

WISSENSMANAGEMENTKONZEPTE ZUR KAPAZITÄTSANALYSE UND – OPTIMIERUNG DES SYSTEMS LUFTVERKEHR

F. Böhm / M. Fricke
TU Berlin – Institut für Luft- und Raumfahrt
Sekt. F 3
Marchstraße 12-14
10587 Berlin

1. ÜBERBLICK

Die Analyse der Kapazität des Systems Luftverkehr ist aufgrund der Systemkomplexität eine Aufgabe, die nicht durch ein geschlossenes analytisches Modell allein erfüllt werden kann. Simulationsmodelle existieren zwar für zahlreiche Teilgebiete und –prozesse des Systems Luftverkehr, aber eine Kapazitätsanalyse des Gesamtsystems Gate-to-Gate ist auch auf diesem Wege schwierig. Einen neuen Ansatz bei der Untersuchung der Infrastrukturkapazität und der Interaktion zwischen Luftfahrzeugen und der Luftverkehrsinfrastruktur bildet die Anwendung von Methoden und Systemen des Wissensmanagement auf dieses Gebiet. Zentral sind dabei Erkenntnisse über die Analyse und Verarbeitung von strukturierten und unstrukturierten Daten sowie die Ableitung von Korrelationen und Regeln des Systemverhaltens. Mittels dieser Methoden können sehr unterschiedliche Informationsquellen zur Systemkapazität der Luftverkehrsinfrastruktur sowie den Interaktionsmechanismen zwischen Luftfahrzeugen und der Infrastruktur ausgewertet werden. Dieser neue Ansatz der Wissensmodellierung für Luftverkehrssysteme soll im Rahmen des Beitrags zusammen mit ersten Ergebnissen vorgestellt und künftige Anwendungsmöglichkeiten in der Technologiebewertung, dem Luftfahrzeugentwurf sowie der Infrastrukturplanung aufgezeigt werden.

2. MOTIVATION

Die Kapazität der Luftverkehrsinfrastruktur stellt eine der bedeutendsten Limitationen für das Wachstum des Systems Luftverkehr dar. Eine Optimierung des Gesamtsystems ist schwierig, da es eine hohe Zahl von Freiheitsgraden besitzt und ohne weiteres kein geschlossenes analytisches Modell aufstellbar ist. Simulationsrechnungen erlauben mit vertretbarem Aufwand gegenwärtig nur die Analyse und Optimierung von Teilaspekten wie z. B. eine Aufteilung des Luftraums in Flugsicherungssektoren. Ein neuer Ansatz ist es, die Methoden des Wissensmanagements einzusetzen, um die zahlreichen vorhandenen Informationen auszuwerten und zur Entwicklung von Konzepten und Technologien zur Steigerung der Kapazität des Gesamtsystems Luftverkehr – Gate-to-Gate – nutzen zu können. Zielsetzung dieses Beitrages ist es dementsprechend, die Bedeutung des Wissensmanagements für die Analyse und konzeptionelle Planung der Luftverkehrsinfrastruktur deutlich machen.

3. EINFÜHRUNG WISSENSMANAGEMENT

Um das Gebiet des Wissensmanagements und seine Arbeitsansätze besser verstehen zu können, sollen hier zunächst zwei Definitionen vorgestellt werden, die [1] entnommen wurden:

- „Wissen ist die Kombination von Daten und Information, unter Einbeziehung von Expertenmeinungen, Fähigkeiten und Erfahrung, mit dem Ergebnis einer verbesserten Entscheidungsfindung. Wissen kann explizit und/oder implizit, persönlich und/oder kollektiv sein.“
- „Wissensmanagement ist das Management der Aktivitäten und Prozesse, welche die Wirksamkeit von Wissen steigern und die Wettbewerbsfähigkeit durch bessere Nutzung und Erzeugung von individuellen und kollektiven Wissensressourcen stärken.“

Grundsätzlich ist Wissensmanagement mehr als nur die Verwaltung von Wissen einer Organisation oder eines Unternehmens. In einer globaleren Sichtweise gehört hierzu auch die methodische Analyse, Verarbeitung, Speicherung und Präsentation von Wissen (Strukturen, Zusammenhänge, Interaktionen etc.) innerhalb eines sozialen oder technischen Systems.

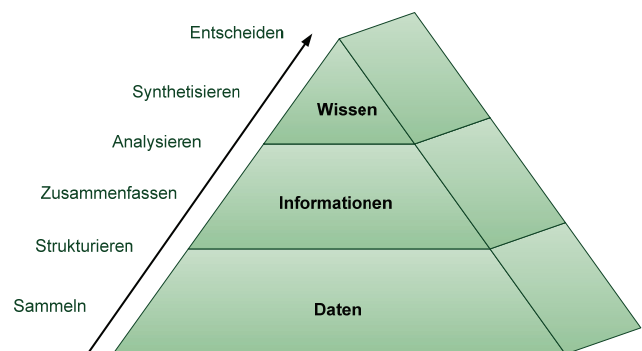


BILD 1. Die Wissenspyramide

Diese globalere Sichtweise wird durch das Diagramm der Wissenspyramide deutlich (siehe BILD 1). Wissen stellt eine wichtige Grundlage für Entscheidungen dar. Um aus der in jedem System oder jeder Organisation vorhandenen großen Menge an Daten der unterschiedlichen Arten Entscheidungsgrundlagen zu gewinnen, müssen diese Daten zunächst gesammelt und strukturiert werden, damit die enthaltenen Informationen erkennbar werden. Diese Informationen werden daraufhin zusammengefasst und analysiert, um in ihnen Zusammenhänge erkennen zu

können und daraus Wissen zu generieren. Dieses Wissen, das aus unterschiedlichen Quellen und Kontexten kommen kann, ist zu synthetisieren (gegenüberzustellen, einzuschätzen und zu bewerten), um daraus Entscheidungsgrundlagen zu entwickeln.

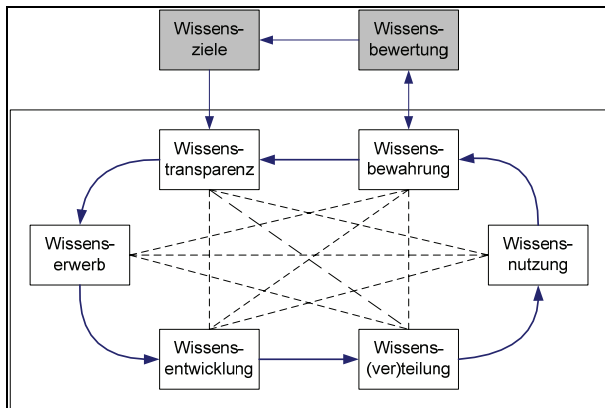


BILD 2. Kernbausteine des Wissensmanagement-Prozesses nach Probst [2]

Auf diesen Grundprozessen zur Gewinnung und Anwendung von Wissen bauen die acht Kernbausteine des Wissensmanagements [2] (siehe BILD 1) auf:

