

# Praxisgerechte Entwicklungsmethoden für Umweltinformationssysteme: Perspektiven für UIS 2000++

Ralf-Detlef Kutsche<sup>1</sup> und Jan Röttgers<sup>2</sup>

## Abstract

Viele IT-Anstrengungen in den letzten Jahren haben zwar zu einer Reihe vielfältiger und nutzbringender Einzellösungen im Bereich der Umweltinformationssysteme geführt; deren Integration ist an vielen Stellen jedoch nur unzureichend gelungen. Die vorliegende Arbeit analysiert sowohl Hindernisse und Schwachstellen dabei als auch die eigentlichen Zielstellungen derartiger Integrationsbemühungen und stellt dafür eine generelle, (software-)methodische Vorgehensweise dar, die sich auf der Basis eines modell- und metainformationsbasierten Ansatzes gerade auf die bei Umweltinformationssystemen so typischen Merkmale der Heterogenität, Verteiltheit und Autonomie gut anwenden läßt.

## 1 Einführende Bemerkungen

Zum Ende der 80er bzw. Beginn der 90er Jahre wurden durch eine allgemeine Aufbruchstimmung in Richtung Umweltschutz und -politik und entsprechende gesetzlichen Verankerungen im Rahmen der europäischen und nationalen Gesetzgebung (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 1990) eine Reihe von IT-Aktivitäten auf den Weg gebracht, die in der Zwischenzeit respektable Erfolge auf ganz unterschiedlichen Ebenen aufzeigen.

Trotz einer beachtlichen Anzahl von verfügbaren Lösungen und weitergehenden Konzepten konnte jedoch ein primär formuliertes Ziel, nämlich Umweltinformationssysteme (UIS) in fachlicher, räumlicher, zeitlicher und administrativer Sicht übergreifend und integriert sowohl für in-house („Intranet“)-Anwendungen, etwa in Ministerien, Ämtern oder auch Unternehmen, als auch im Sinne des UI-Gesetzes für breite Öffentlichkeit (für Bürger, Fachverbände, Interessensgruppen usw. im „Extranet“) bereitzustellen, nur partiell verwirklicht werden – häufig auch mit erheblichen Einschränkungen in punkto Vollständigkeit, Verfügbarkeit, Integration, etc.

---

<sup>1</sup> Technische Universität Berlin, FB 13 (Informatik),  
Computergestützte Informationssysteme (CIS), Sekr. E-N 7,  
Einsteinufer 17,  
10587 Berlin,

email: rkutsche@cs.tu-berlin.de, Internet: <http://www.cis.cs.tu-berlin.de/~rkutsche/>

<sup>2</sup> Berlin-Brandenburger Graduiertenkolleg „Verteilte Informationssysteme“,  
Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Wirtschaftsinformatik,  
Spandauer Straße 1,  
10178 Berlin,

Email: jroettg@wiwi.hu-berlin.de, Internet: <http://www.wiwi.hu-berlin.de/~jroettg/>

Diese Defizite sollen im folgenden präzise analysiert werden und – ausgehend von weitgehend konsenten Anforderungskatalogen – den Ausgangspunkt für ein technologisch und software-architekturell abgesichertes und zugleich praktikables Entwicklungsmodell zukünftiger UIS-Aktivitäten bilden. Methodische Kohärenz, die Bestandswahrung existierender Investitionen und Lösungen und die Unterstützung offener Plattformen und Standards bilden die Grundlage für die aus unserer Sicht langfristigen Erfolgsfaktoren *Einfachere Realisierbarkeit*, *Qualitätsverbesserung* und *Kostenvorteile* und zugleich den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit.

## 2 Beispiele und Konzepte existierender UIS-Lösungen

Seit Mitte der achtziger Jahre ist die Nachfrage nach zuverlässigen und aufgewerteten Daten und Informationen über die Umwelt merklich angestiegen. Aus diesem Grund haben viele deutsche Verwaltungen, Behörden, Forschungseinrichtungen und regierungsunabhängige Organisationen umfangreiche Informationssysteme (und in der Folge natürlich auch Katalog- und Metainformationssysteme) erstellt, in denen sie Informationen über die Umwelt sammeln, verwalten, analysieren und vorstellen. In letzter Zeit wurden viele dieser Informationssysteme weitläufig über das Internet zugänglich gemacht. Informationsserver wurden für das World-Wide-Web entwickelt, um Informationen zur Umwelt für Benutzer aus den Bereichen Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Forschung und der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Wir greifen im folgenden stellvertretend für eine Vielzahl ähnlicher Entwicklungen einige spezielle IT-Vorhaben der letzten Jahre heraus, die hinreichend interessante Anhaltspunkte für unsere Analyse liefern.<sup>3</sup>

### 2.1 Landesumweltinformationssysteme am Beispiel des LUIS Brandenburg

In vielen Bundesländern existieren weitreichende Lösungen<sup>4</sup> für einen Großteil der wichtigen Umweltinformationen, meist gebündelt im Rahmen von sog. Landesumweltinformationssystemen (LUIS), soweit durch entsprechende IT-Projekte in den letzten Jahren die partikulären, fachspezifischen Lösungen in den klassischen Umweltfachbereichen Luft, Wasser, Boden und Naturschutz und anderen, wie etwa Strahlenschutz und Reaktorsicherheit, versucht wurden, in eine einheitliche Informationsinfrastruktur einzubetten.

Exemplarisch für eine der jüngeren Entwicklungen sei hier das LUIS Brandenburg (kurz: LUIS-BB) genannt, vgl. hierzu (Schöning/Steinhau/Wagener 1996), in dessen Rahmen schon eine Reihe von Projekten und methodischen Studien zum jeweiligen

<sup>3</sup> Die Auswahl wurde entlang vertiefter persönlicher Erfahrungen der Autoren getroffen, die die vorgestellten Entwicklungen in unterschiedlichen Rollen begleitet haben und stellt keine Vorab-Aussage in Richtung (positiver oder negativer) Kritik, in Richtung auf (bestens eingesetzte oder fehlende) Methodik, Offenheit oder technische Innovationsleistung dar.

