ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG FÜR ZUKÜNFTIGE KABINENSYSTEME

A. Mauritz
DaimlerChrysler
Forschung und Technologie
Luftfahrzeugkonzepte
Goldsteinstraße 235, 60528 Frankfurt am Main
Axel.mauritz@daimlerchrysler.com

1. ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG – WARUM?

Der Entwurfsprozeß, besonders in den frühen Phasen der Konzepterstellung, reizt durch das hohe Mass an Freiheitsgraden, die dem Ingenieur viel Gestaltungsspielraum, beispielsweise für verschiedenste Kabinenkonzeptionen verheißen.

Egal ob, je nach Grundvorgabe und Teamgeist, ein eher konventioneller oder avantgardistischer Ansatz gewählt wird, ist man permanent gezwungen weitreichende Designentscheidungen zu treffen. Deren Auswirkungen auf Kosten, Produzierbarkeit, In-Service-Verhalten und Wartung, etc. sind zu diesem Zeitpunkt aufgrund der Komplexität des Gesamtsystems und der noch wenigen verfügbaren und oft unpräzisen Informationen, kaum zu überblicken, was im Zuge des Entwurfsprozesses zwangsweise zu einer Vielzahl von Iterationsschleifen führt.

Fazit dieser von jedem bereits gemachten Erfahrung ist, dass die schöpferische Freiheit am Beginn eines Entwurfsprozesses durchaus trügerisch ist und einer Menge von Einschränkungen unterliegt, die dem Einzelnen nur zum Teil aus seinem Erfahrungsschatz bekannt sein können. Logische Konsequenz daraus ist, dem Ingenieur beim treffen von Entwurfsentscheidungen durch diverse Tools und Methoden mit ganz unterschiedlichen Zielrichtungen, Unterstützung zukommen zu lassen. Gemeinsames Ziel aller Ansätze dazu ist es, das Gap zwischen dem Anspruch, die richtige Entscheidung zu treffen (right first time) und den dazu verfügbaren notwendigen Informationen, kleiner zu machen.

2. ANFORDERUNGEN AN ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG

Um die Anforderungen an ein System zu identifizieren gibt es einen einfachen „dirty trick“, der bei dem System Entscheidungsunterstützung besonders gut funktioniert. Man sucht zuerst nach den Problemen des Systems, die oft einfacher zu benennen sind und leitet daraus die notwendigen Forderungen ab, um die Probleme beheben zu können.

2.1. Problem Entscheidungsgap

Als zentrales Problem des Systems „Entscheidungsunterstützung“ ist bereits das Entscheidungsgap, angesehen als Diskrepanz zwischen dem Anspruch, die richtige Entscheidung zu treffen und den dazu verfügbaren notwendigen Entscheidungsinformationen, benannt worden.

Dieses Entscheidungsgap kann daher letztlich als Informationsgap gesehen werden, wobei es verschiedene Facetten zu betrachten gibt.

2.1.1. Informationsdefizit

Das Problem, was zunächst auf der Hand liegt, ist die begrenzte Menge an verfügbaren Fakten, die benötigt werden, um fachliche Aussagen über die Güte des Entwurfskonzeptes machen zu können. Um dieses Informationsdefizit zu verringern, werden Entwurfstools benötigt, die technische Daten des Entwurfskonzeptes ermitteln können, die Informationen über das Lifecycle-Verhalten generieren oder Kosteninformationen bereitstellen.

Auf diesem Gebiet sind bereits sehr viele Entwurfstools für die unterschiedlichsten Aufgaben verfügbar und die Werkzeuge werden mit steigender Rechnerleistung immer leistungsfähiger (z.B. FEM, CFD).

2.1.2. Aktivierung vorhandenen Know-hows

Sehr oft und gerade mit steigender Firmengröße ist ein großer Teil der benötigten entscheidungsrelevanten Informationen oder das Wissen über die Erzeugung dieser Informationen zwar latent vorhanden, aber durch den aktuell zuständigen Mitarbeiter nicht – oder nur mühsam abrufbar. Als Forderung ergibt sich hier, Strukturen zu erzeugen, die dafür sorgen, dass Fachleute und Fachwissen durch den Informationsbedürftigen auffindbar und damit verfügbar gemacht werden.