- **Wissensziele identifizieren:**
Grundlage jedes Wissensmanagementansatzes ist die Formulierung von Zielen, was eine Organisation wissen sollte. In der Regel dürften sich die Wissensziele z. B. aus den Unternehmenszielen ableiten lassen.
- **Wissenstransparenz schaffen:**
Es ist zu klären, welches Wissen vorhanden ist und wo noch zusätzlicher Bedarf an Wissen besteht („Wissenslücken“).
- **Wissen erwerben:**
Durch Maßnahmen wie Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wird der Wissensbestand zur Füllung von Wissenslücken ergänzt.
- **Wissen entwickeln:**
Aus dem erworbenen Wissen entstehen neue Fähigkeiten und Kompetenzen der Organisation.
- **Wissen (ver)teilen:**
Das vorhandene Wissen muss denjenigen zur Verfügung gestellt werden, die es sinnvoll nutzen können.
- **Wissen nutzen:**
Eine der entscheidenden Aufgaben des Wissensmanagements ist es, die Mitglieder einer Organisation zu motivieren, das vorhandene Wissen zu nutzen. Denn Wissen stellt nur dann einen Wert dar, wenn es angewendet wird.
- **Wissen bewahren / speichern:**
Das in der Organisation vorhandene Wissen muss gespeichert werden, um es wieder verwenden zu können.
- **Wissen bewerten:**
Die Fähigkeiten und Kompetenzen der Organisation sind im Hinblick auf die Wissensziele zu bewerten und diese entsprechend anzupassen.

Diese acht Kernbausteine sind wie in BILD 2 erkennbar stark vernetzt, bilden aber auch einen rückgekoppelten Kernprozess, der in der Abbildung durch die Pfeile dargestellt ist. Aus der Definition der Kernbausteine wird deutlich, dass jeder Wissensmanagement-Ansatz die Kombination von personellen, organisatorischen und technischen Vorgängen sein muss, damit er erfolgreich sein kann.

Eine Besonderheit der Charakter des Wissens ist, dass es sowohl explizit z. B. in Form von Dokumenten, Vorschriften, Zeichnungen als auch implizit z. B. in Form von Erfahrungswissen vorhanden ist. Gerade das implizite Wissen stellt eine wichtige Grundlage der Wissensbasis einer Organisation dar und muss daher bei Wissensmanagement-Konzepten berücksichtigt werden. Eine weit verbreitete Modellierung der Wissensserzeugung ist das SECI-Modell (Socialisation, Externalization, Combination, Internalization), das von den Japanern Ikujiro Nonaka und Hirotaka Takeuchi vorgestellt wurde und zu einer der Grundlagen des modernen Wissensmanagements geworden ist ([3]).

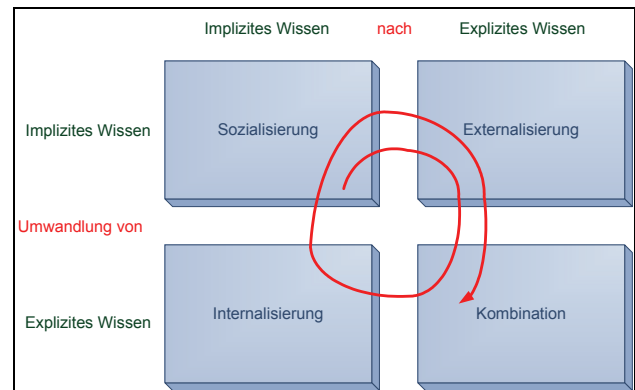


BILD 3. Das SECI-Modell (nach Nonaka und Takeuchi [3])

Nach dem SECI-Modell (siehe BILD 3) wird Wissen innerhalb einer Organisation in einer kontinuierlichen Transformation zwischen implizitem und explizitem Wissen erzeugt. Die hauptsächlichen Transformationen sind dabei:

- **Sozialisierung**
Transformation (hier: Weitergabe) von implizitem Wissen nach implizitem Wissen. Durch Mitarbeit in einem Arbeitsbereich wird das dort vorhandene implizite Wissen weitergegeben, ohne dass notwendigerweise eine formale Explizierung stattfindet.
- **Externalisierung**
Transformation von implizitem nach explizitem Wissen. Beispielsweise kann Erfahrungswissen durch die Erstellung von Dokumenten expliziert und damit gespeichert und weitergegeben werden. Eine in der Luftfahrt gebräuchliche Form der Wissensweitergabe durch Externalisierung stellt die Anwendung des Anforderungsmanagements (Requirements Engineering) dar.
- **Kombination**
Transformation von explizitem nach explizitem Wissen. Die Basis des expliziten Wissens kann durch die Verbindung mit weiterem explizitem Wissen z. B.

aus anderen Fachdomänen vergrößert werden. Beispielsweise durch die Einstellung von Dokumenten in eine Datenbank können verwandte Informationen identifiziert und genutzt werden.

– **Internalisierung**

Transformation von explizitem nach implizitem Wissen. Beispielsweise sammelt ein Pilot durch die Bedienung eines Flugzeuges Erfahrung, so dass sich die Bedeutung von Schulungsunterlagen und Handbüchern für die tägliche Arbeit immer weiter verringert.

Durch diese aufeinander folgenden Prozesse wird Wissen innerhalb einer Organisation spiralförmig vom individuellen Wissen auf höhere Organisationsstufen wie beispielsweise der Wissensbasis von Personengruppen oder der ganzen Organisation gehoben. Wissen wird dabei als Phänomen verstanden, das zwar grundsätzlich nur von Individuen erzeugt, aber im Rahmen des SECI-Modells erweitert, weitergegeben und dadurch produktiv nutzbar gemacht werden kann.

Entsprechend dem in den letzten Jahren vielfach diskutierten Paradigma von der Wissensgesellschaft haben sich zahlreiche Ansätze für das Wissensmanagement in den unterschiedlichsten Disziplinen entwickelt, wie zum Beispiel in der Wirtschaftsinformatik, der Betriebswirtschaftslehre, der Informatik, der Soziologie oder der Informationswissenschaft und der traditionellen Dokumentation.

Ein besonders interessantes Gebiet für das Wissensmanagement im technischen Bereich ist die Wissensmodellierung oder das Knowledge Engineering. Durch die formelhafte Modellierung und Repräsentation von Wissen lassen sich Informationssysteme entwickeln, die die Vernetzung von Wissen erlauben und dem Nutzer das Erkennen von Zusammenhängen erleichtern. Die Analyse und Synthese technischer Systeme sind hierfür außerordentlich gewinnbringende Anwendungsfelder.

4. ANWENDUNG DES WISSENSMANAGEMENT IN DER LUFTFAHRT

Die Luftfahrt ist aufgrund ihres innovativen Charakters eine in hohem Maße wissensintensive Branche, in der auf Basis von Wissen eine hohe Wertschöpfung erzielt wird. Dementsprechend können hier Techniken des Wissensmanagement mit besonders großen Erfolgsaussichten eingesetzt werden.