<sup>4</sup> Abhängig von der IT-Infrastruktur und dem z.T. recht unterschiedlichen Startzeitpunkt für die Entwicklung DV-technischer Fachverfahren und Fachinformationssysteme liegen in den Bundesländern z.T. mehrere hundert solcher Lösungen vor, die i. wes. aber als Einzellösungen entwickelt wurden. Der Integrationsbedarf wurde erst deutlich später benannt, nachdem auch die technischen Voraussetzungen, etwa die verfügbare Netzwerkkapazität und -technologie, überhaupt Integration größeren Ausmaßes gestatteten.

Entwicklungsstand und insbesondere zu den weitergehenden Perspektiven unter-  
nommen wurden, vgl. (Kutsche/Schöning/Waßerroth 1996), (Kutsche/Busse 1997)  
und (Busse/Kutsche/Schöning 1998).

LUIS-BB ist insofern interessant, als hier bereits in einer sehr frühen Phase der  
Planung eine technologische Entwurfsentscheidung getroffen wurde, nämlich auf  
OMG-CORBA als softwaretechnische Interoperabilitätsplattform aufzusetzen.  
Hieraus resultiert die Möglichkeit zu einer offenen, generischen Dienstarchitektur,  
die dann auch konsequent umgesetzt wurde. Der eigentliche Integrationsaufwand für  
die Fachanwendungen wurde dann ebenso konsequent von der Realisierung der  
generischen Systemstruktur entkoppelt, was allen Prinzipien offener und evolutio-  
närer Entwicklungen entspricht, allerdings Akzeptanzprobleme verursachen kann,  
solange nicht Datenbestände angemessenen Umfangs in das System integriert sind.  
Hierfür sind weitergehende Konzepte und Methoden erforderlich, wie sie in den  
nachfolgenden Kapiteln vorgestellt werden. Für das LUIS-BB wurde nach einer  
langen und umfassenden Test- und Pilotphase Mitte 1997 der Routinebetrieb für die  
bis dahin integrierten Quellen aufgenommen. Seither wird das System kontinuierlich  
durch die Integration weiterer Datenquellen mit den entsprechenden LUIS-Diensten  
erweitert.

## 2.2 Übergreifende UIS auf Bundesebene und in Europa

1995 begann der Bund-/Länder-Arbeitskreis Umweltinformationssysteme (BLAK  
UIS) damit, ein deutsches Umweltinformationsnetz zu entwickeln (GEIN: *German  
Environmental Information Network*). Aufgabe dieses Netzwerkes sollte es sein,  
einen Rahmen für alle nationalen und internationalen Umweltinformationssysteme zu  
schaffen, die für Deutschland und über seine Grenzen hinaus relevant sind. Bis zum  
Jahr 2000 soll hier die Infrastruktur (im technischen wie informationslogischen Sinn)  
für einen umfassenden Zugriff auf relevante Länderdaten (i. allg. über die jeweiligen  
Landesumweltinformationssysteme) und die des Bundes (über die reichhaltigen  
Quellen des Umweltbundesamtes) geschaffen werden und der Grundstein für deren  
mögliche Integration gelegt werden (GEIN 2000).

Entscheidend für den Erfolg dieser Entwicklung oder entsprechende multinatio-  
nale bzw. europäische UIS-Integrationsvorhaben ist die Konzeption und Umsetzung  
der entsprechenden Metainformationssysteme, deren adäquate Verknüpfung unter-  
einander und mit der referenzierten Umweltinformation. Der Umweltdatenkatalog  
(UDK), dessen neue Version 4.0 in diesem Jahr eingeführt wird, nimmt hier in  
Deutschland eine zentrale Rolle als Metainformationssystem ein, sowohl im Bereich  
des Bundes als auch der Länder (mit entsprechenden länderspezifischen Erweite-  
rungen und Varianten). Durch die Entwicklung des WWW-UDK bzw. des europäi-  
schen Catalogue of Data Sources (CDS) können darüber hinaus diese  
Metainformationssysteme als Suchhilfe für Internet-basierte Lösungen genutzt  
werden. Im Bereich der Metainformation gibt es jedoch derzeit eine Reihe von  
gravierenden Schwachstellen: Zum einen ist die Standardisierung von Metadaten und  
ihren Austauschformaten (etwa Z39.50) noch nicht mit derzeitigen Interoperabilitäts-  
anforderungen kompatibel, zum anderen *verweisen* Metainformationssysteme wie  
der UDK oder auch der CDS zwar auf Datenbestände, die bei unterschiedlichen  
datenhaltenden Stellen existieren, gestatten jedoch dann keinen direkten (*online*)  
Durchgriff auf diese verteilten Datenbestände. Dazu gibt es derzeit eine Reihe von

Aktivitäten in den Ländern und auf Bundesebene. Wir wollen hier auf die Entwicklung einer im Umweltbundesamt entwickelten Konzeption eingehen, den Verweis- und Kommunikations-Service Umwelt (VKS-Umwelt).

