# Konzept und Aufbau eines Informationssystems über ökologische Modelle und Daten (UFIS)

R. Lenz, Chr. Herderich, M. Knorrenschild, O. Springstubbe, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Projektgruppe Umweltgefährdungspotentiale von Chemikalien (PUC)
Postfach 1129, D - 85758 Oberschleißheim
e-mail: ufis@gsf.de

## 1. Zielsetzung und Kurzfassung

UFIS (Umweltforschungs-Informationssystem) wird Informationen zur ökologischen Forschung, insbesondere über Modelle und dazugehörige Daten überwiegend aus Projekten des BMFT[1] bereitstellen (sog. Meta-Informationen). Diese Information schließt eine standardisierte Dokumentation von Modellen und solchen Datensätzen ein, die für die ökologische Modellierung von Bedeutung sind und international anerkannten "Protokollen" entsprechen.
Die Meta-Information wird über ein Nutzer-Führungssystem automatisiert zugänglich sein. Dadurch werden Analysen, Klassifizierungen und Bewertungen von Modellen ermöglicht, die für den Nutzer eine Art Qualität des Modells erkennbar machen.

Nutzergruppen werden sein:
- Auftraggeber und Projektträger der ökologischen Forschung
- Wissenschaftler, die Modelle entwickeln, nutzen und verbinden wollen, um komplexe Ursache-Wirkungs-Beziehungen in unserer Umwelt (zentrale Aggregationsebene: Ökosystem) simulieren, prognostizieren und bewerten zu können.

Das aktuelle Arbeitsprogramm ist die Inventur und Beschreibung von Forschungsprojekten, die Auswahl von Projekten, die für UFIS-Nutzer relevant sind, eine Umfrage zum Modelleinsatz an Ökosystemforschungszentren u. ä. Einrichtungen, sowie die Erstellung eines Dokumentationskonzepts für Modelle und Daten (Klassifizierung, Schlagworte).

---

[1] Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministers für Forschung und Technologie (BMFT) unter dem Förderkennzeichen 0339349A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Nach bisherigem Kenntnisstand enthält die Datenbank DAVOR des BMFT Einträge zu ca. 900 Projekten für 8 Bereiche der ökologischen Forschung (BMFT Referat 522). Schlagwort-Abfragen ergaben letztlich 30 Vorhaben, in denen Simulationsmodelle entwickelt worden sind oder werden. Anhand dieser und anderer verbreiteter Modelle wurde in gemeinsamer Bearbeitung mit dem Projektzentrum Ökosystemforschung in Kiel und dem Projekt ECOBAS in Kassel eine Modelldokumentation fertiggestellt.
Parallel dazu erfolgte eine Umfrage zum aktuellen und angestrebten Einsatz von Simulationsmodellen an den Ökosystemforschungszentren u. ä. Einrichtungen. Test und Umfrage werden derzeit weiter ausgewertet. Bislang wurden 106 Modelle in eine Kurzbeschreibung aufgenommen.
Für die Erfassung der standardisierten Dokumentation von Modellen wird derzeit ein PC-Programm entwickelt, das den Modellentwickler in die Lage versetzen soll, sein Modell entsprechend zu dokumentieren. Im 3. Quartal 1994 wird ein Datenbankprototyp zur Abfrage der Modelldokumentation verfügbar und über Telnet zu erreichen sein.

## 2. Konzept eines Informationssystems über ökologische Modelle und Daten

Das Grunddesign des Informationssystems zu ökologischen Modellen und Daten (UFIS) folgt den Arbeitsschritten und Wissens- sowie Datenaufbereitungen, die beim Erstellen von Modellen notwendig sind. Damit soll gewährleistet werden, daß der Kontext eines Modells - vom Datenbedarf bis zur Charakterisierung des zu beschreibenden ökologischen Systems - im UFIS dokumentiert und damit auch abfragbar ist (vgl. Abb. 1). Modell- und (dazugehörige) Datenbeschreibungen werden deshalb dokumentiert, weil sie kondensiertes Wissen komplexer Sachverhalte darzustellen vermögen, was mit Daten, Schlagworten u. ä. allein nicht möglich ist. Der Begriff Modell wird dabei sehr weit gefaßt, so daß jede Art von Datenkombination - also auch einfache Verknüpfungsregeln - darunter zu verstehen ist.