Einige wenige beispielhafte Einsatzgebiete für das Wissensmanagement in der Luftfahrt sind:

- Produktdatenmanagement,
- KBE-Systeme (KBE: Knowledge Based Engineering),
- Wissensmanagement im Cockpit (z. B. durch eine weiterentwickelte Electronic Flight Bag).

Hier kommt die Eigenschaft des Wissensmanagements besonders zur Geltung, Informationen zu verbinden und Beziehungen herzustellen und somit den Nutzer bei der Erfüllung seiner Aufgaben im Bereich der Wissensverarbeitung wirkungsvoll zu unterstützen. Es

kommt hinzu, dass alle diese Informationen einem sich ständig ändernden Lebenszyklus unterworfen sind und deshalb ständiger Aktualisierung und Weitergabe bedürfen. Allerdings ist das Technische Wissensmanagement ein verhältnismäßig neuer Bereich, weshalb hier noch ein hoher Entwicklungsbedarf besteht. Es ist dabei insbesondere methodisch zu untersuchen, welche Daten zu erfassen und wie zu kombinieren sind.

Entscheidend für den Erfolg von Wissensmanagement-Konzepten ist die Orientierung an den Erkenntnisinteressen und Arbeitsmethoden der künftigen Nutzer. Denn nur wenn die im System gespeicherten Informationen von den Nutzern als hilfreich angesehen werden und sie sie bei ihren Arbeiten tatsächlich unterstützen, wird ein Wissensmanagement-System akzeptiert. Daher ist eine genaue Kenntnis eines Arbeitsgebietes und der darin ausgeführten Prozesse sinnvoll. Aus unter anderem diesem Grund konnten sich generische Wissensmanagement-Systeme im Bereich der Luftfahrt bislang kaum durchsetzen. Es sind vielmehr Konzepte zu formulieren und zu realisieren, die die spezifischen Anforderungen der Luftfahrt entsprechen.

Das Fachgebiet Flugführung und Luftverkehr im Institut für Luft- und Raumfahrt der TU Berlin beschäftigt sich seit mehreren Jahren mit dem Wissensmanagement in der Luftfahrt. Ein beispielhaftes Anwendungsfeld von Wissensmanagement-Techniken ist dabei die Analyse und Optimierung des Luftverkehrssystems.

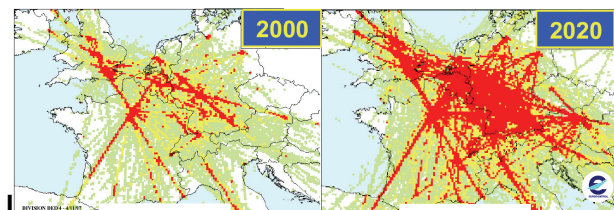


BILD 4. Prognose der Luftverkehrsentwicklung in Europa bis 2020 [Quelle Eurocontrol]

Motivation und Randbedingung ist dabei, dass für die nächsten Jahrzehnte eine erhebliche Steigerung des Luftverkehrs prognostiziert wird (siehe BILD 4 / BILD 5 und [4], [5], [6]). Nur durch ein besseres Verständnis des Gesamtsystems und eine optimierte Systemarchitektur des Systems „Luftverkehr“ kann dieses Wachstum bewältigt werden.

Ein neuer Ansatz zur Optimierung der Leistungsfähigkeit des Luftverkehrssystems stellt die Anwendung von Techniken des Wissensmanagements dar. Denn diese bieten die Möglichkeit, sehr unterschiedliche – strukturierte und unstrukturierte - Daten verarbeiten zu können. Für das Luftverkehrssystem ist dabei besonders zu beachten:

- Es handelt sich um ein komplexes, hochgradig vernetztes System großer Dimension.
- Zahlreiche Interaktionsmechanismen machen eine geschlossene, analytische Abbildung in einem einzigen Modell schwierig.
- Über das Verhalten von Einzelkomponenten und Kapazitätsengpässe (z. B. bei Flugsicherung, Flughäfen etc.) sind viele, jedoch unverbundene Informationen und Modelle verfügbar.

- Die verfügbaren Informationen verfügen über eine sehr disparate Struktur, die von Statistiken mit unterschiedlichen Bezugsgrößen über Berechnungsmodelle bis hin zu konzeptionellen Dokumenten in Textform reicht.

DAILY TRAFFIC IN THE CFMU AREA

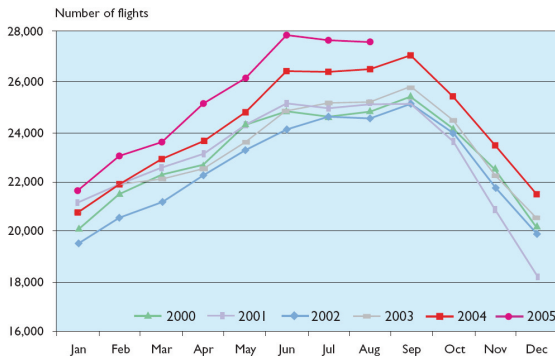


BILD 5. Aktuelle Verkehrszahlen 2005 [Quelle: Eurocontrol]

Mit Hilfe von Wissensmanagement-Ansätzen lassen sich Beziehungen und Interaktionen in diesem System untersuchen und darstellen. Ebenso werden Möglichkeiten deutlich, wie auf das Systemverhalten Einfluss genommen werden kann und welche Auswirkungen zu beachten sind. Es wird für die hier betrachteten Aufgaben ein Wissensmodell des Luftverkehrssystems aufgebaut. Dieses kann Schnittstellen zu unterschiedlichen Anwendungen wie dem Dokumenten-Management oder auch vernetzten Simulationsmodellen zur Verfügung stellen.

Diese Erfahrungen des Fachgebietes Flugführung und Luftverkehr der TU Berlin mit der Umsetzung von Wissensmanagement-Konzepten sollen im Folgenden an zwei sehr unterschiedlichen Beispielen näher dargestellt werden. Beide Projekte befassen sich mit der Weiterentwicklung des Luftverkehrssystems, zum einen mit dem Fokus auf politischen und ökonomischen Fragen und zum anderen mit seiner technischen Gestaltung.

5. DAS FORSCHUNGSMANAGEMENTSYSTEM FIS DES BMVBW

Ein Beispiel für einen Wissensmanagement-Ansatz stellt das Forschungsinformationssystem "Verkehr, Bauen, Wohnen, Aufbau Ost" (FIS) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) dar ([7]). Es handelt sich um ein globales Wissensmanagementsystem für alle Themen im Geschäftsbereich des BMVBW. Primäre Zielgruppe sind die Fachabteilungen und Leitungsebenen des BMVBW. Angedacht wird dabei, auch Außenstehenden gegen Zahlung eines Kostenbeitrags den Zugriff zum System zu ermöglichen.

An dem Aufbau des Systems arbeiten insgesamt 15 Universitätsinstitute und Forschungseinrichtungen. Das Fachgebiet Flugführung und Luftverkehr der TU Berlin (Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. M. Fricke) ist seit 2001 vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen beauftragt, Informationen und Forschungsarbeiten zum gesamten Luftverkehr für das

FIS systematisch auszuwerten und unter dem Focus der Politikberatung aufzubereiten.

