg und das Unternehmenswohl davon abhängen.

Beurteilen ist ein Prozess zur Unterscheidung von Varianten hinsichtlich der Erfüllung bestimmter Kriterien (Anforderungen) mit dem Ziel, eine fundierte Entscheidungen über das weitere Vorgehen vorzubereiten

Das Beurteilen kann sich beziehen auf

- Varianten, die durch ein Generierungsverfahren erzeugt, aber noch keine Beurteilung erfahren haben. Sie werden durch einen Auswahlprozess in ungeeignete Varianten (= Varianten-Schrott) und geeignete Varianten (= Lösungen) separiert.
- Lösungen, die Fest- und Bereichsforderungen erfüllen. Sie werden durch Bewertungsverfahren hinsichtlich der Güte der Aufgabenerfüllung differenziert.

Beurteilen kann also durch Auswählen oder Bewerten [Pahl, Beitz 1993 (1)] erreicht werden. Nach einem Beurteilungsprozess muss immer ein Entscheidungsprozess stattfinden.

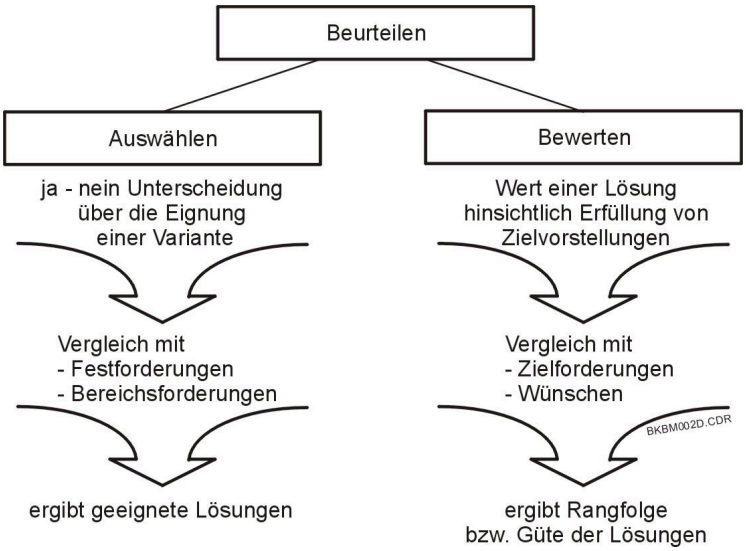

Bild (B141abeD) Auswählen und Bewerten als disjunkte Methoden des Beurteilens

Generell gilt: Erst auswählen, dann bewerten!

Das Erkennen und Aussondern ungeeigneter Varianten (meist auf Basis von Konzeptskizzen) fällt im allgemeinen relativ leicht. Auswählen erfordert daher im allgemeinen erheblich weniger Aufwand als das Bewerten und ist deshalb zuerst durchzuführen. Nur die nach

dem Auswählen verbliebenen, geeigneten Lösungen sollten bewertet werden. Dazu müssen die Eigenschaften dieser Lösungen meist erheblich konkreter sein.

1.2 Varianten auswählen

1.2.1 Grundlagen Varianten auswählen

Auswählen ist ein Prozess zum Eingrenzen der Variantenvielfalt, in dem Varianten bei einem Verstoß gegen Fest- oder Bereichsforderungen ausgeschieden werden.

Jede Variante einer Variantenmenge wird anhand von Auswahlkriterien beurteilt, die sie in jedem Fall erfüllen muss.

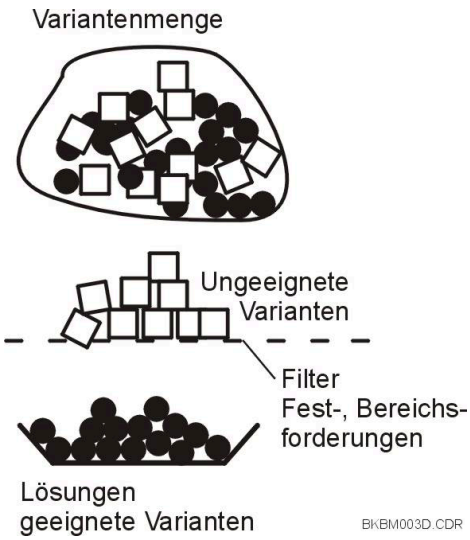

Bild (B142abeD) Auswählen von Varianten

Die Auswahlkriterien (sogenannte K.O.-Kriterien) werden in erster Linie aus Fest- und Bereichsforderungen abgeleitet. Beim Auswählen werden nur absolute (keine wertenden oder vergleichenden) Entscheidungen getroffen. Ergebnis des Auswählens ist eine ja/nein – Entscheidung (Variante ist geeignet/ungeeignet). Ungeeignete Varianten werden aus der weiteren Entwicklung ausgeschieden. Ist eine

Entscheidung nicht möglich wird eine Informationsbeschaffung oder eine Diskussion von widersprüchlichen Anforderungen angestoßen.

Durch Auswählen können aus einer großen Anzahl von Varianten diejenigen relativ einfach, schnell und nachvollziehbar herausgefiltert werden, die aussichtsreich für die weitere Konkretisierung sind.

Auswählen kann nach jedem Arbeitsschritt im Entwicklungsprozess angewendet werden. Es ist jedoch besonders für den Konzeptprozess geeignet, wenn die erzeugte Variantenmenge noch unbrauchbare oder gar unsinnige Varianten enthält, wie es z. B. nach einer Kreativitätstechnik oder nach dem Erstellen eines vollständigen Variantenbaums auftreten kann.

1.2.2 Methode „Auswahlliste“

Die Methode „Auswahlliste“ wurde von [Pahl, Beitz 1993 (1)] entwickelt.

Die *Methode „Auswahlliste“* wählt Varianten nach festgelegten, weitgehend allgemeingültigen Auswahlkriterien unter Nutzung eines Formblatts aus.

Grundlage der Methode „Auswahlliste“ ist ein Formblatt mit organisatorischen Angaben sowie einem Vorschlag von Auswahlkriterien und –werten.