Das methodische Vorgehen bei der Erstellung von Modellen kann durch fünf "Informationsquellen" (vgl. Kästchen in Abb. 1) beschrieben werden, die in wechselseitiger Beziehung stehen:
1. Konzeptionelle Modelle: Hierunter werden Modellvorstellungen verstanden, also Wortmodelle, Hypothesen und Theorien, Strategien u. ä.. Diese werden aus der beobachtbaren Realität einerseits sowie aus harten Daten über diese Realität andererseits abgeleitet (also empirisch und quantifizierend).

2. Mathematische Simulationsmodelle: Diese stellen die formale Abbildung der konzeptionellen Modelle dar und erlauben es vergleichbar einem Experiment, Daten zu produzieren, die dann mit der Realität verglichen werden können. Erfolgt dies zufriedenstellend, lassen sich sowohl Prognosen wie auch Übertragungen in nicht untersuchte Sachverhalte rechtfertigen.

3. Berechnete Daten, 4. gemessene Daten, und 5. beobachtbare Realität (z.B. bestimmte Organismenarten und deren Verhalten insgesamt) wurden bereits als notwendiger Input bzw. errechenbarer Output von Modellen (1. und 2.) genannt.

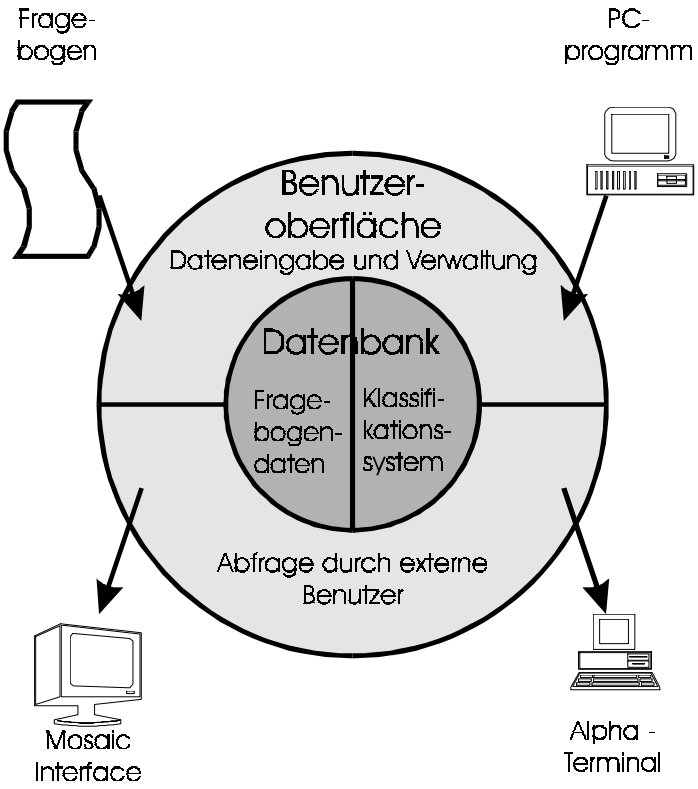
Diese fünf Informationsquellen können mit Bausteinen des Informationssystems UFIS verglichen werden: Hinter dem Suchhilfesystem verbirgt sich eine Nutzerführung mit Thesaurus, ökologischen Systemklassifizierungen und Umweltmedien, so daß bereits wesentliche Teile des Modellkonzepts angesprochen werden können. Nähere Informationen bis hin zur mathematischen Beschreibung der ökologischen Prozesse liefert dann die eigentliche Modelldokumentation. Diese liegt in Form eines Fragebogens sowie einer Datenbank vor. Damit wird erkennbar, welche Daten das Modell "produzieren" kann, und welche es benötigt. Die Daten selbst - in UFIS befinden sich nur Meta-Informationen, also Daten- und Modellbeschreibungen verschiedener Detaillierungsgrade - stehen in der Regel auch in einem ökologischen Kontext, d.h., daß sie nur über bestimmte ökologische Realitäten bzw. ökologische Systeme Aussagen zulassen. UFIS enthält im Prinzip fünf (oder vier, wenn man das Suchhilfesystem nur als Auffindehilfe von systemökologischer Klassifizierung und Modelldokumentation betrachtet) miteinander in Beziehung stehende Informationskategorien, die mittels des Fragebogens erfaßt werden. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit, ökologische Sachverhalte transparent und qualitativ überprüfbar beschrieben zu haben, relativ hoch.