Technisch ist das System als web-basierte Anwendung auf Basis des Content-Management-Systems (CMS) WebGenesis des Fraunhofer-Instituts für Informations- und Datenverarbeitung (FhG IITB) realisiert worden. Auf Seiten der Nutzer ist lediglich ein aktueller Web-Browser erforderlich.

Grundsätzliche Motivation des Auftraggebers bei der Initiierung des FIS war die Erkenntnis: „Wir müssen wissen, was wir alles wissen“. Aber es wurde auch festgestellt, dass „*Mehr* Information haben, nicht bedeutet, über *mehr* Wissen zu verfügen“. Die Vermittlung des benötigten Wissens darf nicht mehr in Form einer „Holschuld“ erfolgen, also nicht, indem derjenige, der sich zu einem Thema Wissen verschaffen will, mühsam durch Informationsberge, Bibliotheken oder ähnlichem hindurcharbeiten muss oder in der jeweiligen Fachabteilung eine kompetente Person zu suchen hat. Wissensvermittlung sollte hingegen als „Bringschuld“ aufgefasst werden, das bedeutet, die Informationen sollten stets leicht abrufbar und jederzeit verfügbar sein. Dazu gehört auch, dass das zu den unterschiedlichen Fachthemen innerhalb und außerhalb des Ministeriums vorhandene Wissen in das System hineingetragen wird. Dabei soll das zur Verfügung stehende Wissen möglichst umfassend sein. Gleichzeitig kommt jedoch eben aufgrund dieses großen Wissensbestandes der nutzerfreundlichen und auf das Ziel der Politikberatung ausgerichteten Gestaltung des Systems, die einen schnellen Überblick gewährleisten soll, größte Bedeutung zu. Damit diese an sich widersprechenden Forderungen erfüllt werden können, wurden einige Grundsätze formuliert, die nachfolgend erläutert werden.

Alles vorhandene Wissen wird so aufbereitet, dass die jeweilige Problemstellung die Art und Weise der Informationsaufbereitung definiert. Es muss also möglich sein, von einem bekannten Problem her, wie z. B. dem Fluglärm, zu allen Verästelungen des Fachwissens über Lärm im Luftverkehr bis hin zu den Grundlagen für eine künftige Fluglärmgesetzgebung zu gelangen.

Die Nutzer des FIS verfügen, bevor sie mit dem System in Interaktion treten, bereits über eigene Informationen und Urteile zum jeweiligen Fachgebiet bzw. politischen Problem. Dieses *implizite* Wissen darf durch die Nutzung des FIS nicht verloren gehen, sondern soll eine Koppelung mit dem Wissen Externer – hier insbesondere der Wissenschaft – erfahren. Optimal ist es dabei, wenn das implizite Wissen der Nutzer zusätzlich in das System integriert werden kann. Denn dadurch ließen sich die Wege der politischen Entscheidungsfindung wesentlich transparenter gestalten und später einfacher nachvollziehen.

Ein Wissen über das Wissen muss sich herausbilden. Dies kann nur durch die *Vernetzung* von Einzelinformationen erfolgen. Hilfreich kann dabei die Visualisierung von Zusammenhängen sein. Als Werkzeug dafür steht gegenwärtig im FIS die grafische Navigation mithilfe von Wissenslandkarten in Form von Mindmaps durch den gesamten Informationsbestand zur Verfügung.

Aufgrund der Struktur des Ministeriums ist es unbedingt erforderlich, alle Sachverhalte in einer allgemein verständlichen Sprache aufzubereiten und nicht in der jeweiligen Fachsprache zu beschreiben, die nur Spezialisten verständlich ist. Denn insbesondere die generalistisch arbeitenden Leitungsreferate sollen verstärkt in die Lage versetzt werden, Fachinformationen in ihre Arbeit einzubeziehen. Gleiches gilt für die Fachreferate von benachbarten Gebieten, die auch Informationen außerhalb ihrer eigenen Fachdomäne nutzen und in ihre Arbeit einbeziehen sollen. Sinnvoll ist es in diesem Zusammenhang, sich bei der Erstellung und Aufbereitung von Inhalten am Stil und den Methoden des Wissenschaftsjournalismus zu orientieren. Dieser vermag auch schwierige und unübersichtliche Wissensgebiete der Allgemeinheit nahe zu bringen.

Das FIS ist in verschiedene Ebenen gegliedert, die unterschiedliche Navigationsstrategien durch den Wissensbestand ermöglichen (siehe Strukturgrafik in BILD 6). Die oberste Ebene bilden die bereits erwähnten Wissenslandkarten, die einen schnellen visuellen Überblick über ein Sachgebiet oder eine spezifische Problemstellung sowie die grafische Navigation durch die hierzu vorhandenen Informationen ermöglichen. Über deren Verästelungen kann der Benutzer direkt zur Ebene der Syntheseberichte weiterkommen. Denn die Knoten dieser Wissenslandkarten sind durch Syntheseberichte hinterlegt. Diese fassen jeweils ein Teilgebiet in einem knappen Text zusammen. Ein Charakteristikum dieser Synthesen ist die klare Nachvollziehbarkeit der verwendeten Quellen, die in der Regel direkt aus dem System aufrufbar sind. Forschungsberichte werden zudem durch einen nach festgelegten Standards verfasste Zusammenfassung (Review) erschlossen. Auch eine Vielzahl der wissenschaftlichen Quelltexte ist direkt in das System eingestellt, so dass keine noch so umfassende Informationssuche abgebrochen werden muss. Die Suche nach Details kann nunmehr auch auf der Ebene der einzelnen Informations- und Wissensbausteine erfolgen. Hierzu steht neben einer Einordnung der vorhandenen Quellen und Dokumente auch eine Volltextsuche mit umfangreichen Suchoptionen zur Verfügung. Der Nutzer kann somit auf diese Weise den Grad des wissenschaftlichen „Tiefgangs“ seiner Suche selbst regulieren. Dieser Aufbau macht das FIS zu einem innovativen Wissensmanagementsystem.

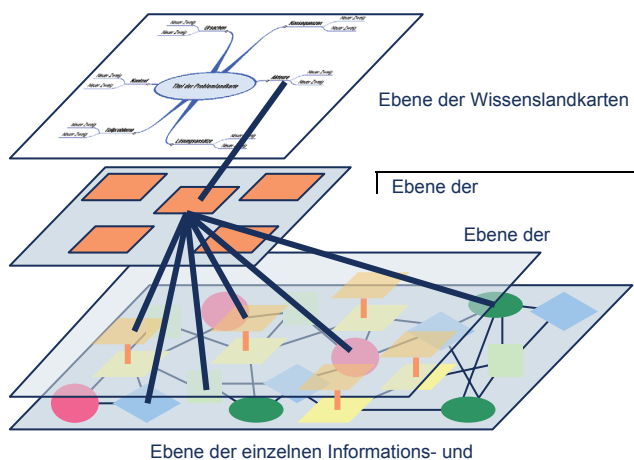


BILD 6. Strukturgrafik des FIS

Am Beispiel von Themen aus dem Luftverkehr sollen die einzelnen Bausteine des FIS näher vorgestellt werden. Bereits auf der Startseite (siehe BILD 7) werden den Nutzern die vier hauptsächlichen Suchstrategien innerhalb des FIS vorgestellt:

- Suche über Wissenslandkarten (grafische Navigation zu Sachgebieten und Problemstellungen),
- Suche über Sachgebiete anhand der Taxonomie (Sachgebietsgliederung) der Forschungsthemen des BMVBW,
- Suche über eine Liste von aktuellen Themenstellungen,
- Volltextsuche über freie Stichworte.