Zu dieser Disziplin „Wissensmanagement“ sind schon seit längerer Zeit auf vielen Ebenen Aktivitäten im Gange, die nun in der Praxis zeigen müssen, welchen Beitrag sie zur Entscheidungsunterstützung leisten können.

2.1.3. Lückenhafter Kommunikationsprozess

Prinzipiell beginnt das Entscheidungsgap schon bei der Identifikation des Entscheidungsbedarfs. Zuerst muß systematisch zusammengetragen werden, welche Anforderungen an das zu entwerfende Konzept gestellt werden, um überhaupt den Bedarf an Entscheidungen zu manifestieren. Ist dies geschehen, müssen erst die Zuständigkeiten für die Entscheidungsfindung geklärt werden, bevor die zur Entscheidung relevanten Informationen, bzw. die Informationslücken identifiziert werden können.

Dieses beschriebene Vorgehen sollte weitgehend strukturiert ablaufen und basiert auf einem geordneten Kommunikationsprozess zwischen den beteiligten Mitarbeitern. Ist diese Kommunikation gestört kommt es zwangsläufig zu überflüssigen Iterationen durch fehlende Inputs, durch Mißverständnisse wegen ungleicher Informationsstände und zu Doppelarbeit aufgrund mangelnder Abstimmung.

2.1.4. Prozesseinbindung verfügbarer Tools zur Entscheidungsunterstützung

In den meisten Unternehmen existieren bereits diverse Unterstützungstools, die der Entscheidungsunterstützung dienen sollen und beispielsweise den Kommunikationsprozess unterstützen. An vielen Stellen haben einzelne Bereiche auf ihre Entscheidungsprobleme reagiert und sich entsprechende Werkzeuge zurecht gelegt. Diese Vorgehensweise ist nicht zu kritisieren, aber es mangelt dann meist an systematischer und methodischer Einbindung dieser Tools in die vielfach bereichsübergreifenden Prozesse. Folgen davon sind der nur sporadische Einsatz hilfreicher Werkzeuge, weil sie außerhalb der Gruppen kaum bekannt sind. Problematisch ist auch der hohe Eingabe- und Initialisierungsaufwand, wenn viele „Stand-Allone-Tools“ in einer Prozesskette existieren, die mit teilweise identischen Daten operieren. Aus Gründen der Transparenz und der immer notwendiger werdenden Prozess-Standardisierung müssen Tools zur Entscheidungsunterstützung in systematische und durchgängige Prozesse eingebunden werden, um ihren vollen Nutzen entfalten zu können.

2.2. Ansatzpunkte für Entscheidungsunterstützung

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt die verschiedenen Anforderungen diskutiert worden sind, die allgemein an Entscheidungsunterstützung im Entwurfsprozess zu stellen sind, sollen konkrete Ansatzpunkte abgeleitet werden, die einen Beitrag zur Reduzierung des Entscheidungsgaps leisten können.

2.2.1. Schaffung einer Entscheidungsgrundlage

Es gibt keine Entscheidung ohne eine Entscheidungsgrundlage. Nur muß es das Ziel sein, diese Grundlage möglichst systematisch, transparent und fundiert zu gestalten. Dazu bedarf es eines Prozesses, der beginnend bei der Identifikation des Entscheidungsproblems, alle zu stellenden Anforderungen mittels Requirements Engineering [4] erfasst und letztlich so aufbereitet, dass sie als Entscheidungsgrundlage nutzbar sind. Dies wird durch die Aufstellung eines Bewertungsmodells [3] ermöglicht, dessen Ergebnis ein Mass für die Anforderungserfüllung des betrachteten Entwurfsgegenstandes ist, über den aktuell zu entscheiden ist. Auf Basis dieser Grundlage, lassen sich unter alternativen Konzepten die günstigsten Varianten auswählen oder vorteilhafte Eigenschaften und Defizite einzelner Varianten identifizieren.