Abb1

Im folgenden wird dabei die eigentliche Software- und Datenbankentwicklung in Struktur und Design im Vordergrund der Beschreibung stehen.

## 3. Überblick über die Struktur des Informationssystems

Das Informationssystem besteht aus der eigentlichen Datenbank und den Benutzeroberflächen zur Interaktion mit der Datenbank. Die Datenbank wird weiter gegliedert in den Teil zur Speicherung der Daten, die durch den Fragebogen erhoben werden und in das von UFIS entwickelte Klassifikationssystem (Springstubbe 1993, Lenz 1993). Für die Benutzung der Datenbank ist eine Oberfläche zur Dateneingabe und -verwaltung der papiergebundenen Fragebögen sowie eine Oberfläche zur Datenabfrage für "externe" Benutzer geplant, die auf alphanumerischen Terminals basiert. Damit ist für die Abfrage der Datenbank ein Zugriff über eine Telnetverbindung möglich. Zusätzlich ist geplant, die Informationen der Datenbank im World Wide Web als Hypertextdokument im HTML - Format (Weichselgartner 1993) anzubieten und den Fragebogen als PC-File in die Datenbank einspielen zu können. (**Abb.:2:** Struktur des Informationssystems)



# 4. Entwurf der Datenbankstruktur

Mit Hilfe eines Fragebogens (Benz u.a. 1993) werden standardisierte Modellbeschreibungen erhoben. Das Ziel des Datenbankentwurfs ist die Speicherung und Verknüpfung aller in diesem Fragebogen erfaßten Informationen.
Generell kann die Softwareentwicklung in die Phasen Anforderungsspezifikation, Systementwurf, Systemimplementierung und schließlich Systemwartung unterteilt werden.

## 4.1. Anforderungsspezifikation

Die grundlegende Anforderungsspezifikation für alle Systemteile wird durch den UFIS-Fragebogen vorgegeben, der beschreibt, welche Informationen in welcher Form gespeichert werden müssen. Dadurch ist auch implizit festgelegt, wie die Masken für die Dateneingabe aussehen müssen und nach welchen Informationen bei der Abfrage der Daten gesucht werden kann. Für das Klassifikationssystem wird die Anforderungsspezifikation durch die Arbeit von Springstubbe (1993) und darauf aufbauende Arbeiten ergänzt. Damit ist die Definition der Anforderungsspezifikation im Wesentlichen abgeschlossen. Nach einem noch für 1994 geplanten Probebetrieb werden sich sicher noch Änderungen in der Anforderung an die Datenbank ergeben, die später berücksichtigt werden müssen.