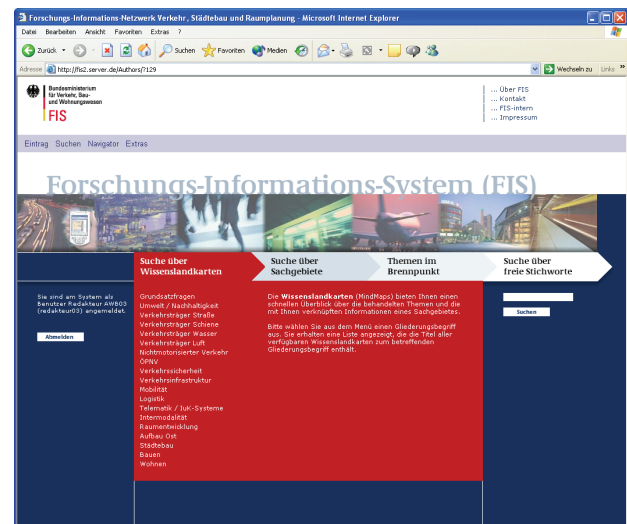


BILD 7. Startseite des FIS

Neben der Volltextsuche für Fachexperten ist die Suche anhand von Wissenslandkarten für viele Nutzer die präferierte Such- und Navigationsmöglichkeit innerhalb des FIS. Für den Bereich Luftverkehr sind im FIS gegenwärtig die folgenden Wissenslandkarten vorhanden (siehe auch BILD 8):

- Hauptkarte Luftverkehr
- Gesundheitsaspekte im Luftverkehr
- Infrastruktur des Luftverkehrs
- Luftsicherheit - security
- Luftverkehrssicherheit - safety
- Wettbewerb und Wirtschaft im Luftverkehr
- Bewertung von Verkehrslärm
- Intermodale Verknüpfung von Schienen- und Luftverkehr
- Luftfahrtforschung
- Luftfahrzeugtechnik
- Luftverkehrspolitik
- Nachhaltigkeit & (Luft-)Verkehr
- Raumfahrt
- Wie kann die Sicherheit im Luftraum gesteigert werden?

- Akteure der Luft- und Raumfahrt
- Wissenslandkarte Flugsicherung
- Kapazitätsfragen des Luftverkehrs
- Logistik & Interaktionen des Luftverkehrs
- Satellitennavigation
- Verkehr vermeiden, verlagern, verträglich gestalten
- Wie kann die Lärmentwicklung des Luftverkehrs reduziert werden?
- Wie können die Immissionen des Luftverkehrs reduziert werden?



BILD 8. Liste der Wissenslandkarten zum Luftverkehr

Die Thementauswahl für die Wissenslandkarten ergibt sich bislang primär aus den Erfordernissen des BMVBW. Die einzelnen Wissenslandkarten zum Luftverkehr sind neben der Listenansicht auch über eine Haupt-Wissenslandkarte Luftverkehr (BILD 9) erschlossen, die auf dem System der Mindmaps beruht.

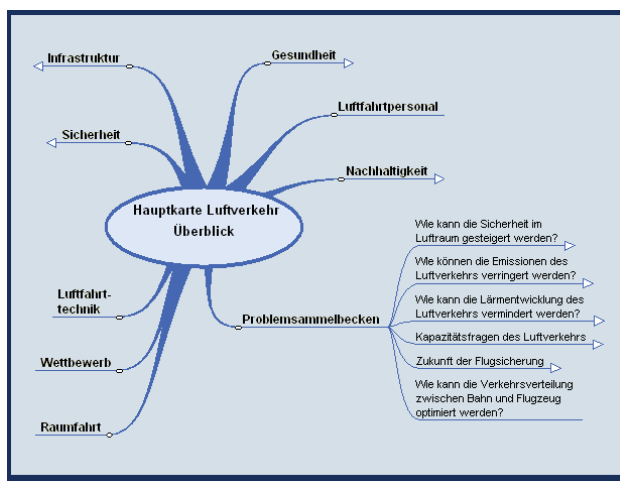


BILD 9. Wissenslandkarte Hauptkarte Luftverkehr

Besonders bedeutsam sind die Wissenslandkarten, die sich an aktuellen Problemstellungen orientieren. Sie sind an einem eigenen Arm „Problemsammelbecken“ zusammengefasst, der direkt zu diesen aktuellen Themen führt.

Die eigentlichen Wissenslandkarten stellen grundsätzlich ein Netz von Begriffen dar, mit dem eine Problemstellung oder ein Sachgebiet gleichsam „aufgeschlossen“ wird. Sie haben die doppelte Aufgabe der Visualisierung von Zusammenhängen in Kombination mit der Bereitstellung einer grafischen Navigationsmöglichkeit durch den Informationsbestand. Dabei gelangen beim FIS zwei verschiedene Typen von Wissenslandkarten zum Einsatz:

Im Zentrum der Problemlandkarte steht eine konkrete Problemstellung aus der politischen Praxis, z.B. „Wie kann die Sicherheit des Luftverkehrs gesteigert werden?“ Dabei ist die Struktur von Problemlandkarten weitgehend einheitlich. Sie ist untergliedert in die folgenden Hauptäste:

- Ursachen
- Konsequenzen
- Akteure
- Lösungsmöglichkeiten
- Kontext
- Teilprobleme.

Die Sachlandkarte stellt hingegen Informationen zu einem Sachgebiet zusammen; sie kann daher auch als eine Taxonomie des jeweiligen Gebietes aufgefasst werden. Sachlandkarten sollen eine schnelle Orientierung im Sachgebiet ermöglichen. Dementsprechend kann eine feste Struktur für diese Karten nicht sinnvoll sein und bestimmt sich individuell aus dem behandelten Gebiet.

