

DAS GESTALTUNGSBERATUNGSSYSTEM INTEGRA

Michael Radtke, Rainer Brandt, Jan Klett

Kurzfassung

Die Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus von Produkten während der Entwicklung stellt neue Anforderungen an die Konstruktionsprozesse. Da die Produktverantwortung den gesamten Lebenszyklus eines Produktes bis zur Verwertung oder Beseitigung umfaßt, nimmt die Verantwortung des Konstrukteurs zu, in der Produktentwicklung sowohl technische und wirtschaftliche, als auch ökologische Anforderungen zu erfüllen. Forderungen nach hoher Produktqualität in allen Phasen des Produktlebenszyklus bei geringen Kosten und kurzen Entwicklungszeiten verschärfen diese Situation. Durch die intensiven und uneinheitlichen Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Anforderungsbereichen und Gestaltungszielen entstehen dabei komplexe Entwicklungsprozesse.

Mit dem Gestaltungsberatungssystem INTEGRA wurde ein Hilfsmittel entwickelt, das die ganzheitliche Entwicklung von Produkten unter gleichzeitiger Berücksichtigung mehrerer Gestaltungsziele unterstützt. Basierend auf einem adaptierten House of Quality ermöglicht INTEGRA die Darstellung und Analyse komplexer Wechselwirkungen zwischen Anforderungen und Produkteigenschaften. Die durch die Nutzung von INTEGRA entstandenen Ergebnisse können bei Bedarf als HTML-Files zur Verfügung gestellt werden und dienen als Arbeitsunterlage für den Konstrukteur und zur Dokumentation der Produktentwicklung.

1 Methodische Grundlagen

Von entscheidender Bedeutung für die Anwendung von Gestaltungswissen ist dessen Strukturierung und Repräsentation. Im Rahmen des Quality Function Deployments (QFD) existiert mit dem House of Quality (HOQ) ein Werkzeug, das die Darstellung und Analyse komplexer Wechselwirkungen zwischen Anforderungen und Produkteigenschaften erlaubt [1]. Die Zielsetzung des QFD, die Erreichung einer bereichsübergreifenden, den Anforderungen entsprechenden Produktqualität deckt sich dabei mit den Zielen eines ganzheitlichen Entwicklungsansatzes.

Dabei werden die geforderten Gestaltungsziele in den Bereich der Kundenanforderungen (Was) des HOQ eingetragen. Die den Gestaltungszielen zugeordneten Gestaltungsmaßnahmen werden bei den Konstruktionsanforderungen (Wie) des HOQ eingetragen. Die Beziehungsmatrix zwischen beiden Bereichen enthält Werte für die Beziehungen zwischen Gestaltungszielen und Gestaltungsmaßnahmen. Im Dach des HOQ wird in der Korrelationsmatrix die Art der Wechselwirkungen innerhalb der einzelnen Gestaltungsregeln eingetragen (siehe Bild 1).

Die mit Hilfe der Beziehungsmatrix ermittelten Gestaltungsmaßnahmen zur Verbesserung der Produkteigenschaften werden mit Hilfe der Korrelationsmatrix geprüft und so die geeigneten ausgewählt.