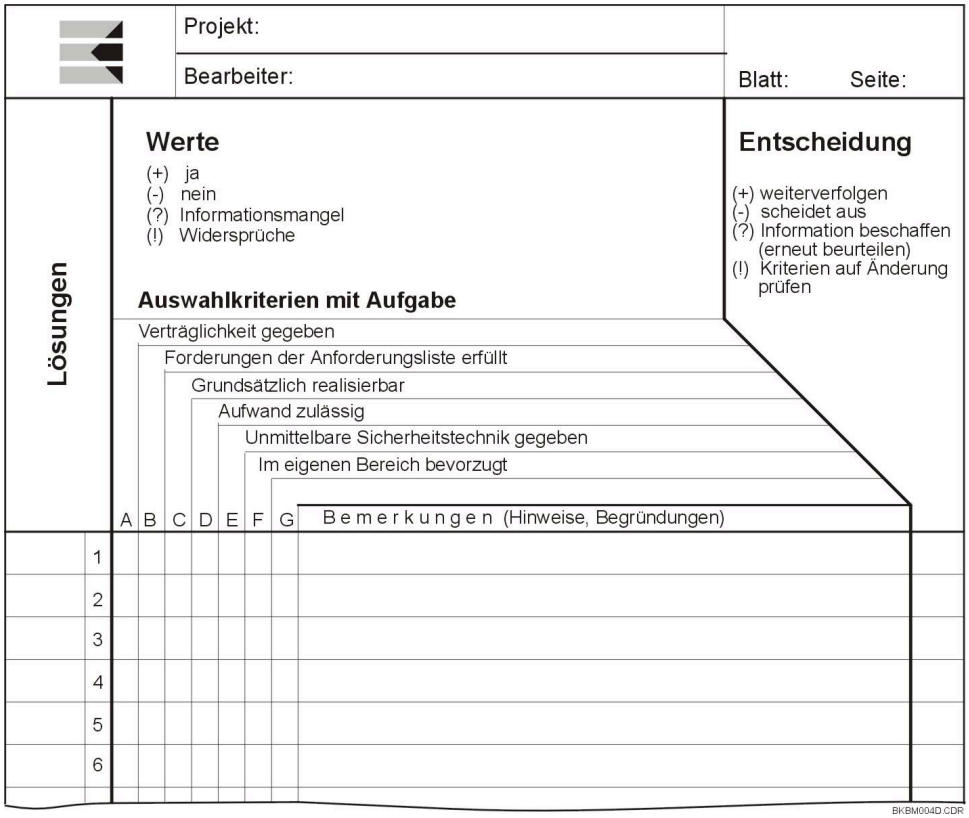

Bild (B143abeD) Formblatt mit Auswahlkriterien (Ausschnitt) nach [Pahl, Beitz 1993 (1)]

Die Methode „Auswahlliste“ gliedert sich in 3 Arbeitsschritte:

Auswahlkriterien festlegen	Die Methode „Auswahlliste“ kann mit den vordefinierten Auswahlkriterien durchgeführt werden oder durch individuell festgelegte Kriterien, die aus Fest- und Bereichsforderungen der Anforderungsliste abgeleitet werden. Die vordefinierten Auswahlkriterien werden beim Auswählen zunehmend schärfer formuliert und sieben ungeeignete Varianten wie mit einem Satz von immer feiner werdenden Sieben sehr effizient heraus.

Varianten beurteilen	Die Varianten werden hinsichtlich der Erfüllung der Auswahlkriterien beurteilt und das Ergebnis mit den Symbolen +, •, ?, ! gekennzeichnet. Varianten, die mit • beurteilt wurden scheiden aus dem weiteren Auswahlprozess aus. Bei einer ?- oder !-Beurteilung ist ein weiterer Klärungsprozess notwendig bevor entschieden wird (=> Wiedervorlage).
Entscheiden	Ergebnis der Auswahl ist eine eingeschränkte Menge von geeigneten Varianten, die es sich lohnt weiterzuverfolgen. Zudem können Fragen zur Informationsbeschaffung angestoßen und eine Diskussion von Anforderungen angeregt werden. Das Auswählen beinhaltet das Risiko, dass günstige Varianten aufgrund von Fehlbeurteilungen aus Informationsmangel nicht weiterverfolgt werden. Deshalb empfiehlt sich eine nachträglich Reflektion über das Auswahlergebnis.

Die Methode „Auswahlliste“ ist für eine Variantenmenge mit ca. 20 bis 50 Varianten geeignet, um diese vor dem Bewerten auf eine kleinere Lösungsmenge zu reduzieren.

1.3 Lösungen bewerten

1.3.1 Grundlagen

Lösungen erfüllen das Anforderungsspektrum im allgemeinen unterschiedlich. Diese Unterschiede können durch Bewerten ermittelt werden.

Bewerten ist ein Prozess zum Ermitteln des Werts, des Nutzens oder der Stärke einer Lösung in Bezug auf vorher festgelegte Zielvorstellungen (Soll-Eigenschaften). Dabei werden die IST-Eigenschaften einzelner Lösungen mit entsprechenden Soll-Eigenschaften (Zielvorstellungen) verglichen. Ergebnis des Bewertens ist eine Aussage über die Güte der Lösung (z. B. Lösung ist sehr gut, gut, ausreichend, gerade noch tragbar), die den Grad der Zielerreichung repräsentiert.

Ziel aller Bewertungsmethoden ist es:

- die für eine Aufgabe geeigneten Lösungen hinsichtlich ihres Grades der Zielerreichung zu unterscheiden und die besten Lösungen zu ermitteln
- die Bewertung nachvollziehbar zu gestalten und
- die Entscheidung zu objektivieren

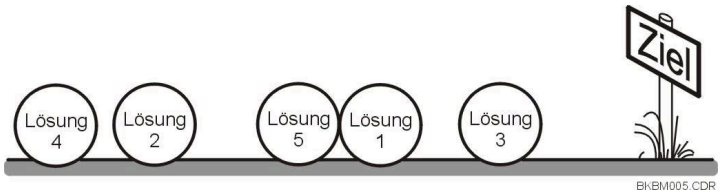

Bild (B144abeD) Bewertungsergebnis als Grad der Zielerreichung der einzelnen Lösungen

Dazu wird für jede Lösung ein Gesamtwert ermittelt, der den Grad der Zielerreichung repräsentiert.

Bewertungsmethoden basieren auf den nachfolgenden Grundsätzen [Birkhofer 1980 (1)]:

- Durchführen einer umfassenden Bewertung: Es werden alle relevanten Eigenschaften der einzelnen Lösungen (nicht nur Einzelgesichtspunkte) im richtigen Verhältnis entsprechend den Zielvorstellungen berücksichtigt.
- Transformation unterschiedlicher Eigenschaften in normierte Teilwerte: Es wird eine Werteskala genutzt bzw. erstellt als Maßstab für die Einordnung einzelner Eigenschaften und für deren Transformation in einen Teilwert, der als Rechengröße (Zahl, abzählbares Symbol) dargestellt ist.
- Bilden eines Gesamtwerts: Die Teilwerte werden zu einem Gesamtwert als Maß für die Annäherung einer Lösung an eine, bezüglich der Zielvorstellungen als ideal gedachte Lösung zusammengefasst.