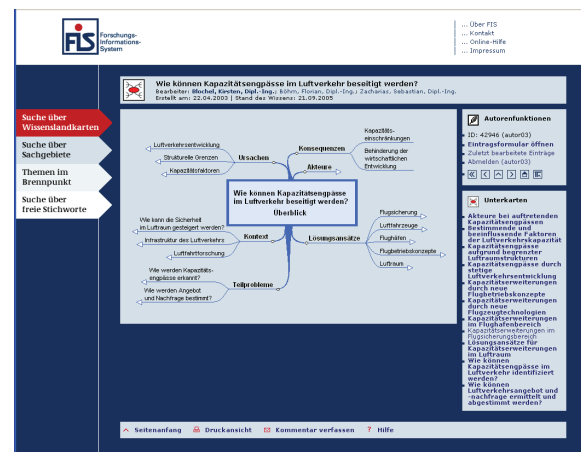


BILD 10. Problemlandkarte Kapazitätsengpässe im Luftverkehr

In BILD 10 und BILD 11 sind Beispiele für Problemlandkarten zu den Fragestellungen Kapazitätsengpässe des Luftverkehrs und Fluglärms dargestellt. Diese Wissenslandkarten besitzen jeweils noch Unterkarten, was durch die Pfeilspitzen an den Astenden angezeigt wird.

Die Informationsrepräsentation im FIS soll im Folgenden anhand eines Beispiels gezeigt werden. Die Problemlandkarte „Wie kann die Lärmentwicklung des Luftverkehrs reduziert werden?“ (siehe BILD 11) präsentiert das gesamte Spektrum der Informationen zum Fluglärm von den Ursachen und Schallquellen bis hin zu gesundheitlichen Auswirkungen und möglichen Maßnahmen zur Reduktion des Fluglärms. Der visuelle Eindruck der Mindmap gibt bereits einen ersten Überblick über die Struktur der Problemstellung und zeigt die Gliederung der vorhandenen Informationen. Sehr schnell

erhält der Nutzer einen Einstieg in die Thematik ohne viel lesen zu müssen.

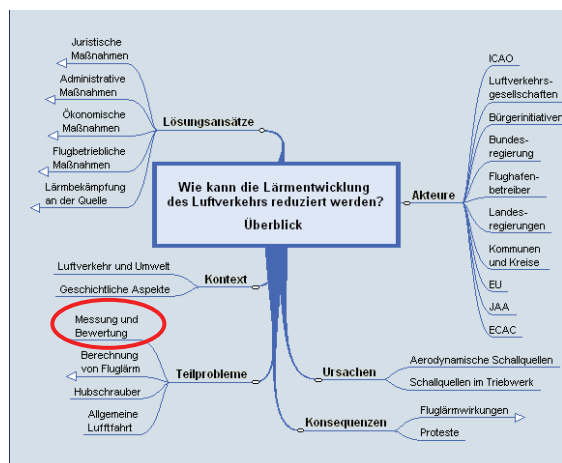


BILD 11. Problemlandkarte "Wie kann die Lärmentwicklung des Luftverkehrs reduziert werden?"

Für detailliertere Informationen kann der Systemnutzer auf die Knoten der Wissenslandkarte klicken. Es wird ihm dann ein Synthesebericht zu dem jeweiligen Gebiet angezeigt. Beispielsweise wird durch den Klick auf den durch die Ellipse in BILD 11 markierten Knoten „Messung und Bewertung des Fluglärms“ der zugehörige Synthesebericht aufgerufen, der in BILD 12 zu sehen ist.

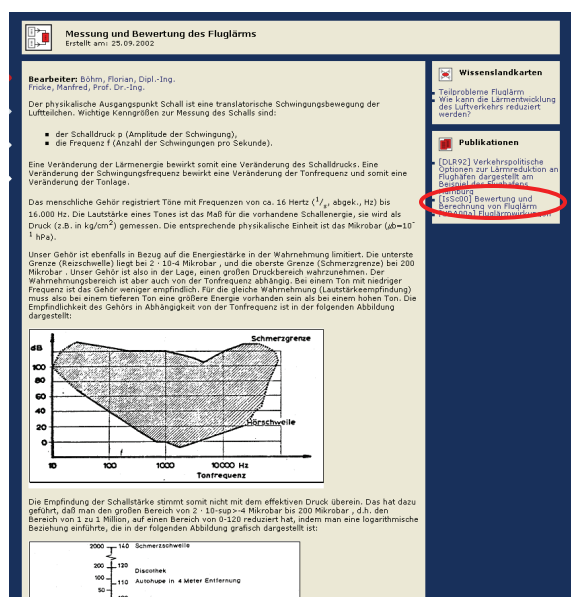


BILD 12. Synthesebericht „Messung und Bewertung des Fluglärms“

Syntheseberichte enthalten die kompakte Zusammenfassung eines komplexen Sachgebiets. Dabei soll der Text kurz und präzise sein. Besonderer Wert wird bei der Erstellung von Syntheseberichten auf eine qualitätvolle Präsentation des Wissens mit Zwischenüberschriften und erklärenden Grafiken gelegt. Da in den Syntheseberichten die wesentlichen Fragen eines Teilgebietes zusammengefasst und eingeordnet werden, müssen alle verwendeten Informationen belegbar sein (Literaturstellen, Zitate, persönliche Erkenntnis etc.)

und nachvollzogen werden können. Die verwendeten Quellen sind in der Regel direkt mit dem Synthesebericht verknüpft.

Im Falle des oben dargestellten Syntheseberichts ist eine wichtige Quelle der Forschungsbericht „Bewertung und Berechnung von Fluglärm“ (siehe markierte Ellipse in BILD 12). Sobald der Nutzer auf diesen Eintrag klickt, werden ihm die Daten dieser Publikation angezeigt. Dabei wird eine automatische Verlinkung zu den für die wesentlichen Autoren eines Fachgebiets im System vorhandenen Einträgen erzeugt, wo Kontaktdetails und eine Liste ihrer im System vorhandenen Publikationen abgerufen werden können.

Die bibliographischen Informationen des als Beispiel genannten Forschungsberichts „Bewertung und Berechnung von Fluglärm“ werden im FIS gemeinsam mit einem sog. Review im FIS präsentiert (siehe BILD 13). Zudem steht das Dokument als Volltext zum Download bereit. Es wird angestrebt, möglichst viele Dokumente im FIS als Volltexte anbieten zu können, um ein Studium der Primärquellen für an Details interessierte Nutzer zu erleichtern. Zudem vereinfacht dies für das BMVBW die Archivierung und Verteilung der hauseigenen Forschungsergebnisse.



BILD 13. Review zum Forschungsbericht „Bewertung und Berechnung von Fluglärm“

Der Review, der zu allen wichtigeren Forschungsberichten angefertigt wird, stellt eine einordnende Zusammenfassung der jeweiligen Arbeit dar. Die formale Gliederung ist für jeden Review vorgegeben

- Ziel / Zweck: Text, der Motivation und Aufgabe der Studie in Kürze beschreibt
- Methodik / Durchführung: Angabe der im Projekt verwendeten Methoden bzw. Art der Durchführung
- Ergebnisse und Schlussfolgerungen: Zentrale Ergebnisse und daraus abgeleitete Schlussfolgerungen der im Review betrachteten Studie

- Einordnung in die Forschung / Relevanz für die Politikberatung: Einordnung der Studie in die Forschung der jeweiligen Disziplin und Beurteilung, warum und wofür der Forschungsbericht im Rahmen der Aufgaben des FIS interessant ist.