2.2.2. Toolunterstützung und Einbindung in die vorhandenen IT-Strukturen

Wenn Bewertungsverfahren als Entscheidungsunterstützung im Entwurfsprozss genutzt werden sollen, dann ist der Einsatz von Bewertungstools sehr hilfreich, da sie, neben einer generellen Arbeitserleichterung, meist automatisch ein gewisses Mass an strukturiertem Vorgehen sicher stellen und auch der Dokumentation dienen. Weiterhin bietet sich so die Möglichkeit der Mehrfachnutzung von Ergebnissen, aber vor allem von großen Teilen der vorbereitenden Arbeitsschritte.

Ein großes Hemmnis beim Einsatz von Bewertungstools ist immer der bereits angesprochene hohe Aufwand bei der Initialisierung solcher Tools. Darunter ist der Aufbau des Bewertungssystems und die Beschaffung und Eingabe der bewertungsrelevanten Eingangsparameter zu verstehen. Daher wird die Möglichkeit der wiederholten Nutzbarkeit fast zwingend. Umfangreichere Bewertungsvorgänge für singuläre Entscheidungsprobleme haben vom Umfang dann meist Studiencharakter und werden nur für äußerst kritische Fragestellungen genutzt.

Will man daher die Möglichkeit der Wiederverwendung stärken, weiterhin den Aufwand der Dateneingabe drastisch reduzieren und schließlich die Integration von Entscheidungsunterstützung systematisch in den Entwurfsprozessen verankern, so drängt sich als Lösung eine Kopplung der Bewertungstools mit der Welt der Entwurfstools auf. Ziel ist die permanente Verfügbarkeit von Bewertungsmöglichkeiten für den Ingenieur. Nur eine direkte Anbindung erlaubt es, auf die im Entwurfssystem verfügbaren Konzeptdaten zuzugreifen, um so die sonst notwendige Dateneingabe zu minimieren, was die Akzeptanz zur Nutzung dieser Entscheidungsunterstützung weiter erhöht. Durch dieses Feedback, direkt im Entwicklungsloop kann somit die Konzeptqualität gesteigert werden, ohne den eigentlichen Entwurfsprozess zu verzögern.

Im Detail ergeben sich noch weitere interessante Perspektiven aus dieser Konstellation, auf die noch im Anwendungsbeispiel eingegangen werden soll.

2.2.3. Beschaffung technischer Informationen

Die Beschaffung notwendiger technischer Informationen, sowie Daten zu Lifecycle-Verhalten oder Kosten durch erweiterte Analyse- und Simulationsfähigkeiten oder Wissensmanagement, sollen hier nicht im Vordergrund stehen. Diese Beiträge müssen bei Bedarf durch weitere Werkzeuge zu Verfügung gestellt werden, die ebenfalls an die Entwurfsumgebung koppelbar sein sollten.

Auf die Generierung von technischen Information soll hier im weiteren nicht eingegangen werden. Generell sollen alle benötigten Informationen als durch das Entwurfs-system verfügbar angesehen werden.

3. DEMONSTRATIONSBEISPIEL: BEWERTUNGSANBINDUNG AN EIN KABINENAUSLEGUNGSTOOL

Wichtigster Punkt dieser Präsentation soll die Vorstellung eines Demonstrationsbeispiels sein, das einen großen Teil der dargelegten Ansätze zur Entscheidungsunter-stützung umsetzt.

Innovative Kabinenkonzepte und Kabinenbewertung sind langjährige Arbeitsfelder der Forschungsgruppe Luftfahrzeugkonzepte und daher wurde auch dieser Rahmen gewählt, um Bewertung, auf Basis der Nutzwertanalyse, als Entscheidungsunterstützung eng an die Kabinenauslegung, auf Basis einer Entwurfsumgebung für Kabinenkonzepte, zu koppeln.

3.1. Grundvoraussetzungen für Bewertungsanbindung

Für die Kopplung eines Bewertungstools an eine Entwurfsumgebung muss diese natürlich einige Grund-voraussetzungen aufweisen.