Ziel des VKS-Umwelt ist es, die Bereitstellung, den Austausch und die Nutzung von Fachinformationssystemen im Intranet des UBA zu unterstützen (Seggelke/Mohaupt-Jahr 1997) und die im UDK dokumentierten, unabhängig verwalteten und angebotenen Informationsbestände zu einem verteilten Umweltinformationssystem vernetzen. Aus typischen Fachinformationssystemen wie etwa INFUCHS, dem Informationssystem für Umweltchemikalien, Chemieanlagen und Störfälle, der Stoff-Datenbank FINDEX oder dem Wattenmeerinformationssystem WATIS freigegebene Informationsbestände sollen über eine Verweiskomponente (und deren Metadaten) recherchierbar gemacht werden. Mit Hilfe der entsprechenden Kommunikationskomponente ist dann der direkter Zugriff auf die gewünschten Informationen möglich (Günther/Voisard 1997). Mit VKS-Umwelt soll definitiv kein zentralistischer Ansatz verfolgt werden: die Fachinformationssysteme bleiben autark und somit wird der Selbständigkeit der Fachgebiete, die jeweils eigenverantwortlich ihre Fachinformationssysteme verwalten, Rechnung getragen. Die Ergebnisse der Konzeption von VKS-Umwelt sind Grundlage für die Entwicklung von GEIN 2000 (FAW/CAAdMap/Günther 1997).

### **2.3 Betriebliche Umweltinformationssysteme**

Einen weiteren sehr wichtigen Bereich in der Betrachtung von Umweltinformation bilden die betrieblichen Umweltinformationssysteme (BUIS). Dort wird in der Regel zunächst an Informationssysteme im Bereich von produzierenden Unternehmen gedacht. Bedarf an solchen Systemen besteht aber auch in anderen Branchen (z.B. bei Dienstleistungsunternehmen oder öffentlichen Verwaltungen). Deshalb kann allgemeiner bei diesen Themen von Umweltmanagementinformationssystemen (UMIS) für Organisationen gesprochen werden.

Die funktionale Grundkonzeption eines UMIS, könnte sich an die DIN ISO Norm 10013 „Leitfaden für das Erstellen von Qualitätsmanagement-Handbüchern“ anlehnen, da ein Management-Handbuch als zentrales Nachschlagewerk für das Management-System eine sinnvolle Strukturierung der benötigten Informationen und Anwendungen vornimmt. Das Inhaltsverzeichnis und die Beschreibung der Elemente des Umweltmanagementsystems nach der Systematik der DIN ISO Norm 10013 werden als sogenannter EcoExplorer abgebildet (Arndt/Günther 1998, 223-226). Die Gliederung dieser Beschreibung des EcoExplorers orientiert sich an der möglichen Ausführungsform für einen Abschnitt eines Qualitätsmanagement-Handbuchs nach DIN ISO 10013 (Arndt/Günther/Röttgers 1999).

Die Integration von BUIS und UMIS mit den klassischen Landes- und Bundesumweltinformationssystemen stellt eine wichtige, auf der organisatorischen Ebene allerdings hochgradig komplizierte Aufgabe dar, da dort rechtliche Fragen wie die Abwägung des notwendigen Schutzes von (geheimen) Betriebsinformationen gegenüber berechtigten Interessen der Information der Öffentlichkeit eine massive Rolle spielen.

## 2.4 Schwächen bestehender Systeme

Bevor auf die Kriterien für zukünftige Entwicklungen von UIS eingegangen wird, wollen wir einige der von uns (und anderen) beobachteten typischen Schwachstellen bisheriger Entwicklungen zusammenfassen. Hierunter treten gleichermaßen administrative, informationslogische, technische und nutzungsbezogene Schwächen zutage:

- Fehlende Konzepte zur evolutionären und konsistenten Weiterentwicklung bestehender Systeme unter Bewahrung von Autonomieanforderungen<sup>5</sup>
- Statische und unflexible Datenmodelle, Fach- und Klassenkonzepte<sup>6</sup>
- Mangelnde Flexibilität, auf Veränderungen bzgl. fachlicher Anforderungen oder Nutzerwünsche im laufenden Betrieb zu reagieren
- Fehlende Standardisierung (insbesondere Berücksichtigung von Schnittstellen zu Standardsoftware)
- Unzureichende oder keine Möglichkeit des Durchgriffs auf Datenbestände aus entsprechenden Metainformationssystemen heraus
- Mangelnde Vollständigkeit an Informationen<sup>7</sup>
- Starke Orientierung der Systeme an Verwaltungsstrukturen<sup>8</sup>
- Fehlende Klassifizierung von Anwendergruppen und Kompetenzprofilen (Einsteiger/Gelegentlicher Anwender/Experte)
- Komplizierte Generierung von Anfragen<sup>9</sup>
- Mangelnde Administrierbarkeit von UIS über einfache (z.B. Web-) Schnittstellen<sup>10</sup>
- Fehlende Online-Hilfen

---

<sup>5</sup> Hierzu gibt es sicher Ansätze wie etwa die in Abschnitt 2.1 beschriebene generische Architektur des LUIS-BB, das Update-Konzept für den WWW-UDK (Nikolai et al. 1997) und andere. Eine grundsätzliche, methodische Vorgehensweise, wie in Abschnitt 5.1 charakterisiert, fehlt jedoch vielfach.

<sup>6</sup> Es fehlt z.B. häufig die Möglichkeit im laufenden Betrieb eines Metainformationssystems (nach geordneten Regeln und Verfahren!) neue Klassen hinzuzufügen.

<sup>7</sup> Häufig fehlen das Geld, die gut organisierte Planung oder der Anreiz für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Daten bereitstellenden Institutionen, ihre Informationen mit geeigneter Metainformation zu beschreiben und damit den ersten Schritt zur Verfügbarmachung zu leisten. Damit bleiben wichtige Fachinformationen als „verborgene Schätze“ unsichtbar und stehen damit auch nicht für die Recherche in Metainformationssystemen zur Verfügung. Kann sich der Anwender jedoch nicht sicher sein, in dem von ihm gewählten UIS die für ihn relevanten Informationen auch vollständig zu finden, wird darin kein wichtiges Hilfsmittel zur umfassenden und aktuellen Informationsrecherche sehen.