## 4.2. Systementwurf

Die wesentliche bisher geleistete Arbeit war die Erstellung des Systementwurfs für die Speicherung der im Fragebogen erhobenen Daten. Durch die Verwendung des Datenbanksystems Ingres war vorgegeben, daß das Ergebnis des Systementwurfs ein relationales Datenmodell (Tabellen) sein mußte. Als Vorstufe für ein genaues relationales Modell wurde ein gröberes objektorientiertes Modell entworfen. Als Resultat dieses Arbeitschrittes wurde ein Dokument erstellt, das das relationale Modell mit allen Tabellen, allen Tabellenspalten und ihrer Bedeutung enthält. Zusätzlich wird in diesem Dokument beschrieben, wie sich diese Tabellen zu Objekten zusammensetzen und wie diese Objekte zusammenhängen. Außerdem war noch zu beachten, daß Ingres für einzelne Tabellen und für jede Verknüpfung von Tabellen (das Kreuzprodukt bei Joins) eine maximale Tabellenbreite von ca. 2.000 Zeichen hat. Dies bedeutete eine wesentliche Einschränkung im Systementwurf.
Konkret wurden zunächst größere Informationseinheiten (Objekte) identifiziert. Dann wurde untersucht, in welchem logischen Zusammenhang diese Objekte stehen (Relationen zwischen diesen

Objekten). Schließlich wurden die Objekte so lange verfeinert, bis alle Informationen des Fragebogens erfaßt werden konnten. In der folgenden Graphik sind die verwendeten Objekte und ihre Beziehung untereinander dargestellt.
Objekte sind in dieser Graphik immer als <Objektname>_id bezeichnet und als Rechtecke ausgeführt. Relationen sind als Rauten dargestellt. Zentrale Objekte der Dokumentation sind Modell, Größe und Gleichung. Beim Objekt Modell handelt es sich um die Teile der Beschreibung eines Modells, die nur einmal vorkommen, wie etwa eine Kurzbeschreibung des Modells. Die zugehörigen Objekte Gleichung und Größe beschreiben die im Modell verwendeten Gleichungen und Größen und sind typischerweise in einer Modellbeschreibung mehrfach vorhanden. Die in den Modellen verwendete Literatur, die das Modell charakterisierenden Schlagworte, die das Modell fördernde Institutionen und Personen werden für alle Modelle global gespeichert. Die Objekte Bedingungen und Umweltbedingungen folgen aus dem UFIS-Klassifikationssystem. Verwaltungstechnischer Natur ist das Objekt Bearbeiter, das den Bearbeiter des Datenbankeintrags beschreibt.
Aus der Anforderungsspezifikation läßt sich leicht ersehen, daß eine Aufbereitung der Informationsmenge, die im Fragebogen erhoben wird, in der Art eines Hypertext-Dokuments besonders geeignet ist. Dies bedeutet, die im Fragebogen erhobenen Informationen werden zu einzelnen leicht überschaubaren Informationsblöcken zusammengefaßt, die über sogenannte Links inhaltlich zusammenhängen. Ein Programm, das aus der Datenbank entsprechende Hypertextdokumente ableitet, ist im Entwurf.