Bewerten kann für alle Entscheidungen durchgeführt werden, bei denen grundsätzlich geeignete Lösungen hinsichtlich mehrerer Eigenschaften beurteilt werden müssen.

1.3.2 Intuitives Bewerten

Lösungen lassen sich gesamthaft bewerten, auch wenn ihre Eigenschaften nur lückenhaft vorliegen oder darüber nur wenige, tendenzielle Informationen vorliegen. Eine derartige, intuitiv geprägte Bewertung ist dann sinnvoll, wenn der Bewertende mit den Lösungen und deren Eigenschaften vertraut ist und ihre Realisierungs- und Marktchancen aufgrund seiner Erfahrung einschätzen kann (Expertise).

Intuitive Bewertungsmethoden (wie z. B. der Paarvergleich) können vielseitig eingesetzt werden, z. B. auch, um Gewichtungsfaktoren oder die Bedeutung von Lösungseigenschaften festzulegen.

1.3.2.1 Methode „Paarvergleich zum Bewerten"

Der Paarvergleich ist als Bewertungsmethode auch unter den Bezeichnungen „Konkurrenzbewertung" oder „Dominanzmatrix" bekannt.

Ein Paarvergleich ist eine betont intuitive Bewertungsmethode, in der alle Lösungen jeweils paarweise verglichen, mit einer Einzelwertung belegt und diese zu einer Gesamtwertung addiert werden.

Beim Paarvergleich werden die Lösungen in der Kopfzeile und Kopfspalte einer quadratischen Matrix aufgetragen.

		Lösung						
		1	2	3	4	5	6	7
Im Vergleich zu Lösung	1	–	1	0	1	0	1	0
	2	0	–	0	1	0	0	0
	3	1	1	–	1	0	1	0
	4	0	0	0	–	0	0	0
	5	1	1	1	1	–	1	1
	6	0	1	0	1	0	–	0
	7	1	1	1	1	0	1	–
Summe		3	5	2	6	0	4	1
Rang		4	2	5	1	7	3	6

1 = besser

0 = nicht besser

Babe005D.doc

Bild (B145abeD) Paarvergleich von 7 Lösungen
(1 = besser, 0 = nicht besser, - = nicht bewertet)

Eine weitere Art der Bewertung wäre:

1	=	besser
0	=	gleich
-1	=	schlechter

Mit dem Paarvergleich werden

- die Lösungen paarweise verglichen
- entschieden welche Lösung besser bzw. schlechter ist und dieses Ergebnis in das Matrixfeld eingetragen
- ein Gesamtwert durch Addition der Spaltensumme gebildet
- daraus die Rangordnung/ -folge der Lösungen (Ranking) abgeleitet

Der Paarvergleich führt bei einer Lösungsmenge •10 Lösungen in der Regel schnell zu einem begründeten Ergebnis über die Rangfolge. Dabei ist nur eine Aussage getroffen, ob eine Lösung besser als eine andere ist. Der Unterschied wird dabei jedoch nicht quantifiziert. Trotzdem reicht das Ergebnis in vielen Fällen aus, um sich für das Konkretisieren der besten Lösungen im weiteren Entwicklungsprozess zu entscheiden.

Das Bewerten mit der Methode „Paarvergleich" ist dann besonders zu empfehlen, wenn sich Experten einen schnellen Überblick über die Qualität eines nicht zu großen, aber schlecht einzuschätzenden Lösungsspektrums verschaffen wollen.

1.3.3 Diskursives Bewerten

Bewerten kann auch schrittweise als betont diskursiver Prozess erfolgen.

Beim diskursiven Bewerten werden alle relevanten Bewertungskriterien getrennt betrachtet, falls erforderlich entsprechend ihrer Bedeutung gewichtet und damit den Lösungen mit Hilfe von standardisierten Werteskalen ein Gesamtwert (Rangfolge und Wertigkeit der Lösungen) als Grundlage einer objektivierten Entscheidung zugeordnet.

1.3.3.1 Grundlagen diskursives Bewerten

Technische Produkte werden zur Befriedigung von Bedarfen realisiert, die aus spezifischen als auch unspezifischen Empfindungen (Bedürf-

nissen) herrühren. Entspricht der vom Kunden wahrgenommene Produktnutzen dem Produktpreis, kann es zum Kauf kommen. Der Produktnutzen geht dabei gewöhnlich weit über den reinen Gebrauchsnutzen hinaus [Dannheim 1991 (1)]

Der Produktnutzen für einen Kunden ist die Gesamtheit aller wahrgenommenen Grund- und Zusatzteilnutzen.

In Anlehnung an [Dannheim 1991 (1)] können verschiedene Nutzenarten unterschieden werden:

- Der Grundnutzen (auch Gebrauchsnutzen) wird durch den Zweck repräsentiert, für den das Produkt vom Kunden erworben wird (z. B. die Möglichkeit des Transports von Personen und Gütern mit einem PKW)
- Der Zusatznutzen umfasst den Individual- und Geltungs- (Sozial-)nutzen.
- Als Individualnutzen sind alle individuell vom Kunden erfahrbaren Teilnutzen zu betrachten, die über den eigentlichen Grundnutzen hinausgehen (z. B. die aktive und passive Sicherheit eines PKWs, Spiele bei Handys,…).
- Der Geltungsnutzen verschafft dem Kunden ein höheres Selbstwertgefühl und zu einer gesteigerten Wertschätzung durch sein Umfeld (z. B. sportliches Design, hochwertige Verarbeitung eines PKWs)

Mit dem Erwerb eines Produkts ist für den Kunden ein Aufwand in Form des Kaufpreises verbunden. Der Aufwand wird bei den meisten Produkten durch Betriebs- und Instandhaltungskosten beim Gebrauch noch erhöht.

Wenn Produkte umfassend bewertet werden sollen, müssen also alle Nutzen und Aufwände entsprechend ihrer Bedeutung für den Kunden erfasst und in die Bewertung einbezogen werden.

Bild (B146abeD) Nutzen und Aufwände bei einer Kaffeemaschine (Quelle: www.krups.de)

Diese Nutzen-Aufwandsbetrachtung gilt sinngemäß auch für Hersteller und wird bei den Darstellungsarten von Bewertungsergebnissen nochmals detailliert behandelt.