In diesem Beispiel wird das „Inhouse“ Bewertungstool DCvalue eingesetzt, was je nach Aufstellung der Bewertungskriterien die Übergabe entsprechender Indikatorwerte erwartet, um eine Nutzenbewertung durchführen zu können. Diese Indikatorwerte müssen durch das Entwurfssystem zur Verfügung gestellt werden können, wobei dies auf unterschiedliche Arten zu realisieren ist. Auf jeden Fall aber müssen Entwurfs-informationen in einer parametrischen Form vorliegen, um sie übergeben zu können. Dies ist bei klassischen CAD-Systemen als Zentrum der Entwurfsumgebung nicht möglich. Aber modernere CAD-Systeme (z.B. CATIA V5) oder CAD-unabhängige Entwurfssysteme und der flächendeckende Einsatz von PDM-Systemen, ermöglichen in zunehmendem Mass die Verwaltung von parametrischen Daten, Attributen, etc..

3.2. Exemplarische Umsetzung der Anbindung

Als Kabinenentwurfsumgebung wurde PACELAB Cabin der Firma Pace gewählt, was über eine modulare Struktur verfügt, und damit die Anbindung beliebiger Erweiterungen ermöglicht. PACELAB Cabin wird von verschiedenen Arbeitsgruppen bei Airbus genutzt. Im Demonstrationsbeispiel wird die Durchführung einer Bewertung der Sitzraumqualität direkt aus dem Entwurfssystem heraus ausgeführt.

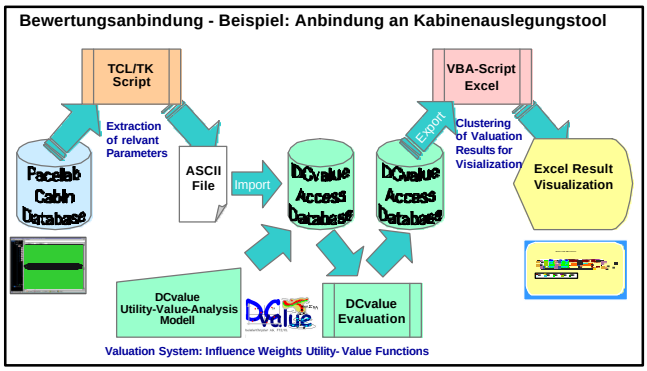

BILD 1. Datenfluß Auslegungstool-Bewertung

Bild 1 zeigt den Weg, der gewählt wurde, um die Anbindung zu realisieren. Bei PACELAB Cabin ist es möglich durch Programmierung eines TCL/TK Scriptes auf die Datenbank mit den parametrisch abgelegten Entwurfsdaten zuzugreifen, und diese Daten, wenn sie noch nicht exakt den benötigten Bewertungsindikatoren entsprechen, zu modifizieren. Beispielsweise sind die Positionen der Sitze nur sitzbankweise abgelegt, es werden jedoch Informationen über die Positionen der einzelnen Sitzplätze benötigt, und so können diese, unter Einbeziehung der Sitzbreite, nachträglich herausgerechnet werden.

Diese extrahierten Daten werden dann dem Bewertungstool DCvalue zugänglich gemacht, das für diesen Anwendungsfall automatisch startet und ein Bewertungsergebnis-File erzeugt. Das Ergebnis-File wird mit Hilfe eines VBA-Scripts und EXCEL visualisiert, indem die einzelnen Sitze im Layout entsprechend ihres erreichten Nutzwertes farbig codiert werden.

Bei einer industriellen Realisierung sollte dieser letzte Schritt allerdings als Feedback direkt im Entwurfssystem erfolgen.

3.3. Bewertungssystem Sitzraumqualität

Inhaltlich setzt sich das Bewertungssystem aus den im folgenden vorgestellten Indikatoren zusammen. Mit diesen Indikatoren als Input wird für jeden einzelnen Sitz im Flugzeug eine Bewertung in Form der erwähnten Nutzwertanalyse durchgeführt.

3.3.1. Sitzraumbreite

Die Sitzraumbreite ist die Breite der Raumes, der für den jeweiligen Passagier vorgesehen ist, also incl. der Breite, die durch z.B. Armlehnen, von der wirklichen Sitzfläche abgeht.

3.3.2. Ellenbogenfreiheit

Die Ellenbogenfreiheit ist ein Kriterium für den Bereich, der dem Passagier seitlich, über die Sitzraumbreite hinaus, zur Verfügung steht. Dieser Indikator geht qualitativ in Abhängigkeit von der Sitzposition(Gang/ Mitte/ Fenster) ein.