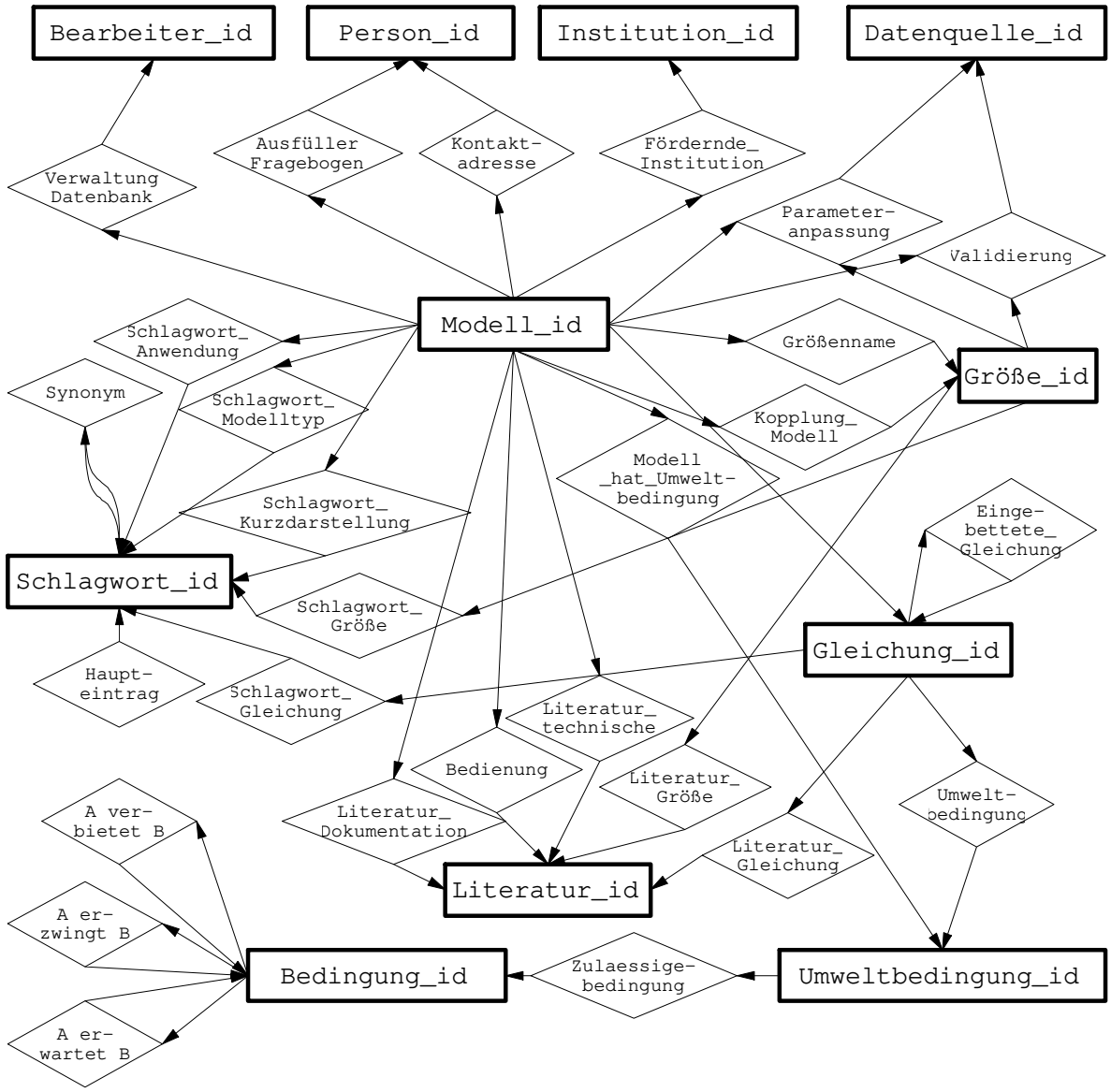



**Abb. 3:** Datenbankentwurf Überblick

## 4.3. Systemimplementierung

Die Implementierung erfolgt auf einem Convex Rechner mit Unix Betriebssystem unter Ingres Version 6.3. Der bisher vorliegende Systementwurf wurde bislang in Anweisungen für die Datenbank

(Ingres - SQL-Anweisungen) umgesetzt und in die Datenbank eingespielt. Die so entstandene Datenbank wird zur Zeit als Arbeits- und Testumgebung bei der Oberflächenentwicklung genutzt. Die alphanumerische Oberfläche wird mit dem INGRES Tool "Application By Form" (ABF) mit der Datenbanksprache INGRES4GL durchgeführt.