1.3.3.2 Methode „Punktbewertung“

Die Punktbewertung wurde insbesondere von der VDI-Richtlinie 2225 [VDI-2225 1977 (1)] propagiert und ist weit verbreitet. Ihr Einsatz ist allerdings nicht unumstritten [Birkhofer 1990 (1)], was häufig jedoch auf Anwendungsfehler zurückzuführen ist.

Der Methode liegt die Annahme zugrunde, dass ein Gesamtnutzen um so größer ist, je mehr Teilnutzen damit erreicht werden können und je höher die einzelnen Teilnutzen sind. Deshalb werden bei der Punktbewertung die Teilnutzen für jedes Produkt systematisch ermittelt und zu einem Gesamtwert addiert.

Gesamtnutzen = Summe aller Teilnutzen

Die Punktbewertung nach VDI 2225 [VDI-2225 1977 (1)] besteht im Kern aus einer Folge von 7 Arbeitsschritten, die durch Werteskalen und Formblätter unterstützt werden.

Lösungen bewerten

1. Zielvorstellungen aufstellen und Bewertungskriterien ableiten	Die Zielvorstellungen werden aus der Anforderungsliste oder aus Lösungseigenschaften, die erst während des Konzipierens erkennbar werden abgeleitet. Aus den Merkmalen der Zielvorstellungen lassen sich dann Bewertungskriterien ableiten.
2. Bewertungskriterien hinsichtlich ihrer Bedeutung untersuchen, eventuell Gewichtungsfaktoren festlegen	Bei deutlich unterschiedlicher Bedeutung der Bewertungskriterien werden diese durch Gewichtungsfaktoren berücksichtigt. Diese lassen sich durch Kundenbefragungen, Abschätzen im Team oder durch Paarvergleich ermitteln.
3. Eigenschaften der einzelnen Lösungen zusammenstellen	Die zu bewertenden Eigenschaften der Lösungen müssen mit den Bewertungskriterien korrelieren und können durch alle Methoden, die bereits beim Konkretisieren eingesetzt wurden, ermittelt werden.
4. Allgemeine Werteskala auswählen	Werteskalen normieren die konkreten Lösungseigenschaften auf „verrechenbare“ Werte oder Symbole. Sie stellen Standards für die Vergabe von Punkten oder Symbolen dar, denen eine verbal beschrieben Wertung zugeordnet ist.
5. Spezielle Werteskala erarbeiten	Spezielle Werteskalen ordnen den normierten Werten der allgemeinen Werteskalen konkrete, aufgabenspezifische Werte zu.
6. Lösungseigenschaften nach Wertvorstellungen beurteilen, Teilwerte bilden	Die Eigenschaften jeder Lösung werden mit der speziellen Werteskala in normierte Teilwerte transformiert

7. Gesamtwert bilden — Die normierten Teilwerte werden für jede Lösung zu einem Gesamtwert addiert, wobei ungewichtete und gewichtete Teilwerte eingesetzt werden können. Bevorzugt sollen daraus Wertigkeiten ermittelt werden, die dem Grad der Annäherung einer Lösung an eine Ideallösung entsprechen.

Zielvorstellungen aufstellen und Bewertungskriterien ableiten

Die Zielvorstellungen beschreiben die Solleigenschaften einer fiktiven Ideallösung. Sie werden aus den Anforderungen ermittelt oder aus Lösungseigenschaften, die im Verlauf der Produktentwicklung erkennbar werden. Beim Aufstellen von Zielvorstellungen ist anzustreben:

- Eine weitgehende Vollständigkeit der Ziele (ganzheitliche Bewertung)
- Eine weitgehende Unabhängigkeit der einzelnen Ziele (nicht das gleiche Ziel in unterschiedlichen Formulierungen mehrfach beschreiben)

Aus den Merkmalen der Zielvorstellungen, die ja Eigenschaftscharakter haben, lassen sich dann die Bewertungskriterien ableiten. Den Bewertungskriterien werden sinnvolle Wertebereiche zugeordnet. Sinnvoll sind Wertebereiche dann, wenn sie den Stand der Technik und die Marktakzeptanz berücksichtigen und hierzu Eckwerte von guten bis zu gerade noch tragbaren Werten festlegen. Die Wertebereiche können teilweise direkt aus den Anforderungen abgeleitet werden, z. B. bei Bereichsforderungen.

a) Ermitteln von Zielvorstellungen (SOLL-Eigenschaften)	b) Ableiten von Bewertungskriterien (Merkmalen)	c) Festlegen von Wertbereichen sehr gute (++) gerade noch tragbar (--)	
Hohe Zuladung	Zuladung	> 400 L Gepäck < 300 L Gepäck	++ --
Geringer Energieverbrauch	Kraftstoffverbrauch	6.5 – 7 L/100 km 7.5 - 8 L/100 km	++ --
Ansprechendes Design	Design	Sportlich konventionell, Nutzform	++ --

Tabelle (T004abeD) Zielvorstellungen, Bewertungskriterien und Wertebereiche am Beispiel eines PKW für junge Familien

Bewertungskriterien hinsichtlich ihrer Bedeutung untersuchen, eventuell Gewichtungsfaktoren festlegen:

Bewertungskriterien sind im allgemeinen unterschiedlich wichtig für die Qualität einer Lösung [Birkhofer et al. 1992 (1)]. Die Wichtigkeit (Gewichtung) von Kriterien hängt von unterschiedlichen Faktoren ab:

- Konkrete Aufgabenstellung (Bedeutung des Kriteriums „Produktgewicht" bei Diesellokomotiven oder bei Segelflugzeugen)
- Kunde (Markt) und dessen Bedarfen, Neigungen, Erfahrungen und Einstellungen (Bedeutung des Kriteriums „Zuladung" bei PKW-Kombis oder bei Funmobilen)
- Zeitlich veränderliche Einflüssen wie Trends oder Moden (Bedeutung des Kriteriums „Benzinverbrauch" 1960 oder 1979 (Ölkrise))

Sind Bewertungskriterien unterschiedlich wichtig, können diese Unterschiede durch Gewichtungsfaktoren repräsentiert werden. Übliche Wertebereiche der Gewichtungsfaktoren sind 0 bis 1 bzw. 0 bis 100 %. Je höher der Gewichtungsfaktor ist, um so wichtiger ist das betreffende Kriterium. Bei der Festlegung von Gewichtungsfaktoren ist allein die Relation der Gewichtungsfaktoren zueinander ausschlaggebend, nicht der Absolutbetrag. Erfahrungsgemäß führt eine Gewichtung nur in Extremfällen zu einer, gegenüber der ungewichteten Bewertung veränderten Rangfolge der Lösungen. Sie spreizt jedoch die Gesamtwerte im allgemeinen stärker und verstärkt damit die Unterschiede.