<sup>8</sup> Speziell Internet-basierte UIS sollen ja nicht nur Verwaltungen, sondern auch Bürgerinnen und Bürgern für Recherchen zur Verfügung stehen.

<sup>9</sup> Stark an SQL orientierte Schnittstellen sind z.T. sehr kompliziert aufgebaut und nicht einmal für Fachanwender ohne weiteres zu bewältigen.

<sup>10</sup> Die Einstellung neuer Datensätze kann oftmals nicht online erfolgen. So muß man etwa in der derzeit noch im Einsatz befindlichen WWW-UDK-Version 3.0 die Metadatenbeschreibung zu Fachinformationen per Diskette an den Administrator übermitteln.

Viele dieser Schwächen zeigen sich erst im alltäglichen Einsatz der UIS. Dann ist es oft zu spät für Änderungen. In der Konsequenz findet das UIS keine Akzeptanz und es müssen teure Work-arounds, Anpassungen oder gar Neuentwicklungen vorgenommen werden. Das verschwendet unnötig Ressourcen. Viele der oben aufgeführten Schwächen bestehender Systeme hätten bei einer weitsichtigeren Analyse und einem stärker methodisch orientierten Vorgehen, auch durch kritischen Reflektion bereits bestehender UIS, in der Konzeptionsphase vermieden werden können.

### 3 Anforderungen an Umweltinformationssysteme

Da bei bestehenden Systemen (und dies keinesfalls nur im Bereich der UIS!) die in Abschnitt 2.4 beschriebenen Schwächen immer wieder anzutreffen sind und immer wieder neue Applikationen entwickelt werden, sollen in diesem Abschnitt eine Reihe von "Analyse- und Prüfkriterien" aufgeführt werden, die als Leitfaden für Neuentwicklungen dienen sollen. An dieser Stelle kann nur ein kleiner Ausschnitt aus einem komplexeren Kriterienkatalog präsentiert werden.<sup>11</sup> Diese bilden den Rahmen, der bei einer Neuentwicklung zunächst abgeklärt und präzisiert werden muß, auf dem dann die Anforderungsspezifikation und das Pflichtenheft aufsetzen, worauf dann im weiteren Verlauf dieses Papier ausgeführten Techniken, Methoden und Perspektiven für UIS 2000++ basieren.

Um einen Einblick in die Liste der Analyse- und Prüfkriterien zu gestatten, seien hier einige Beispiele aus dem gesamten Katalog aufgelistet, die einen speziellen Bezug zur Informationssicht auf Umweltinformationssysteme haben, wobei wir hier explizit keine Vollständigkeit anstreben:

- Art und Umfang der Informationen
  - Art der Informationsobjekte (Literatur, Anlagen, Meßnetze, Stoffe, etc.)
  - Art und Umfang der Informationen zu einem Objekt
  - Metainformation vorhanden (-> Verweiskomponente)
  - Durchgriff auf Information (-> Kommunikationskomponente)
- Qualität der Informationen
  - Genauigkeit
  - Aktualität
  - Charakterisierung des Fach-, Raum- und Zeitbezugs
- Gliederung der Informationen
  - Struktur
  - Vollständigkeit (sowohl bzgl. Umfang als auch Art der Beschreibung)
- Relevanz der Informationen für ...
  - ... die Fachbehörde/datenhaltende Stelle

---

<sup>11</sup> Eine ausführliche Darstellung wird derzeit im Rahmen der Dissertation von Jan Röttgers erarbeitet.

- ... andere Behörden/Einrichtungen/Institutionen
- ... die Forschung
- ... die Öffentlichkeit
  
- Zugriffsberechtigung: Personenkreis/Institution
  - Nur interne Zwecke (z.B. innerhalb der Behörde)
  - Auch andere Behörden/Einrichtungen/Institutionen
  - Breite Öffentlichkeit (Internet)

Darüber hinaus gibt es eine Reihe weiterer Gesichtspunkte, deren Analyse und Spezifikation von ebenso wichtiger Bedeutung ist; etwa die Art der Informationsbereitstellung und Suchmöglichkeiten (Datenbank-orientiert mit Anfrageschnittstellen, Web-basiert mit verschiedenen Retrievalarten, mit/ohne Thesaurusunterstützung u.a.), die Art der Administration der Informations- und Metainformationsbestände, u.v.a.m.

Es existiert eine Reihe von Informationssystemen, die nicht anwendungsorientiert, sondern eher funktions- und technikorientiert sind, was meist die Bedürfnisse der Benutzer außen vor läßt. Daher beschäftigen sich mit Mensch-Computer-Interaktion (MCI) neben Informatikern auch Ergonomen, Soziologen, Psychologen und Kognitionswissenschaftler. Auch im Bereich der UIS sind noch immer Defizite bzgl. Benutzerorientierung/Bedienungskomfort festzustellen. Gerade hier läßt sich schon im Vorfeld eine Basis für eine bessere Akzeptanz dieser Applikationen erzielen.

Die Denk- und Handlungsweise der potentiellen Nutzer wird bei der Konzeption neuer Umweltinformationssysteme noch viel zu wenig berücksichtigt. Der Benutzer muß ständig die Orientierung im System behalten, wissen, wo er sich aktuell befindet, woher er gerade kommt und wohin er von hier aus navigieren kann. Ein Angebot an Übersichten, wie z.B. Inhaltsverzeichnisse, Index, Navigationsdiagramme, etc. helfen dabei, die Orientierung zu behalten. Konsistenz gibt dem Benutzer Sicherheit im Umgang mit dem System und erleichtert das Erlernen.