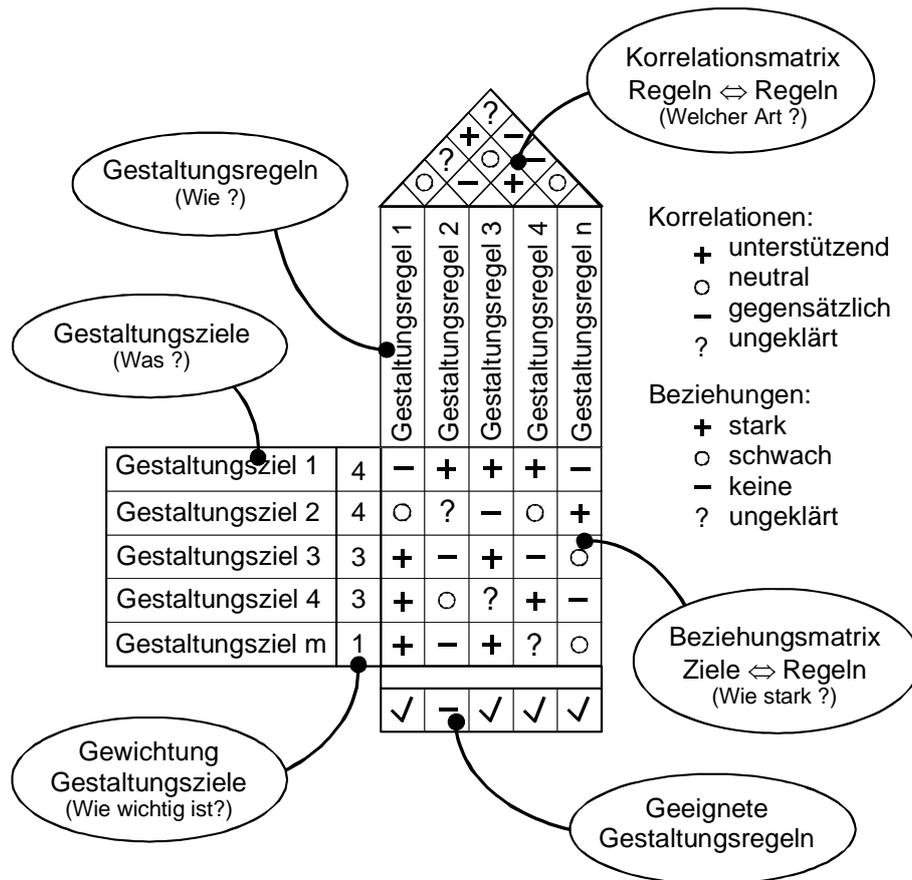


Bild1: Aufbau des modifizierten HoQ

Weiterhin können über die Korrelationsmatrix und Beziehungsmatrix die Auswirkungen der Gestaltungsmaßnahmen auf andere Anforderungsbereiche abgeschätzt werden.

Die Gewichtung der Gestaltungsziele ermöglicht die Berücksichtigung von Entwicklungsprioritäten, die damit stärker in die Auswahl der geeigneten Regeln eingreifen. Unter Verwendung der gewichteten Gestaltungsziele ist ebenfalls die Bewertung von Varianten und die Ableitung von Entwicklungszielen aus den erkannten Schwachstellen möglich [2].

Noch nicht realisiert ist die Einbindung von Zielvorgaben, um die Gestaltungsanforderungen an das Produkt besser zu dokumentieren und unter Verwendung der Korrelationsmatrix die Anforderungen auf Zielkonflikte zu untersuchen.

2 Der Algorithmus zur Regelauswahl

In den Zellen der Beziehungsmatrix sind die Beziehungen B_{ij} einer Gestaltungsregel R_j bezüglich der mit dem Gewichtungsfaktoren g_i gewichteten Gestaltungsziele Z_i eingetragen. Die Indizes i und j geben Zeilen und Spalten der Matrix an und werden durch die Anzahl der Zeilen / Ziele m und der Spalten / Regeln n begrenzt.

Der Beziehungsbeiwert B_j einer Gestaltungsregel zur Erfüllung des ausgewählten Zielsystems ergibt sich dann zu:

$$B_j = \sum_{i=1}^m (g_i \cdot B_{ij})$$

Dabei ist die Größe des Beziehungsbeiwerts von der Anzahl der ausgewählten Ziele abhängig.

Durch die Normierung von B_j werden die einzelnen Werte miteinander vergleichbar und erlauben die direkte Kopplung der Beziehungs- und Korrelationsbeiwerte bei der Berechnung der Eignung. Für den normierten Beziehungsbeiwert B_{nj} gilt:

$$B_{nj} = \frac{B_j}{\frac{m}{\text{Max}(B_k)}}$$

Gestaltungsregeln mit hohem Beziehungsbeiwert haben ein grundsätzlich größeres Potential, die ausgewählten Gestaltungsziele zu erfüllen, als Regeln mit niedrigerem. Durch die absteigende Anordnung der Regeln nach dem Beziehungsbeiwert wird eine erste Rangfolge der Gestaltungsregeln erzeugt. Jetzt wird die Korrelationsmatrix in die Auswertung mit einbezogen.

Zur Auswertung der Korrelationsmatrix wird eine Regel R_i festgehalten und ihre Wechselbeziehungen W_{ij} zu allen anderen Regeln R_j betrachtet. Dabei identifizieren die Indizes i und j die einzelnen Wechselbeziehungswerte der Gestaltungsregeln des modifizierten HoQ.