Gewichtungsfaktoren können mit Hilfe folgender Methoden festgelegt werden:

- Schätzen im Team
- Befragen von Kunden (Kunden-, Marktanalyse)
- Paarvergleich (Konkurrenzbewertung). Es empfiehlt sich dabei, eine 3-teilige Werteskala zu verwenden, um den Grenzfall einer Spaltensumme = 0 (Kriterium fällt aus der Bewertung raus) zu vermeiden.

im Vergleich zu	Z	K	D
Z	1	0	0
K	2	1	0
D	2	2	1
Summe absolut	5	3	1
Summe normiert	1,0	0,6	0,2

Z = Zuladung
K = Kraftstoffverbrauch
D = Design
2 = wichtiger
1 = gleich wichtig
0 = weniger wichtig

Bewertungskriterium	Gew.-Faktor
Zuladung	1,0
Kraftstoffverbrauch	0,6
Design	0,2

BKBM009D.CDR

Bild (B148abeD) Gewichten von Bewertungskriterien am Beispiel eines PKW

Um das Risiko einer subjektiven Beeinflussung der Bewertung zu minimieren soll das Gewichten immer vor dem eigentlichen Bewerten durchgeführt werden! Bei gleicher oder annähernd gleicher Wichtigkeit der Kriterien ist das Gewichten nicht bewertungsrelevant und kann daher entfallen.

Eigenschaften der einzelnen Lösung zusammenstellen

Die zu bewertenden Lösungen werden möglichst neutral benannt und ihre Eigenschaften hinsichtlich der Bewertungskriterien beschrieben. Um die Lösungen beurteilungsfähig zu machen und eine objektive Beurteilung sicherzustellen, sollten alle Lösungen auf einen gleichen und ausreichenden Informationsstand gebracht werden.
Die Ist-Eigenschaften können mit allen beim Konkretisieren beschriebenen Methoden ermittelt werden:

- Analysieren anhand eigener Erkenntnisse und Erfahrungen
- Befragen von Fachleuten (Wissensakquisition: eigener Bereich, andere Abteilungen, Zulieferer, Kunden, Konkurrenz/Wettbewerb)
- Recherchieren, d. h. Analysieren von Markt, Patenten, Literatur hinsichtlich Technologien, Werkstoffen, Zulieferkomponenten, Kauf-, Wiederhol-, Normteilen
- Anordnungs- und/oder Gestaltungsstudien (skizzenhaft, grobmaßstäblich hinsichtlich Form, Platzbedarf, räumlicher Verträglichkeit, Kollision)

- Berechnen (orientierend, überschlägig)
- Simulieren (Vor- und Modellversuche, Rechnersimulation, Ähnlichkeitsbetrachtungen)

Allgemeine Wertskalen							
Konkurrenzbew.		Stiftung Warentest		Richtl. VDI 2225 /1/		Nutzwertanalyse /9/	
Pkt.	Bedeutung	Symb	Bedeutung	Pkt	Bedeutung	Pkt	Bedeutung
0	schlecht	- -	unbefriedi-gend	0	unbefriedigend	0	praktisch unbrauchbare Lösung
						1	sehr mangelhafte Lösung
		-	noch tragbar	1	gerade noch tragbar	2	schwache Lösung
						3	tragbare Lösung
		0	Ausreichend zufrieden-stellend	2	ausreichend	4	Ausreichende Lösung
1	gut					5	Befriedigende Lösung
		+	gut	3	gut	6	gute Lösung mit geringen Mängeln
						7	gute Lösung
		+ +	sehr gut	4	sehr gut (Ideal)	8	sehr gute Lösung
						9	über die Zielvor-stellung hinausgehende Lösung
						10	Ideallösung

Bild (B149abeD) IST-Eigenschaften ermitteln am Beispiel eines PKW

Allgemeine Wertskala auswählen

Allgemeine Wertskalen sind Standards für die Vergabe von Punkten oder Symbolen, denen eine verbal beschriebene Bedeutung zugeordnet ist. Sie dienen dazu, die konkreten Eigenschaften in miteinander „verrechenbare“ Werte zu transformieren. Üblicherweise verwendete allgemeine Wertskalen werden im folgenden Bild dargestellt.

Bewerungs-kriterium	gi	Lösung1	Lösung 2	Lösung 3
Zuladung Liter Gepäck	1.0	320	420	455
L / 100 km	0.6	7.6	7.9	6.6
Design	0.6	Sportlich grosser Individualwert	Sportlich betont, sehr repräsentativ	wenig sportlich, Kombi

Tabelle (T005abeD) Übliche allgemeine Wertskalen

Je konkreter die Lösungen sind, um so detaillierter kann üblicherweise die Werteskala sein. Für die Bewertung von Konzepten hat es sich bewährt, die Werteskala nach VDI 2225 anzuwenden.

Spezielle Werteskala erarbeiten

Spezielle Wertskalen ordnen den normierten Werten der ausgewählten allgemeinen Wertskala konkrete aufgabenspezifische Werte zu. Hierbei werden die sehr guten und die gerade noch tragbaren Werte der Bewertungskriterien den maximalen bzw. minimalen Punkten der allgemeinen Wertskala (z. B. 0 und 4 Punkte bei der Werteskala nach VDI 2225) zugeordnet.

Anschließend werden die Zwischenwerte festgelegt und zugeordnet (Skalieren der Eigenschaften). Üblich ist eine lineare Werteverteilung, von der nur in begründeten Fällen abgewichen werden sollte.

Bewertungs-kriterium	Punkte (nach VDI 2225)				
	4	3	2	1	0
Zuladung Liter Gepäck	>450	>400	>350	>300	< 300
Kraftstoff-verbrauch L/100km	<6,5	<7.0	<7,5	<8,0	>8,0
Design	sportliches Image und Fahrleistungen	repräsentativ sportliche Fahrleistungen	konventionell	konventionell Nutzform	konventionell bieder

Babe011D.CDR

Bild (B151abeD) Spezielle Werteskala am Beispiel eines PKW

Das Erarbeiten einer speziellen Werteskala ist der entscheidende Arbeitsschritt in einer Punktbewertung und sollte sorgfältig durchgeführt werden [Birkhofer et al. 1992 (1)]. Die nachfolgenden Arbeitsschritte folgen dann weitgehend automatisch daraus.