Anforderungen an ein System können nicht von einer einzelnen Disziplin erfüllt werden. Ferner ist eine enge Einbindung und Bedarfsabfrage bei den Benutzern erforderlich. Die Gestaltungsalternativen sowie die Wünsche der beteiligten Gruppen müssen diskutiert und entsprechend der gefundenen Kompromisse realisiert werden. Nur so gelingt es Akzeptanz zu schaffen und einen wesentlichen Beitrag zum Erfolg eines Systems zu leisten.

Nicht nur für Mitarbeiter einer Behörde, auch für die Entscheidungsträger in der Politik und die Öffentlichkeit müssen die erfaßten und bearbeiteten Informationen über die Umwelt so aufbereitet und dargestellt werden, daß sie aktuell, verläßlich und verständlich werden. Auf der einen Seite haben wir heute ein Überangebot an Daten, andererseits stehen wir vor dem Problem, die für uns relevanten Informationen herauszufiltern. Dazu brauchen wir u.a. Umwelt- bzw. Metainformationssysteme, die von den Anwendern einfach bedient werden können, ohne jedoch Abstriche bei der Recherchequalität hinnehmen zu müssen.

#### 4 Architekturelle Gemeinsamkeiten von vernetzten Umweltinformationssystemen

Die Entwicklungsgeschichte des UDK zeigt exemplarisch auf, wie kompliziert die Einführung und Akzeptanz eines länderübergreifenden UIS sein kann. Trotz aller Bemühungen, sich abzustimmen und Systeme wie Organisationsprozesse zu optimieren, wird es nie die für alle Interessen gleichermaßen perfekte Lösung geben können. Damit dieser Prozeß nicht in Frustration endet, darf man nicht immer nur der neuesten technologischen Entwicklung nachlaufen. Vielmehr ist die alltägliche Anwendung der UIS von entscheidender Bedeutung. Dieser Einsatz wird von verschiedensten Anforderungen in den Fachbehörden und Institutionen der Umweltpolitik beeinflusst. Größte Bedeutung ist demzufolge der geschickten Verwendung von Methoden und Technologien beizumessen, die plattformunabhängige Recherchen und Zugriffe des Anwenders auf autonome Informationsbestände ermöglichen.

Die Analyse der in Abschnitt 2 beschriebenen und noch vieler weiterer IT-Lösungen im Umweltbereich weist auf ein Grundmuster einer allgemeinen Architektur hin, vgl. Abb. 1 "Referenzarchitektur für heterogene, verteilte Informationssysteme", das einerseits mit den weithin akzeptierten Ansätzen von Informationsföderationen verträglich ist, vgl. (Sheth/Larson 1990, ARPA 1995, Conrad 1997), andererseits aber die Grundlage für das an der TU Berlin und am Fraunhofer ISST geprägte Paradigma des 'continuous software engineering' bildet, vgl. Abschnitt 5.1.

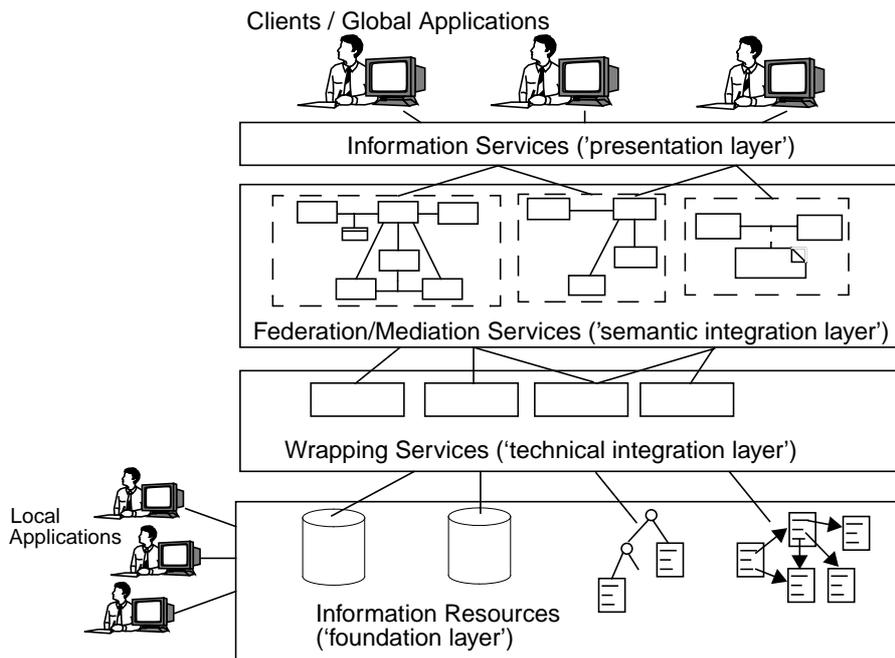


Abbildung 1

Referenzarchitektur für heterogene, verteilte Informationssysteme

Prinzipiell liegen dieser Referenzarchitektur einige der Grundanforderungen zugrunde, die bereits in den vorangehenden Kapiteln angesprochenen worden sind:

- Bewahrung der Autonomie der Einzelsysteme
- Zielstellung einer technischen und – hier aber besonders wichtig – logisch-funktionalen und semantischen Integration
- Vereinheitlichung der Zugriffsschicht für die "globalen" Nutzer

Die Bewahrung der Autonomie der Einzelsysteme wird durch zwei Schichten über den unverändert autonom operierenden Basissystemen der untersten Informationsschicht (*foundation layer*) sichergestellt:

- die Wrapper-Schicht (*technical integration layer*), die (in möglichst generischer Weise) die Kapselung und den technischen Zugriff auf die zugrundeliegenden Datenquellen gestattet, seien es nun Datenbanken oder umfassendere Informationssysteme, aber auch Files, verlinkte Web-Seiten oder irgendwelche proprietären Systeme;
- die Föderationsschicht (*semantic integration layer*), die auf der Basis der Modellierungstechniken und -prinzipien, die im nächsten Abschnitt erläutert werden, den (i. allg. im Sinne einer Informationsrecherche lesenden, ggf. aber im Sinne von z.B. Administration, auch schreibenden, transaktionsgeschützten) Zugriff auf geeignete semantische Verknüpfungen von relevanten Ausschnitten der zugrundeliegenden Information herstellen. Hierzu dienen entsprechende Modelle sowohl der vorliegenden Informationsvielfalt als auch deren Beziehungen zueinander im Rahmen von geeignet gestalteten und integrierten Metainformationskomponenten – stets in Bezug auf das vorliegende Informationsbedürfnis des "von oben" agierenden Nutzers.