Durch die Multiplikation der Wechselbeziehung mit dem aus der Analyse der Beziehungsmatrix errechneten normierten Beziehungsbeiwert B_{nj} wird die Wechselbeziehung gewichtet und so das Anwendungspotential einer Regel in der Korrelationsmatrix berücksichtigt. Der Korrelationsbeiwert K_i einer Gestaltungsregel R_i ist dann:

$$K_i = \sum_{j=1; j \neq i}^n W_{ij} \cdot B_{nj}$$

Hohe Korrelationsbeiwerte bedeuten eine gute Verträglichkeit der Regeln untereinander, während niedrige Korrelationsbeiwerte Rückschlüsse auf sich gegensätzlich verhaltende Regeln zulassen. Analog zum Beziehungsbeiwert ist die Größe von K_i von der Anzahl der analysierten Regeln abhängig und muß zur Vergleichbarkeit auf den Maximalwert normiert werden:

$$K_{ni} = \frac{K_i}{\frac{n}{\text{Max}(K_j)}}$$

Die Eignung einer Gestaltungsregel gibt das Vermögen der Regel an, gemeinsam mit anderen Gestaltungsregeln die gesetzten Ziele zu erreichen. Die Eignung E einer Regel ergibt sich schließlich aus der Addition der normierten Beziehungs- und Korrelationsfaktoren. und wird ebenfalls normiert.

$$E_j = B_{nj} + K_{nj}$$

Die spätere Anwendung der so ermittelten am wenigsten geeigneten Gestaltungsregel ist am unwahrscheinlichsten. Sie wird daher aus der Liste der Gestaltungsregeln gestrichen. Um eine neue Rangfolge von Gestaltungsregeln ohne die gestrichene Regel zu berechnen, müssen in den folgenden Schritten die normierten Beziehungsbeiwerte B_{ni} neu berechnet und mit ihnen die Korrelationsmatrix erneut ausgewertet werden. Die Neuberechnung der Beziehungsbeiwerte B_i selbst ist nicht notwendig, da das Zielsystem unverändert geblieben ist. In weiteren Schritten kann die Anzahl der berücksichtigten Regeln durch erneute Streichung und Analyse weiter reduziert werden [3].

3 Systemkonzept

Um die im HOQ abgebildeten Informationen für den Konstruktor übersichtlich zu präsentieren wurden diese in ein rechnerbasiertes Informationssystem integriert. Von diesem Informationssystem müssen neben der Abbildung der im HOQ enthaltenen Informationen zwei Hauptfunktionen zur Verfügung gestellt werden. Die erste Hauptfunktion umfaßt alle zur Kommunikation zwischen Konstruktor und Informationssystem notwendigen Abläufe. Die zweite Hauptfunktion bietet die Möglichkeit, die aus dem HOQ abgebildeten Daten innerhalb des Systems zu administrieren [4]. Dadurch können neue Informationen ergänzt sowie bestehende gepflegt werden, um das Informationssystem an individuelle Anforderungen anzupassen. Die Unterteilung des Systems in selbständig lauffähige Anwendungsmodulare erlaubt die schrittweise Entwicklung des Systems, ohne dessen Gesamtfunktion zu beeinträchtigen.