3.3.3. Armlehnenbreite

Die Armlehnenbreite wird als Kriterium vorgehalten aber nur mit einem Dummy-Wert versehen, da dies ein sitz-spezifisches Kriterium ist, was selten in frühen Konzeptphasen bekannt ist.

3.3.4. Kopffreiheit

Die Kopffreiheit ist ein Indikator dafür, in wieweit der Bewegungsbereich des Kopfes des Passagiers im sitzen durch Kabinenelemente eingeschränkt wird.

3.3.5. Sitzraumtiefe

Die Sitzraumtiefe (Seat Pitch) ist das Mass des für den Passagier verfügbaren Sitzraumes in Flugzeuglängs-richtung.

3.3.6. Fußraumtiefe

Die Fußraumtiefe ist ein Ergänzungskriterium zur Sitzraumtiefe, die in Reihe 1 oder hinter Classdividern zum tragen kommt

3.3.7. Stehhöhe

Die Stehhöhe ist der Abstand zwischen Fußboden und dem ersten feststellbaren Hindernis im Deckenbereich (meist Hatracks).

3.3.8. Stehtiefe

Die Stehtiefe ist der Abstand zwischen Rückenlehne des Vordersitzes und Sitzspiegelvorderkante des eigenen Sitzes. Nur in diesem Bereich ist gerades Stehen vom Beinbereich her möglich. (sitzabhängiges Kriterium!)

3.3.9. Breite des Fußbereichs

Die Breite des Fußbereichs ist ein Maß für mögliche seitliche Einschnürungen im Fußraum, z.B. durch die Seitenverkleidungen.

3.4. Bewertungsergebnis und Interpretationspotentiale

Wir bereits erwähnt, erhält man zunächst ein Bewertungsergebnis pro Sitz in farblich codierter Form, dargestellt im gerade bearbeiteten Kabinen-Layout. Dies ist eine sehr plastische Rückmeldung die auch von der Detailtiefe einen deutlichen Beitrag zur Entscheidungs-unterstützung leisten kann.

Zunächst wird zwar nur das aggregierte Ergebnis dargestellt, aber auch die detaillierten Ergebnisse der einzelnen Indikatoren sind verfügbar und können zu Analysen herangezogen werden. So können einzelne Defizite ausgemacht werden, die letztlich die größten Potenziale für Verbesserungen bergen, oder es kann, besonders im Vergleich mehrerer Varianten, nach machbaren Kombinationen gesucht werden, die die bestbewertetsten Einzellösungen integrieren.

Das vorgestellte Bewertungssysem der Sitzraumqualität ist in Bezug auf eine Gesamt-Kabinenbewertung eigentlich nur als ein Komfort-Teilziel zu sehen mit dem man bereits sehr tief in die Details der Kabine einsteigt.

Daher Sollte es ein Gesamt-Bewertungssystem „optimale Kabinenkonfiguration“ geben, dass alle Anforderungen an eine Kabine berücksichtigt, wie in Bild 2 dargestellt.

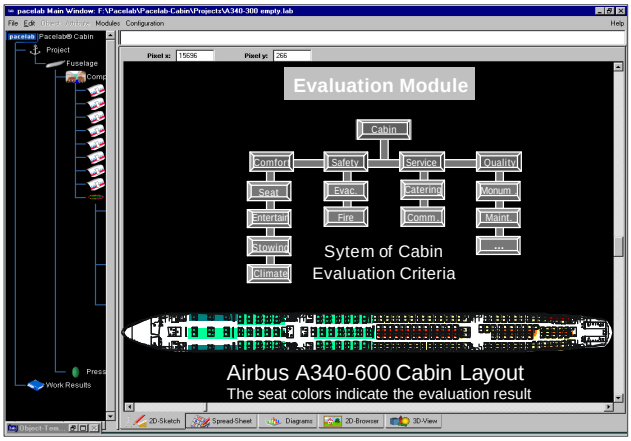

BILD 2. Bewertungsoutput im Entwurfssystem

Es bietet sich nicht für jedes Bewertungskriterium an, die Bewertung auf Sitzplatzebene darzustellen. Dies ist aber nur eine Frage der Darstellungsform, die in der abgebildeten Form besonders aussagekräftig ist, im Prinzip aber frei wählbar ist.