Lösungseigenschaften nach Wertvorstellungen beurteilen, Teilwerte bilden

Die Eigenschaften der zu bewertenden Lösungen werden nun mit Hilfe der speziellen Wertskala in normierte und „addierbare“ Teilwerte transformiert.

Gesamtwert bilden

Die einzelnen Teilwerte können dann für jede Lösung zu einem Gesamtwert addiert werden. Er repräsentiert entsprechend der Philosophie der Punktbewertung den aus der Addition der Teilnutzen ermittelten Gesamtnutzen.

	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3
Zuladung Liter Gepäck	1	3	4
Kraftstoffverbrauch L / 100 km	1	1	3
Design	4	3	1
Gesamtwert	6	7	8

Tabelle (T006abeD) Ermitteln der Teil- und Gesamtwerte am Beispiel eines PKW

1.3.4 Bewertungsergebnisse darstellen

Die Ergebnisse sowohl der intuitiven als auch der analytischen Bewertung lassen sich unterschiedlich darstellen. Üblich sind:

- Numerische Darstellungen (Für die einzelnen Lösungen werden unterschiedliche Gesamtwerte errechnet und zahlenmäßig angegeben)
- Grafische Darstellungen (Visuell anschaulicher wird der Vergleich von Lösungen durch die Darstellung in Werteprofilen oder Stärkediagrammen)

Beim Vergleichen der Lösungen können aufgrund unterschiedlicher Darstellungsarten verschiedene Gesichtspunkte mehr oder weniger betont einfließen und die Entscheidung beeinflussen.

1.3.4.1 Methode „Numerische Gesamtwertbildung“

Im folgenden werden die Formeln zum Berechnen unterschiedlicher Gesamtwerte aus den Teilwerten angegeben. Die Berechnung von Wertigkeiten als prozentuale Annäherung einer Lösung an den Idealwert (=100 %) wird wegen ihrer Anschaulichkeit besonders empfohlen.

	Gesamtwert	Mittlere Punktzahl	Wertigkeit	
Unge-wich-tet	$GW_j = \sum_i P_{ij}$	$P_j = \frac{\sum_i P_{ij}}{n}$	$W_j = \frac{GW_j}{n\,P_{max}}$	j = Lösung-Nr. i = Kriterien-Nr. P_{ij} = Teilwert g_i = Gew. Faktor n = Anzahl der Kriterien
Ge-wich-tet	$gGW_j = \sum_i (g_i\,P_{ij})$	$gP_j = \frac{\sum_i (g_i\,P_{ij})}{\sum_i g_i}$	$gW_j = \frac{gGW_j}{P_{max} \sum_i g_i}$	

Bild(B153abeD) Formeln zur Berechnung der Gesamtwerte

Erheblich erleichtert wird die Berechnung der Wertigkeiten und die Darstellung der Bewertungsergebnisse durch ein übersichtliches Ordnungsschema.

j

Produkt:		Bearbeiter:					
Bewertungskriterien		Lösung 1 norm. Werte		Lösung 2 norm. Werte		Lösung 3 norm. Werte	
Gew gi	verbale Beschreibung	ung. Pi1	gew. gi x Pi1	ung. Pi2	gew. gi x Pi2	ung. Pi3	gew. gi x Pi3
1,0	Zuladung Liter Gepäck	1	1,0	3	3,0	4	4,0
0,6	Kraftstoffverbrauch Liter / 100km	1	0,6	1	0,6	3	1,8
0,2	Design	4	0,8	3	0,6	1	0,2
	Gesamtwert GW_j	6	2,4	7	4,2	8	6,0

i

	W1	gW2	W2	gW2	W3	gW3
Wertigkeiten	0,50	0,33	0,58	0,58	0,67	0,83
Rangfolge	3	3	2	2	1	1

T141abeD.cdr

Tabelle (T141abeD) Ordnungsschema zur ungewichteten und gewichteten Punktbewertung am Beispiel „Bewertung von PKWs“

1.3.4.2 Methode „Werteprofile“

Werden nur 2 Varianten verglichen, kann die Darstellung ihrer Wertprofile wegen ihrer Anschaulichkeit sinnvoll sein. Teil- und Gesamt-

werte werden darin -gewichtet oder ungewichtet- grafisch visualisiert.

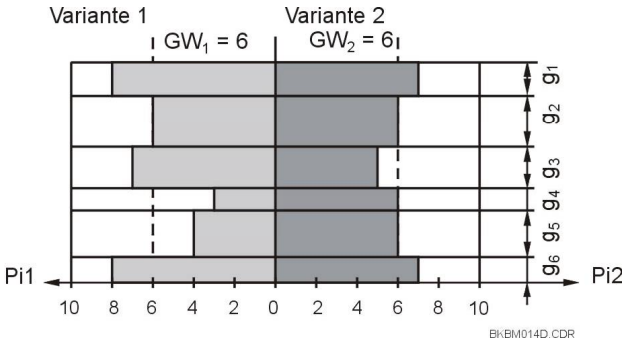

Bild (B154abeD) Werteprofile für 2 Lösungen (Balkenlänge = Punktwert, Balkenbreite = Maß für Gewichtung, Flächeninhalt = Gesamtwert der Lösungsvariante).

1.3.4.3 Methode „Stärke-Diagramm“

Die VDI-Richtlinie 2225 [VDI-2225 1977 (1)] schlägt das getrennte Ermitteln und Berechnen einer technischen und wirtschaftlichen Wertigkeit vor.

Zum Ermitteln der technischen Wertigkeit Wt werden Kriterien verwendet, die den Kundennutzen betreffen (Kundenwertigkeit). Die technische Wertigkeit Wt wird mit der Methode „Punktbewertung“ berechnet.

Zum Ermitteln der wirtschaftlichen Wertigkeit Ww werden die Kriterien verwendet, die den Aufwand des Herstellers betreffen (Hersteller-Wertigkeit). Sie können ermittelt werden:

- durch Punktbewertung wirtschaftlicher Kriterien (Herstellkosten, Preis, Lieferzeit, Betriebskosten...)
- durch Berücksichtigung der Herstellkosten als erster Anhaltspunkt für den vom Hersteller aufzubringenden Aufwand. Dabei werden die tatsächlichen Herstellkosten jeder Lösung auf ideale Herstellkosten einer Idealvariante bezogen.

$$W w = \frac{H_{ideal}}{H_{real}}$$

Mit Richtwert H_{ideal} ~ 0,8 bis 0,9 H_{min}

H_{min} = minimale Herstellkosten einer Lösung

Das Ergebnis wird im sogenannten Stärke-Diagramm visualisiert.