Der Review gibt einen raschen Überblick über den jeweiligen Forschungsbericht. Durch die Einordnung und die Angabe der Relevanz ist er jedoch informativer als eine reine Inhaltsangabe.

Eine besondere Funktionalität des FIS sind die durch das WebGenesis-System bereitgestellten automatischen Verlinkungen zwischen Wissensbausteinen auf Basis einer Ontologie. Damit lassen sich Beziehungen wie „Person x ist Autor der Publikation y“ oder „Publikation y wird in Synthesebericht z verwendet“ selbsttätig auswerten und anzeigen.

Das FIS wird mittlerweile im BMVFW und anderen Bundeseinrichtungen intensiv genutzt. Es unterstützt methodisch das wissensbasierte Arbeiten im Bereich von Politik und Verwaltung und trägt damit zu einer Modernisierung der Arbeitsprozesse, einer Steigerung der Effizienz und der Senkung der Kosten (Verhinderung von Doppelforschung) bei. Zudem macht es die Grundlagen von Entscheidungen transparent.

Das Wissen der Nutzer bezieht das FIS durch die Möglichkeiten der Kommentierung von Einträgen und der Erstellung von eigenen Review-Einträgen ein. Zudem werden von den Bearbeitern aus den Forschungsinstituten regelmäßig Gespräche mit den Mitarbeitern der Fachreferate geführt, auch um die Qualität der Systeminhalte zu gewährleisten. Denn da das System als Hilfe für politische Entscheidungen genutzt wird, ist eine hohe wissenschaftliche Qualität und Integrität erforderlich.

Das FIS unterstützt alle Kernbausteine des Wissensmanagement-Prozesses entsprechend der Aufstellung in BILD 2. Dabei liegt ein Schwerpunkt auf der Wissenstransparenz und Wissensverteilung der Forschung im Geschäftsbereich des BMVFW. Mittlerweile ist das FIS eine bedeutende Quelle für die Politikberatung mit allein im Luftverkehr nahezu 3000 Einträgen, wovon über 600 Syntheseberichte sind. Damit ist es eine der umfangreichsten Zusammenstellungen von Wissen für die Politikberatung im Verkehrsbereich.

6. WISSENSDATENBANK ZUR LUFTFAHRTINFRASTRUKTUR

Ein weiteres Beispiel für angewandtes Wissensmanagement im Luftverkehr ist eine Wissensdatenbank über die Interaktionen im System Luftverkehr, die für Airbus Deutschland erstellt wird. Projektpartner sind das DLR – Institut für Flugführung – und die TU Berlin – Fachgebiet Flugführung und Luftverkehr sowie die TU München – Lehrstuhl für Luftfahrttechnik. Zielgruppe dieses Wissensmanagement-Systems sind Mitarbeiter der Bereiche Flugzeugentwurf, Zukunftsprojekte und Technologiebewertung bei Airbus.

Zu den Zielsetzungen des Projekts gehört eine methodische Analyse aller Luftfahrzeugeigenschaften, die einen Einfluss auf die Kapazität der

Luftverkehrsinfrastruktur haben. Ziel ist es, die Interaktion zwischen Luftfahrzeugeigenschaften und Infrastruktur besser zu verstehen. Auf der Grundlage dieses Wissens können Lösungen zur Steigerung der Kapazität gefunden und evaluiert werden, die ohne teure und zeitaufwändige bauliche Maßnahmen auskommen. Mit den Ergebnissen der Untersuchung sollen Technologien und Konzepte für das kapazitätssparsame und umweltverträgliche Flugzeug der Zukunft gefunden und bewertet werden. Weiterhin soll ein Beitrag zur Integration von Wissen über die Luftverkehrsinfrastruktur in den Flugzeugentwurf geleistet werden.

Im Rahmen der detaillierten Analyse der Interaktionsmechanismen sollen nicht nur der – relativ offensichtliche – Einfluss der geometrischen Parameter wie Spannweite oder Länge (siehe hierzu auch [8]), sondern auch die weniger deutlich erkennbaren impliziten Beziehungen innerhalb des Luftverkehrssystems beschrieben werden. Hierbei wurde deutlich, dass für viele Beziehungen keine analytischen Beschreibungen existieren. Dementsprechend ist es nicht möglich, ein geschlossenes mathematisches Modell aller Interaktionen aufzustellen.

Um möglichst alle Interaktionen im System Luftverkehr analysieren zu können, wurde ein Wissensmanagement-Ansatz gewählt, mit dem Wissen aus unterschiedlichen Fachdomänen vernetzt und in einen Kontext gesetzt werden kann. Denn gerade die hierfür relevanten Domänen „Flugzeugentwurf“, „Flugphysik“, „Air Traffic Management“, „Flughafenbetrieb“ zeichnen sich durch ein jeweils umfangreiches Domänenwissen aus, das bislang nur unzureichend verbunden ist. Zu den Schwierigkeiten, die dabei überwunden werden müssen, gehört, dass Quellen und Statistiken auf unterschiedlichen Grundlagen und Bezugsgrößen basieren. Es müssen also unterschiedlichste Informations- und Datenquellen vernetzt werden, wie z. B. Kapazitätsanalysen, Luftfahrzeugbeschreibungen, Luftfahrzeugparameter, Infrastrukturparameter, Technologien. Die Erstellung eines ganzheitlichen Wissensmodells für das System Luftverkehr stellt daher in weiten Teilen Grundlagenforschung dar.

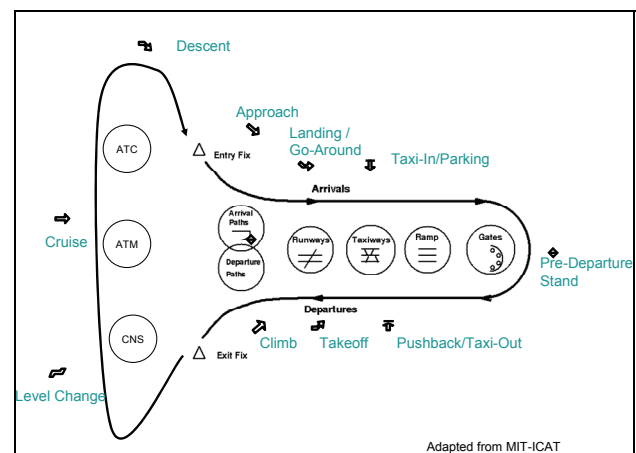


BILD 14. Analyse des Luftverkehrssystems in allen Flugphasen

Da die Kapazität des Luftverkehrssystems eine umfassendere Bedeutung besitzt als die reine Anzahl der