4. BERÜCKSICHTIGUNG VON KOSTEN IN DER ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG

Wirtschaftlichkeit ist für jedes neu erstellte Entwurfs-konzept oberstes Gebot und fester Bestandteil der Top-Level-Requirements. Die Berücksichtigung von Kosten-aspekten muss von Anfang an integraler Bestandteil des Entscheidungsunterstützungsprozesses sein, um frühzeitig Einfluß auf Konzeptionen nehmen zu können, die trotz technischer Leistungsfähigkeit den wirt-

schaftlichen Erfolg (aus Sicht des Produzenten und des späteren Betreibers) gefährden könnten.

4.1. Einsatz von Werkzeugen zur Kostenbetrachtung

Von der Gruppe Luftfahrzeugkonzepte wird zur Modellierung der Kosten in frühen Konzeptphasen die Vorgehensweise des „Front Load Costing (FLC)“ eingesetzt [1], die darauf basiert, die erwarteten Kostenstrukturen unter Einbeziehung der vorhandenen Unsicherheiten abzubilden. Unter Verwendung probabilistischer Mathematik kommt sie zu Kostenergebnissen, deren mögliche Abweichung erstens quantifizierbar ist und sich zweitens diese Abweichung, aufgrund des sogenannten Verdichtungseffektes bei additiven Verknüpfungen, meist durchaus im einstelligen Prozentbereich halten lässt. Zur Anwendung steht das, ebenso wie die Methodik des FLC, maßgeblich von der Gruppe „Technisch-Wirtschaftliche Bewertung“ der DaimlerChrysler Forschung entwickelte Tool CAPE (Computer Aided Probabilistic Evaluation) zur Verfügung.

Sehr viel stärker fokussiert ist die Ausrichtung des Tools DOCsys, entwickelt durch Prof. Dr. Scholz von der FH Hamburg. DOCsys [2], das die Betriebskostenanteile einzelner Flugzeugsysteme bestimmt und damit einen aussagekräftigen Beitrag zur Kostentransparenz für die In-Service Phase liefert. Vertiefende Informationen dazu liefert der Vortrag „Betriebskostenberechnung für Kabinensysteme“ von Herrn Lemke.

5. ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG DURCH INTEGRIERTE NUTZWERT-KOSTEN BETRACHTUNG

Die Prinzipdarstellung in BILD 3 macht deutlich, wo der Mehrwert der integrierten Nutzwert-Kosten Betrachtung für das Thema Entscheidungsunterstützung liegt.

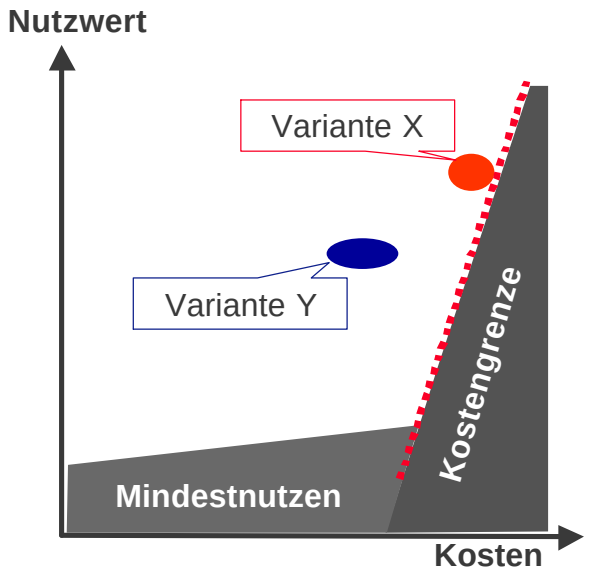

BILD 3. Nutzwert/ Kosten Portfolio-Darstellung

Lägen beide Bewertungsinformationen völlig separiert vor, so wäre die Entscheidungsgrundlage zwar gelegt (aus Sicht der Kosten Variante Y, aus Nutzensicht Variante X), aber gerade der wesentliche Informationsinhalt, nämlich die Erfassung des Spannungsfeldes zwischen diesen beiden wesentlichen Entscheidungsdimensionen wäre nicht veranschaulicht worden. So wird klar, dass unter dieser Entscheidungslage entweder die Prioritäten zwischen Kosten und Nutzen den Ausschlag geben, oder die Variante, den Vorzug bekommt, die noch weiteres Optimierungspotenzial aktivieren kann.