## 5 Techniken zum Erfolg

### 5.1 Der Begriff des 'Continuous Software Engineering'

Eines der wesentlichen Charakteristika heutiger Softwareentwicklung ist der Umstand, daß kaum ein großmaßstäbiges – und nur von solchen soll hier die Rede sein – Softwareprojekt heutzutage wirklich "neu" begonnen wird, sondern in der Regel eine Unmenge bereits existierender Software, die sog. Altsysteme oder 'legacy systems', mit einbindet, i. allg. – und da treffen wir genau auf die Kernpunkte unserer föderativen Umweltinformationslandschaft – unter Erhalt von deren Autonomie.

Klassische Softwareentwicklungsmodelle einer von der Anforderungsanalyse bis hin zum Testen durchgängigen Vorwärtsentwicklung (*forward engineering*) – sei es im Rahmen des alten Wasserfallmodells oder neuerer Spiral-, Zyklen-, V-, 'rapid-prototyping'- oder anderer, immer neuer Modelle – wird schon längst abgelöst durch ein komplexeres Bild des Software-'*reengineering*' als umfassendem Prozeß der Softwareweiterentwicklung, der bei simplen Wartungsaufgaben beginnt und sich über verschiedene Niveaus von Änderungen bis hin zu komplexen Renovierungen oder gar komplettem Austausch größerer Komponenten eines Softwareprodukts erstrecken kann. Darin spielen sowohl das oben beschriebene 'forward engineering',

als auch das sog. 'reverse engineering' bereits existierender, aber für die weitere Entwicklung unzureichender Altkomponenten eine wesentliche Rolle.

Die Forderung nach kontinuierlicher Erhaltung der Softwarequalität über lange Zeiträume hinweg führt darüber hinaus aber zu einer Sicht auf Software als langlebige Infrastruktur, die sich in einem fortgesetzten, schrittweisen – möglichst weitgehend formalisierten – Anwenden von konsistenten Entwicklungsschritten über alle Ebenen von Analyse, Design und Implementierung (mit ihren jeweiligen Dokumenten im Sinne von Texten, Spezifikationen, Modelldiagrammen, Code, Dokumentation etc.) niederschlägt: evolutionäre Softwareentwicklung. Jeder einzelne Modifikationsschritt in Analyse, Design oder Implementierung wird im allgemeinen weitere, konsistenz-erhaltende Schritte innerhalb einer Ebene selbst und auf den jeweils anderen Ebenen nach sich ziehen müssen. Konkret bedeutet dies eine detaillierte Analyse von

- allen Effekten eines jeden forward-, reverse- oder re-engineering Schrittes, d.h. die Analyse aller induzierten Modifikationen durch einen initialen derartigen Schritt auf jeder der drei Ebenen;
- die Feststellung von Invarianten für jeden forward-, reverse- oder re-engineering Schritt;
- die konsistente Fortschreibung aller Modelle/Dokumente in bezug auf die durchgeführten Änderungen.

Für die Gesamtheit dieses konsistenten Vorgehens zur Software-Evolution haben wir in der Fachgruppe CIS an der TU Berlin und am Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST den Begriff des 'continuous software engineering' geprägt, vgl. auch (Müller/Weber 1998). Die folgende Abbildung 2 soll dieses Wechselspiel von (lokalen) Vorwärts- und Rückwärtsschritten und daraus resultierenden konsistenten, in der Zeitachse fortschreitenden 'reengineering'-Schritten zu einem Gesamtbild des 'continuous engineering' grob skizzieren:

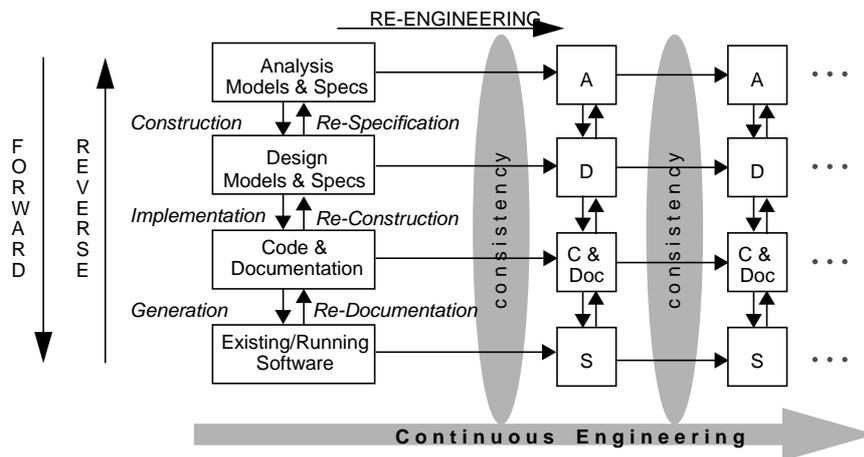


Abbildung 2  
Continuous Software Engineering

Wichtig für ein konsistenz-orientiertes, methodisches Vorgehen ist hierbei das Verständnis für möglicherweise sehr weitreichende Wirkungen von scheinbar nur kleinen Änderungsanforderungen auf einer der Ebenen. So kann im schlimmsten Fall ein notwendiger Hardwareaustausch oder eine neue Version zugrundeliegender Standardsoftware nicht nur die Recompile existierender Codes oder kleinere Änderungen daran verursachen, sondern möglicherweise sogar Auslöser für ein komplexes Redesign sein, da existierende Komponenten in dieser neuen Umgebung nicht mehr in der gewohnten Weise zusammenwirken können.