Mit den in der Wissensdatenbank enthaltenen Informationen und Zusammenhängen lassen sich zu einer durch den Nutzer vorgegebenen Problemstellung (z. B. Wirbelschleppen im Anflugbereich) Details zu den relevanten Flugzeugparametern und Interaktionsmechanismen mit der Infrastruktur in Form von zusammengefassten Ergebnisreports anzeigen. Weiterhin werden in einer weiteren Ergebnisdarstellung die zur Detailanalyse der Problemstellung verfügbaren Berechnungswerkzeuge (Examination Tools) zusammengestellt. Außerdem ist es auf dieser Grundlage möglich, entsprechend den jeweils gewählten Zielsetzungen Technologie Roadmaps (siehe BILD 17) direkt aus der Wissensdatenbank abzuleiten. Hierbei werden die Informationen über die kapazitätssteigernden Technologien im Hinblick auf eine Zielstellung (z. B. den Herausforderungen der der ACARE SRA-2 [9]) mit den in der Datenbank enthaltenen Flugzeugparametern sowie den Interaktionen verknüpft. Es sollen daraus Anforderungen an die Flugzeugparameter und Systemeigenschaften des Luftverkehrssystems abgeleitet

und Technologien zu deren Erfüllung ermittelt werden. Mit dieser domänenübergreifenden Sichtweise unterscheidet sich die beschriebene Wissensdatenbank erheblich von Systemen wie der ARDEP-Datenbank von EUROCONTROL ([10]) oder dem Operational Evolution Plan der FAA ([11]).

Die beschriebene Wissensdatenbank lässt sich vielfältig einsetzen. Hauptziel ist dabei, ein Verständnis für die Kapazitätssituation der Luftfahrtinfrastruktur zu schaffen. Dabei werden die meisten Nutzer der Wissensdatenbank jedoch keine Experten auf dem Gebiet der Luftverkehrsinfrastruktur oder der Kapazitätsplanung sein, sondern entwickeln Flugzeuge oder deren Systeme. Daher muss der Zugriff auf das gespeicherte Wissen möglichst einfach sein.

Weiterhin kann das Wissen über Interaktionen und Technologien zur Integration in wissensbasierte Entwurfssysteme (siehe z. B. [12] und [13]) genutzt werden. Es können damit Systemregeln formuliert werden, die Unterstützung bei Entwurfsentscheidungen zu folgenden Hauptfragen bieten:

- Welche Beschränkungen (Performance, Ökonomie) ergeben sich aus der Infrastruktur für neue Konzeptentwürfe?
- Welche Änderungen an der Infrastruktur sind für den Einsatz einer neuen, auch unkonventionellen Luftfahrzeugkonfiguration erforderlich? Lohnt sich dieses?
- Welche Entwurfsentscheidungen haben Auswirkungen auf die Infrastrukturkompatibilität?

7. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Wissensmanagement-Methoden und -Technologien bieten neue Möglichkeiten zur Analyse des Luftverkehrssystems. Insbesondere die Sichtbarmachung von (vielfach impliziten) Systemeigenschaften stellt ein hohes Potential für den Einsatz des Wissensmanagements dar. Wissensmanagement-Techniken sind daher ein viel versprechender Ansatz zur Analyse und Optimierung des Gesamtsystems.

Dabei können wie durch das FIS und die Wissensdatenbank zur Luftfahrtinfrastruktur gezeigt wurde, sehr unterschiedliche Erkenntnisinteressen berücksichtigt werden. Während bei dem einen System die Politikberatung im Zentrum steht, sind bei dem anderen System mehr technische Aspekte wie die Technologiebewertung und Entwicklung von Technologiestrategien und die Weiterentwicklung von Entwurfsregeln für Flugzeuge von Interesse.

Zentral für jedes Wissensmanagement-Konzept ist daher die Berücksichtigung des Erkenntniszwecks und der Bedürfnisse der voraussichtlichen Nutzer. Hierbei müssen Präsentationsformen entwickelt werden, die sich an Wissensstand und Fragestellung der Stakeholder orientieren. Denn nur, wenn die Nutzer das Wissen aus dem Wissensmanagement-System in ihre Arbeit integrieren und wiederum ihre Erkenntnisse in das System integrieren, ist es langfristig sinnvoll. Systemkonzepte für

das Wissensmanagement gibt es zahlreiche (siehe z. B. [14]), wenige sind jedoch bislang auf die Bedürfnisse der Luftfahrt abgestimmt. Das Fachgebiet Flugführung und Luftverkehr der TU Berlin beschäftigt sich seit mehreren Jahren mit der Konzeption und Entwicklung von luftfahrtspezifischen Wissensmanagement-Systemen.

Forschungsbedarf besteht noch u. a. in folgenden Bereichen des Wissensmanagements in der Luftfahrt:

- Formulierung von einheitlichen Systemmetriken zur übergreifenden quantitativen Beschreibung komplexer Systeme,
- Entwicklung von intelligenten und intuitiven Nutzerinterfaces, die natursprachliche Fragen verarbeiten können,
- Integration von Wissensdatenbanken über die Luftverkehrsinfrastruktur in Luftfahrzeugentwurfssysteme und Verkehrssimulationsnetzwerke.

Wir wissen viel. Das Wissen ist jedoch weit und fein verteilt. Um zielgerichtet genutzt zu werden, muss es gebündelt und vernetzt nutzbar gemacht werden.

8. LITERATUR

- [1] Allan, Neill et al.: European Guide to Good Practice in Knowledge Management - CEN/ISSS Knowledge Management Workshop; Brüssel 2004.
- [2] Probst, G.; Raub, St.; Romhardt, K.: Wissen managen. Wiesbaden 1999.
- [3] Nonaka, I.; Takeuchi, H.: Die Organisation des Wissens; Frankfurt/M 1997.
- [4] FAA - Office of System Capacity: 2002 Aviation Capacity Enhancement (ACE) Plan; Washington D.C. 2002.
- [5] European Civil Aviation Conference (ECAC) and EUROCONTROL: Study on Constraints to Growth (2 Volumes), 2001.
- [6] European Civil Aviation Conference (ECAC) and EUROCONTROL: Challenges to Growth 2004 Report (CTG04); Brussels 2004.
- [7] <http://www.forschungsinformationssystem.de/>
- [8] International Industry Working Group (IIWG): Commercial Aircraft Design Characteristics - Trends and Growth Projections; o. O. 2003
- [9] Advisory Council for Aeronautics Research in Europe (ACARE): Strategic Research Agenda 2 (SRA-2; 2 Volumes); Brussels 2004.
- [10] EUROCONTROL-SD/ESC/R&D Coordination: ARDEP 2003 – Synopsis of ARDEP Projects; Brussels 2004.
- [11] FAA: National Airspace System National Airspace System (NAS) Operational Evolution Plan (OEP) – Vers. 6.0; Washington D.C. 2004.
- [12] Rentema, W. E.: AIDA: Artificial Intelligence supported conceptual Design of Aircraft; Delft (PhD Thesis) 2004.
- [13] Dirks, G.; Schneegans, A.: Scenario Based Aircraft Design Using Knowledge Based Software Methods; ICAS-Paper 5103.1; ICAS Congress 2000.
- [14] Haun, M.: Handbuch Wissensmanagement – Grundlagen und Umsetzung, Systeme und Praxisbeispiele; Berlin 2002.