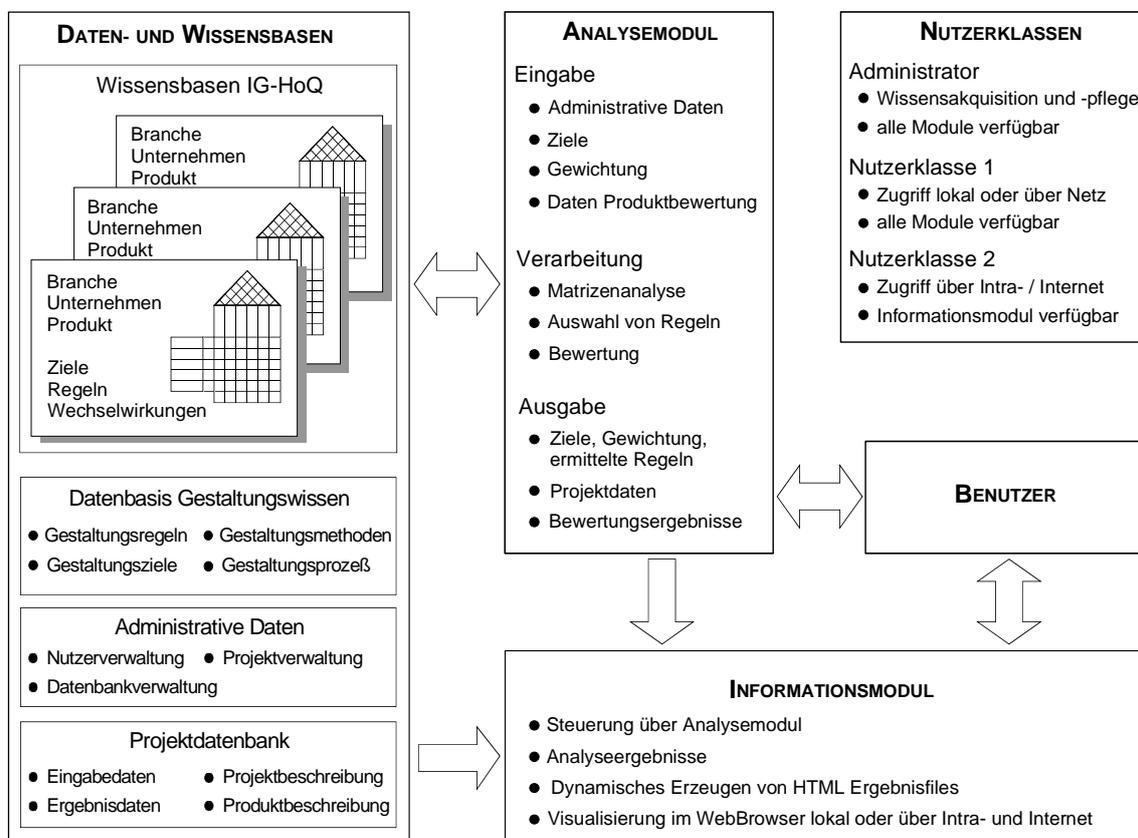


Bild 6: Systemkonzept des Informationssystems

Um die Verantwortlichkeit von Personen innerhalb eines Projektes nachvollziehen zu können ist eine Benutzerverwaltung notwendig, welche die Zugangsberechtigung überprüft und die Nutzung des Systems dokumentiert. Durch die Beachtung dieser Diskussionspunkte ergibt sich das Systemkonzept nach Bild 6.

4 Realisierung des Systems

Die Inhalte des HOQ lassen sich sehr leicht in eine relationale Datenbank überführen. Als Datenbank wurde MS Access verwendet. Dadurch wird auch die gewünschte Trennung zwischen Administration und Benutzung der in der Datenbank enthaltenen Informationen erreicht, da die Administration direkt in MS Access erfolgt und die Software des Informationssystems nur lesend auf die Datenbank zugreift.

INTEGRA wurden mit der objektorientierten Entwicklungsumgebung Delphi entwickelt. Die Schnittstelle der Datenbanken zu den Programmsystemen wurde unter Verwendung der in Delphi integrierten Borland Database Engine realisiert.

Nach dem Systemstart und der erfolgreichen Anmeldung wird der Anwender zur Eingabe der Projektdaten aufgefordert und wählt das im Rahmen des Projekts auszuwertende HoQ aus. Im ersten Arbeitsschritt der Analyse des HoQ werden die für das Projekt wesentlichen Gestaltungsziele ausgewählt und gewichtet. In der folgenden Auswertung bildet das System durch die Analyse der Wechselwirkungsmatrix die Rangfolge der geeigneten Gestaltungsregeln auf Basis der gewichteten Gestaltungsziele.