## 5.2 Methodisches Vorgehen

Die Fülle der Techniken für das gesamte Paradigma des 'Continuous Software Engineering' ist so komplex (und in großen Teilen auch noch ein offener Gegenstand der Forschung), daß wir uns hier nur auf einen kleinen Ausschnitt dessen zurückziehen wollen, der gerade mit dem hier relevanten Feld der Umweltinformationssysteme zusammenpaßt und in dem wir auch hinreichende methodische Erfahrungen gewinnen konnten: *modellbasiertes*, *metainformationsbasiertes* und *komponentenorientiertes* Vorgehen in der Entwicklung von heterogenen verteilten Informationssystemen. Wir gehen dabei methodisch folgendermaßen vor:

### a) Informationsanalyse und Modellbasierung

Die Informationsanalyse umfaßt Modellentwicklungen auf ganz unterschiedlichen Abstraktionsniveaus:

- Modellierung des Diskursbereiches auf einer sehr allgemeinen Ebene incl. der Nutzung bzw. – soweit nötig – des Aufbaus von Ontologien und Klassifikationen, und zugleich Beschreibung der strukturellen und dynamischen Prinzipien des Anwendungsgebietes und des gegebenen Kontexts;
- Analyse des gegebenen und zukünftigen Informationsbedarfs in dem gegebenen Umfeld (i. allg. durch die Modellierung von 'use cases' und Szenarien, und deren Relationen zum 'foundation layer');
- Analyse und Modellierung der (gemessen an der gegebenen Zielsetzung) relevanten Ausschnitte der zugrundeliegenden Informationsressourcen (i. allg. durch geeignetes 'reverse modeling');

Dazu haben wir unterschiedliche objektorientierte Modellierungstechniken erprobt und erfolgreich eingesetzt, wobei wir uns derzeit auf ein geeignetes Subset der 'Unified Modeling Language' UML konzentrieren (OMG 1997). Als Ergebnis erhalten wir für jedes neue UIS-Projekt eine Reihe objektorientierter Modelle unter – folgt man der Gliederung gemäß dem Referenzmodell von ODP 'Open Distributed Processing' (ODP 1996) – dem 'enterprise viewpoint', dem 'information viewpoint' und dem 'computational viewpoint'.

Insbesondere einer sorgfältigen Analyse und Modellierung unter dem 'enterprise viewpoint' muß hier eine hohe Bedeutung zugemessen werden, da die meisten der in Abschnitt 2.4 aufgeführten Mängel sich auf unvollständige Analysen insbesondere der allgemeinen Geschäftsprozesse (und deren Ausnahmen), der typischen 'use cases', der wirklichen Informationsbedürfnisse in den jeweiligen Arbeitszusammenhängen und damit des effektiven unternehmensbezogenen Nutzens einer IT-Anwendung zurückführen lassen.

### **b) Analyse und Modellierung von Metainformation**

Der zweite wesentliche Schritt unserer Modellierungsstrategie ist die explizite Modellierung von Metainformation, wie sie in der Domänenanalyse auftritt und darüber hinaus aus gegebenen Metainformationssystemen extrahiert werden kann.

Diese Modelle stellen den ersten Baustein unserer metainformationsbasierten Evolutionsstrategie dar, die sich auf die Schaffung vielfältiger Metadatenkomponenten im Softwareentwurf stützt. Explizite Metainformation in Modellen und Softwarekomponenten hilft massiv bei der Bereitstellung, Administration und Nutzung von Information in verteilten, heterogenen Umgebungen mit hoher Autonomie.

Die Summe der nunmehr entstandenen objektorientierten Modelle wird nun (u.a.) zur semantischen Integration verwendet: Die relevanten Teile des zuvor erarbeiteten Informationsmodelle der Basisschicht werden nun horizontal und vertikal miteinander sowie mit den Modellen der Bedarfsanalyse und mit denen der Metainformationsebene verbunden, woraus sich eine neue Klasse von erneuten Metainformationsmodellen ergibt: Modellkorrespondenzen (Busse/Kutsche 1998).

Hier treten allerdings Schwächen der verwendeten Modellierungstechnik zutage: UML muß noch um textuelle Sprachelemente zur Darstellung von Korrespondenz-Spezifikationen ergänzt werden, die die graphischen Modelle geeignet annotieren (Busse 1999).

Die so entstandenen neuartigen Metainformationsmodelle bilden die Grundlage etwa für den Entwurf von Mediatoren zur lesenden Integration unterschiedlichen Informationsquellen in unserer Referenzarchitektur. Eine präzise Einordnung von Mediation in unterschiedliche Konzepte von Föderierten Informationssystemen findet sich in (Busse et al. 1999).

### **c) Entwurf und Konstruktion von Metainformationskomponenten**

Als dritter Schritt findet nun die Dekomposition der Modelle in softwaretechnische Komponenten der geeigneten Inhalte, Größe, Funktionalität, Rolle und Dynamik statt. Derartige Komponenten können für die Integration von Quellen oder für die Unterstützung des Information Retrieval bis hin zur Konstruktion von Business-Objekten verantwortlich sein.