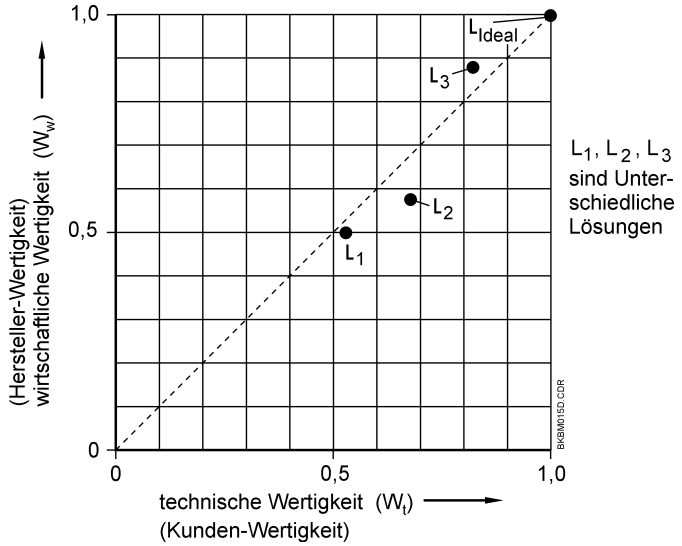

Bild (B155abeD) Stärke Diagramm zur Darstellung der technischen und wirtschaftlichen Wertigkeiten von Lösungen

Je näher eine Lösung zum Idealpunkt liegt, um so besser ist sie. Ausgewogene Lösungen mit annähernd gleicher wirtschaftlicher und technischer Wertigkeit (gleiche Aufwand-Nutzen-Relation) finden sich auf der Hauptdiagonalen.

Bei der Darstellung eines Lösungsspektrums im Stärke-Diagramm zeigt es sich, dass die Lösungen meist in einem Band um die Ideallösung angeordnet sind.

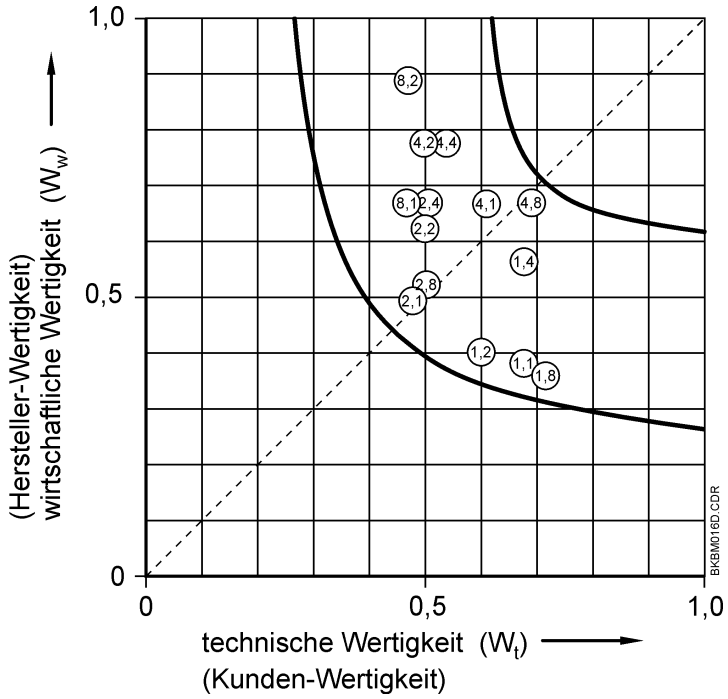

Bild (B156abeD) Verteilung der Lösungen einer Dosenverschließmaschine im Stärkediagramm

In einer derartigen Verteilung drückt sich die Dualität zwischen Nutzen und Aufwand aus. Ein größerer Nutzen wird i.allg. nur mit einem höheren Aufwand erreicht und umgekehrt.

1.3.4.4 Methode „Nutzen-Aufwandsdiagramme“

Der Vorschlag der technisch-wirtschaftlichen Bewertung nach VDI 2225 setzt den Nutzen für den Kunden den Aufwendungen des Herstellers gegenüber. Bei einer umfassenden Betrachtung von Nutzen und Aufwand bei Kunden und Hersteller können jedoch mehrere Fälle unterschieden werden, die jeweils wichtige Aussagen hinsichtlich der Chancen und Risiken von Lösungen ergeben.

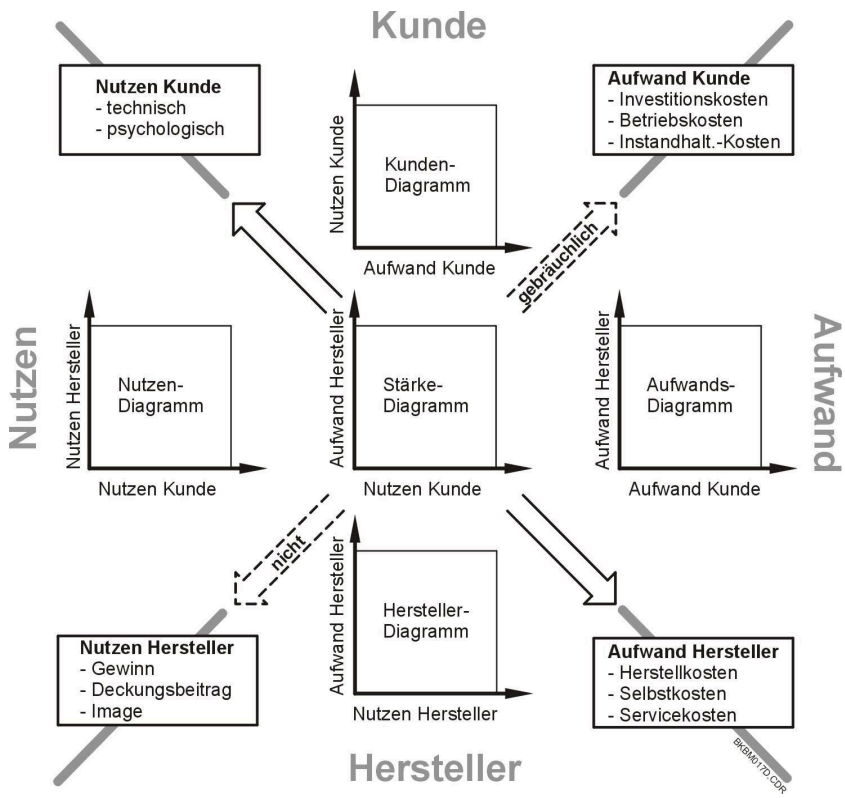

Bild (B157abeD) Diagramme zur zweidimensionalen Darstellung des Aufwands und Nutzens für Kunden und Hersteller

1.3.5 Entscheiden

Bei der endgültigen Entscheidung, welche der bewerteten Lösungen weiter verfolgt werden, sind neben den Erkenntnissen der Bewertungsergebnisse noch zusätzliche Überlegungen zu berücksichtigen:

- Bewertungsunsicherheiten abschätzen
- Schwachstellen der Lösungen eliminieren
- Entscheidung festlegen und begründen

Bewertungsunsicherheiten abschätzen

Das Festlegen von Bewertungskriterien, Gewichtungsfaktoren, Wertebereichen und Werteskalen ist erfahrungsgemäß nicht immer eindeutig und unterliegt individuellen Einflüssen.