## 4.4. Weitere Arbeitsplanung

Derzeit wird der Systementwurf und die Systemimplementierung für das Klassifikationsschema abgeschlossen. Außerdem ist geplant, die Eingabeoberfläche fertigzustellen und eine erste Testversion für die Datenabfrage zu implementieren. Insgesamt wäre damit ein erster Probebetrieb möglich. Da erfahrungsgemäß während eines Probebetriebs Probleme auftreten, die bis in den Bereich der Anforderungsspezifikation hinein reichen, ist für Ende 1994 eine Redesignphase geplant, nach der ein Dauerbetrieb der "Metadatenbank Modelle" möglich sein sollte.
Im weiteren Verlauf des Projekts wird untersucht, wie Daten beschrieben sein müssen, um eine automatische Kopplung von Daten und Modellen möglich zu machen. Dabei wird dem Aspekt der räumlichen und zeitlichen Auflösung von Daten besondere Beachtung geschenkt (Weisemann 1994). In erster Linie zielen diese Arbeiten auf die automatische Kopplung von Modellen untereinander, da mit Daten zunächst solche Daten gemeint sind, die von anderen Modellen erzeugt werden. Die Situation für die Kopplung von Modellen mit Meßdaten ist aus der Sicht von Modellen jedoch nicht grundsätzlich anders, so daß diese Arbeit ein weiterer Schritt in Richtung auf eine "Metadatenbank Daten" darstellt.
Bislang wurde hierzu eine vierstufige Metainformationsbeschreibung für die Eingabe- und Ausgabegrößen eines Modells entworfen. Die erste Ebene ist eine symbolische Beschreibung der Größe mit Größenname, Klassifikation und Einheiten. Die zweite Ebene ist eine zusammenfassende Beschreibung der räumlichen und zeitlichen Struktur einer Größe. Die dritte Ebene beschreibt die Struktur, d.h. die Auflösung in den Raumrichtungen x, y und z sowie die zeitliche Auflösung (t) genau. Auf der vierten Ebene wird schließlich für jedes Tupel (x,y,z,t) der dritten Ebene ein konkretes Werte - Intervall angegeben, in dem die verwendeten Werte liegen müssen. Auf der Basis dieser vierstufigen Beschreibung wurden Prozeduren entwickelt, die schrittweise feststellen, ob der Output eines Modells als Input für ein weiteres Modell geeignet ist oder nicht. Die Implementierung dieser Konzepte ist für 1994 geplant. Grundsätzlich ist festzuhalten, daß solche Prozeduren immer nur formal prüfen können, ob die Kopplung zweier Modelle möglich ist. Die semantische Überprüfung muß der Modellentwickler oder der Modellbenutzer selbst durchführen.

## Literatur


Benz, J./Knorrenschild, M. (1993): Anforderungen an die Dokumentation mathematischer Beschreibungen ökologischer Prozesse, in: Keller, H. B. u.a. (Hrsg.), Bericht vom 2. Treffen des AK 'Werkzeuge für Simulation und Modellbildung in Umweltanwendungen'. Bericht des Kernforschungszentrums Karlsruhe KfK Nr. 5159. Karlsruhe, S. 9-16

Lenz, R. (1993): Systemökologische Anforderungen an ein Umweltforschungs-Informationssystem (UFIS) als operationale Basis für Scaling-Konzepte in der Umweltplanung, in: Jaeschke, A. u.a. (Hrsg.), Informatik aktuell, Tagungsband für 7. Symposium Informatik für den Umweltschutz, Ulm, S. 427 - 440

Lenz, R./Herderich, C. (1993): Das Umweltforschungsinformationssystem UFIS - Ein integriertes Informationssystem über ökologische Vorhaben, Modelle und Daten, in: Denzer, Ralf u.a. (Hrsg.), 1. Workshop Integration von Umweltdaten. Bericht des Kernforschungszentrums Karlsruhe KfK Nr. 5187. Karlsruhe, S. 109-115

Springstubbe, O. (1993): Grundzüge der Klassifikation und systematische Beschreibung ökologischer Systeme als Gliederungsprinzip für ein Informationssystem ökologisch relevanter Daten und Modelle. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Landschaftsökologie, Technische Universität München-Weihenstephan (unveröffentlicht). München, 146 S.

Tobias, K., (1992): Die hierarchische Systemmethode - konzeptionelle Grundlage für die angewandte Ökosystemforschung. E. Schmid, Berlin: 151 S.

Weichselgartner, E. (1993): World Wide Web, in: iX 12, Dezember 1993, S. 84-91

Weisemann, U. (1994): Entwurf eines Datenbankschemas zur Dokumentation des Datenbedarfs und des Outputs von Simulationsmodellen in der Ökologie. Studienarbeit an der Abteilung Computergestützte Informationssysteme des Instituts für Angewandte Informatik der Technischen Universität Berlin (unveröffentlicht). Berlin, 61 S.