Die Varianten sind bewußt nicht als Punkte dargestellt, sondern als Punktewolke um auch hier die Nutzung unscharfer Informationen, um die es sich in den frühen Konzeptphasen sehr oft handelt (sowohl auf Kostenseite, als auch bei der erwarteten Anforderungserfüllung), deutlich zu machen. Gleichzeitig wird erkennbar, dass der transparente Umgang mit diesen Informationen ebenfalls als entscheidungsrelevanter Input begriffen werden sollte.

Die in Bild 3 angedeuteten Grenzen sind ebenfalls wichtige Entscheidungskriterien. Die Kostengrenze, hergeleitet aus dem Target – Costing, visualisiert die Grenze der wirtschaftlichen Vertretbarkeit des Konzeptes, und stellt damit ein Ausschlußkriterium oder zumindest ein Alarmsignal für zwingend nötige Nacharbeit dar. Ebenso die als „Mindestnutzen“ bezeichnete Grenze, bei deren Unterschreiten keinerlei Attraktivität des Konzeptes mehr gegeben ist.

Verfügt man über eine in diesem Vortrag skizzierte Prozess- und Toolkette, um Informationen für das eigene spezifische Entscheidungsproblem entsprechend aufzubereiten, so rücken die Klippen des Entscheidungsgaps, wie Eingangs dargestellt, um ein deutliches Stück weiter zusammen und der Ingenieur hat deutlich bessere Möglichkeiten, konsistente Entscheidungen zu treffen.

5.1. Konzeptbeeinflussung durch Requirements und Kosten.

Der Logik folgend, dass die Konzeptanforderungen, deren Erfüllungsgrad durch den Nutzwert abgebildet wird, und die Konzeptkosten die charakterisierenden Elemente eines Konzeptes sind, ist es erstrebenswert die Wechselwirkungen zwischen Requirements und Kosten zu identifizieren, um zu Ansatzpunkten der Konzeptoptimierung zu gelangen.

Neben den Aktivitäten zur Entscheidungsunterstützung, die Airbus zusammen mit der Forschungsgruppe Luftfahrzeugkonzepte unterhält, ist die Kopplung zwischen Requirements und Kosten ein zweites Forschungsthema, was in einem EADS-weiten Projekt aufgegriffen wird.

Ausgangspunkt ist der Ansatz, dem Entwurfsteam erweiterte Möglichkeiten an die Hand zu geben, wie Anforderungen und Kostenrahmen so aufeinander angepasst werden können, dass letztlich ein möglichst

ausgewogenes und machbares Konzept entsteht. Konkret soll aufgezeigt werden, welche Requirements für welche Kosten verantwortlich sind und ob des zielführender ist den Kostenaufwand zu akzeptieren, um ein Requirement besser zu erfüllen, oder ob eine mögliche Kostenreduktion eine nur unwesentlich reduzierte Erfüllung bestimmter Requirements verursacht und damit die bessere Lösung ist.

6. LITERATURVERZEICHNIS

[1] T. NEFF; F. JANKOWSKI; W. VIRT; W. TREFZ; G. HERTEL; H.D. MATHES: Front Load Costing – Wirtschaftlich-technisches Controlling durch den Einsatz probabilistischer Produkt(kosten)modelle, Frankfurt: DC Forschung, 2000. In VDI-Berichte.

[2] SCHOLZ, D.: DOCsys – A Method to Evaluate Aircraft Systems, Neu Wulmstorf: Applied Science, 1999

[3] BREIING, A.; KNOSALA, R.: Bewerten technischer Systeme, Berlin: Springer Verlag,1997

[4] SOMMERVILLE, I.; SAWYER, P.: Requirements Enginering, GB-Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1997