- Art und Interpretation der Darstellungsform: Die Wahl der Darstellungsform kann einen Einfluss auf das Abschneiden der Lö-

sungen haben, da unterschiedliche Gesichtspunkte mehr oder weniger stark betont werden können.

- Abschätzen der Beurteilungsunsicherheiten, die aus personenbedingten und die verfahrensbedingten Fehler resultieren können.

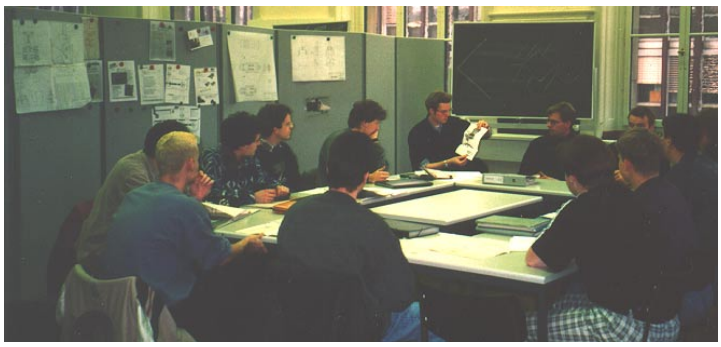

Bild (B158abe) Bewertungsdiskussion im Team

Personenbedingte Fehler	Abhilfe
- Subjektivität des Bewertenden	Im Team neu bewerten Lösungen neutral bezeichnen, Dominante Teilnehmer (z. B. Vorgesetzte) zurückhalten, Vorgehen schematisieren, Bei Einzelbewertungen die Ergebnisse gemeinsam diskutieren und zu einem Gruppenergebnis zusammenfassen,
- Bewertungskriterien nicht für alle Lösungen geeignet - Abhängigkeit der Kriterien untereinander	Kriterium umformulieren oder weglassen, Kriterien zusammenfassen (Klassen bilden) Gewichtung überprüfen,
- Unvollständigkeit der Kriterien	Checklisten beim Ableiten vom Bewertungskriterien verwenden
Verfahrensbedingte Fehler	**Abhilfe**
- Teil- und Gesamtwerte sind keine eindeutig festen Grössen (Bereiche)	Streuung der Werte grob abschätzen, verbale Schätzangaben verwenden, Ausgewogene Kriterien anstreben, „Realistische Bewertungen“ anstreben, keine Zahlenarithmetik, Ergebnis mit erstem Eindruck vor beginn der Bewertung vergleichen

Tabelle (T003abeD) Personen- und verfahrensbedingte Fehler beim Bewerten

Schwachstellen der Lösungen eliminieren

Eine Bewertung gibt konkrete Hinweise auf Schwachstellen einzelner Lösungen. Damit kann eine gezielte Überarbeitung der Lösungen angestoßen werden, um

- vor der weiteren Konkretisierung zu noch besseren Ergebnissen zu kommen
- weniger gut bewertete Lösungen mit eventuell geringem Aufwand erheblich aufzuwerten

Die Chance der Überarbeitung von Lösungen aufgrund von Schwachstellen im Bewertungsergebnis sollte unbedingt genutzt werden, da dies im Konzeptprozess noch mit vergleichsweise geringem Aufwand möglich ist.

Entscheidung festlegen und begründen

Die endgültige Entscheidung über das weitere Vorgehen bezieht die einzelnen Bewertungsergebnisse in einer Gesamtschau ein. Die Entscheidung sollte schriftlich fixiert, prägnant begründet und von den Verantwortlichen abgezeichnet werden.

Zusammenfassung

Konkretisieren als Teilprozess in den frühen Phasen der Produktentwicklung ist in vielen Fällen unabdingbar für eine realistische Beurteilung von Gesamtlösungen. Durch unterschiedlichste Methoden können eigene und fremde Erfahrungen genutzt oder Lösungseigenschaften zielgerichtet konkretisiert werden. Damit werden die Chancen von Gesamtlösungen erheblich transparenter und die Risiken der konzeptionellen Arbeit deutlich verringert. Erst mit einem bewusst eingesetzten Früherkennen von Lösungseigenschaften wird das Erarbeiten konzeptioneller Varianten zielführend und erfolgsbestimmend.

Beurteilen kann in Form eines Auswahl- oder eines Bewertungsprozesses stattfinden. Auswählen erfolgt vorzugsweise in frühen Phasen der Produktentwicklung zur Trennung geeigneter von ungeeigneten Varianten. Bewerten soll die Rangfolge oder die Annäherung an eine Ideallösung ermitteln. Für beide Prozesse sind unterschiedliche Methoden bekannt, die betont intuitiv oder betont diskursiv angelegt sind.

Die Methode „Auswahlliste" dient zum Auswählen geeigneter Lösungen aus einem Variantenfeld. Sie sucht durch Anwenden zunehmend schärferer Kriterien „die Spreu vom Weizen" zu trennen.
Der Methode „Paarvergleich" bewertet Lösungen durch einen vollständigen Zweiervergleich aller Lösungen. Sie setzt auf ein ganzheitliches, durch Erfahrung gestütztes Urteil vorzugsweise von Experten.

Die Methode „Punktbewertung" nach VDI 2225 ist ein betont diskursives Bewertungsverfahren, das auf der Grundlage der Addition von Teilnutzen einen Gesamtnutzen errechnet, der die Güte der Lösungen repräsentiert.

Mit den Darstellungsvarianten Rangfolge, Werteprofile und Stärkediagramm können Lösungen insbesondere bei der Punktbewertung miteinander verglichen werden.

Bei der endgültigen Entscheidung sind personen- und verfahrensbedingte Fehlerquellen und die Möglichkeit der Aufwertung von Lösungen durch Eliminieren von Schwachstellen einzubeziehen.