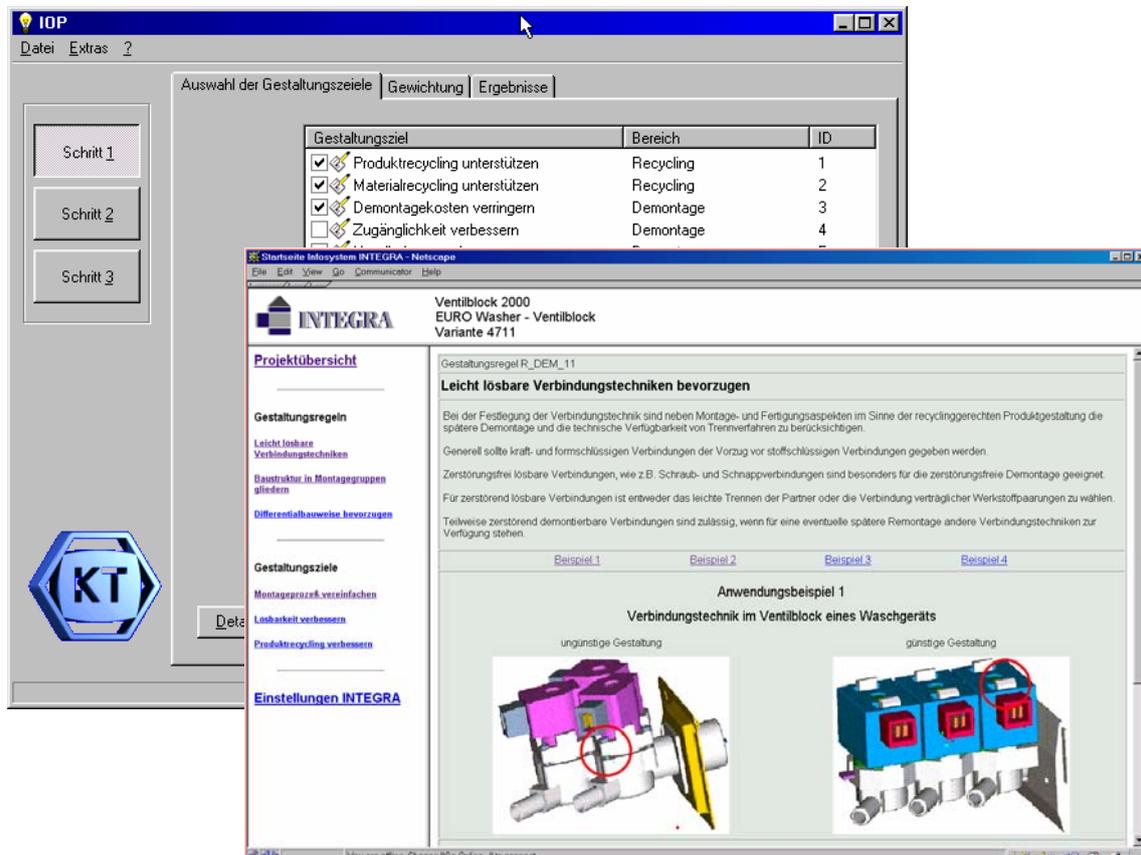


Bild 7: Testkonsultation des Gestaltungsberatungsmoduls

Gleichzeitig ermöglicht die dynamische Reduzierung von Gestaltungsregeln die wirkungsvolle Einschränkung des Lösungsbereichs. Dabei kann frei zwischen der Regelauswahl und Zielauswahl gewechselt werden, um das Zielsystem während einer Sitzung zu variieren. Arbeitsergebnis einer Sitzung mit INTEGRA ist eine modifizierte Rangfolge geeigneter Gestaltungsregeln, die als Arbeitsergebnis in der Projektdatenbank gespeichert wird. Den Abschluß einer Projektsitzung mit INTEGRA bildet die Generierung des Gestaltungsinformationssystems aus den Arbeitsergebnissen der Analyse. Die mit dem Informationsmodul erzeugten HTML-Files können in einem Standard HTML-Browser lokal oder über das Intra-/Internet ausgewertet werden und im Rahmen der Produktdokumentation archiviert werden (siehe Bild 7).

5 Literaturverzeichnis

- [1] Hauser, J.R.; Clausing, D.: The House of Quality.
Harvard Business Review, May-June 1988, S. 63-73
- [2] Brandt, R.: Integrierte Entwicklung demontagegerechter Produkte.
Tagungsband für das Kolloquium zur Entwicklung umweltgerechter Produkte,
Technische Universität Darmstadt, 1998, S.90 - 94
- [3] Brandt, R.; Radtke, M.: Knowledge Based Informationssysteme – A Keyfactor For
Succesfull Product Design.
Horváth, I.; Medland, A. J.; Vergeest J. S. M. (Hrsg.): Third International Symposium on
tools and methods of competitive engineering. Delft, The Netherlands, 2000, S. 283 -
291
- [4] Radtke, M.; Brandt, R.; Krause, F.-L.: Design for ease of disassembly: A computer-
based system of design guidelines and design.
Proceedings of the 6thLife Cycle Engineering Conferece, Kinston, Canada 1999

6 Anmerkung:

Die vorgestellten Arbeiten wurden am Institut für Maschinenkonstruktion –Konstruktionstechnik- der TU Berlin im Rahmen des Sfb281 „Demontagefabriken zur Rückgewinnung von Ressourcen in Material- und Produktkreisläufen“ von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

Michael Radtke
Institut für Maschinenkonstruktion – Konstruktionstechnik -
Technische Universität Berlin
D-10623 Berlin
Straße des 17. Juni 135, Sekr. H 10
Tel: 49 30 314 23161
Fax: 49 30 314 26481
E-mail: radtke@kt10.kf.tu-berlin.de