Methodisch verbirgt sich hinter diesem schwierigen Entwurfsprozeß die Definition Objekten, Klassen und deren Interfaces im Kleinen gleichermaßen wie der Entwurf von Komponenten und deren Konnektoren im Großen, wie etwa generische Wrapper-Muster, Interoperationsstile oder mehr oder weniger generische Mediatoren.

Im allgemeinen können die Funktionalität und die Dienste solcher Komponenten direkt aus den Metainformationsmodellen aus den zwei Modellierungsphasen abgeleitet werden, was die Entwicklung deutlich vereinfacht und vor allem robuster für zukünftige Änderungen macht. (Kutsche/Sünbül 1999)

## 6 Resümee: Methodische Entwicklung als Erfolgsfaktor

Die zuvor beschriebenen Kriterienkataloge und die hier vorgestellte Entwicklungsmethodik ergänzen sich für zukünftige Systementwicklungen im UIS-Bereich in sehr vorteilhafter Weise: beide basieren auf expliziten Analysen, Sammlungen und Modellierungen bestimmter Arten von Metainformation, die zum Teil schon in existierenden IT-Lösungen vorliegt, zum Teil erst noch neu konzipiert und umgesetzt werden muß, dann aber – durch Separation in eigenständige Softwarekomponenten – universell verwendbare und damit evolutionsfähige Systembausteine ermöglicht.

Die Beschränkung auf die für einen geforderten "neuen Informationsdienst" relevanten Informationen und Modelle erzeugen Überschaubarkeit und Praktikabilität und verbessern damit die *Realisierbarkeit*. Die Verwendung möglichst generischer Bausteine und (oft datenbankgestützter) Metainformationskomponenten erlaubt es, aufwendige Programmierarbeiten durch einfache Spezifikation von Modellkorrespondenzen und deren Eintragung in die entsprechende Metainformationskomponente zu ersetzen, und leistet damit einen unmittelbaren Beitrag zur *Kostenersparnis* bei der Wartung und Fortschreibung von Systemen.

Die Ausgestaltung aller Systemkomponenten auf der Basis von (wohldokumentierten und vor allem dokumentierenden!) Modellen leistet darüber hinaus einen erheblichen Beitrag zur Sicherung der *Qualität* der Umweltinformation unter dem Blickwinkel Korrektheit und Vollständigkeit.

### Literaturverzeichnis

- Advanced Research Projects Agency (ARPA) (1995), Reference Architecture for the Intelligent Integration of Information, Version 1.0.1, May 1995 (available at [http://isse.gmu.edu/I3\\_Arch/](http://isse.gmu.edu/I3_Arch/))
- Arndt, H.-K., Günther, O. (1998), Umweltmanagement-Handbücher: Anforderungen an betriebliche Umweltinformationssysteme, in: Riekert, W.-F., Tochtermann, K. (Hrsg.), Hypermedia im Umweltschutz, 1. Workshop, Ulm, Mai 1998, Umwelt-Informatik aktuell, Bd. 17, Metropolis, S. 219-230
- Arndt, H.-K., Günther, O., Röttgers, J. (1999), Umweltmanagementinformationssysteme – Der ECO-Explorer, in: Hypermedia im Umweltschutz, 2. Workshop, Nürnberg, März 1999, Umwelt-Informatik aktuell, Metropolis, S. 191-202
- Busse, S. (1999), A Specification Language for Model Correspondence Assertions, Part I: Overlap Correspondences, Forschungsberichte des Fachbereichs Informatik Nr. 99-8, TU Berlin
- Busse, S., Kutsche, R.-D. (1998), Metainformationsmodelle für flexibles Information Retrieval in vernetzten Umweltinformationsstrukturen, in: H.-D. Haasis, K.C. Ranze (Hrsg.), Umweltinformatik '98, Proc. 12. Int. Symposium der GI, Umwelt-Informatik aktuell, Bd. 18, Metropolis, pp. 583-596
- Conrad, S. (1997), Föderierte Datenbanksysteme: Konzepte der Datenintegration, Springer
- FAW Ulm, CADMap GmbH, Unternehmensberatung Prof. Günther (1997), Konzeption für den Verweis- und Kommunikationsservice Umwelt (VKS-Umwelt) des UBA; Abschlußbericht zum gleichnamigen UBA-Vorhaben; Berlin, unveröffentlicht
- Greve, K., Häuslein, A. (1994), Metainformationen in Umweltinformationssystemen, in: Hilty, L.M., Jaeschke, A., Page, B., Schwabl, A. (eds.), Informatik für den Umweltschutz, 8. Symposium, Band I, Metropolis

- Jacobson, I., Christerson, M., Jonsson, P., Övergaard, G. (1992), Object-Oriented Software-Engineering — A Use Case Driven Approach, Addison-Wesley
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (1990), Richtlinie über den freien Zugang der Öffentlichkeit zu Informationen über die Umwelt, Brüssel
- Kutsche, R.-D. (1997), Objektorientierte Modellierung – eine Vorgehensweise zur Verbesserung der Dialoge zwischen Anwender und Entwickler, in: Pötschke, D., Weber, M. (Hrsg.), Anwendungen für Kommunikations-Highways, R. v. Deckers, S. 313-318
- Kutsche, R.-D., Busse, S. (1997), Ein dokumentenorientiertes Metainformationskonzept für das LUIS Brandenburg, in: Geiger, W., Jaeschke, A., Rentz, O., Simon, E., Spengler, T., Zilliox, L., Zundel, T. (Hrsg.), Informatik für den Umweltschutz, Proc. 11. Symposium, Strasbourg, Metropolis, S. 316-326
- Kutsche, R.-D., Schöning, C., Waßerroth, S. (1996), Objektorientierte Methoden – ein adäquates Mittel zur Entwicklung von Umweltinformationssystemen, in: Lessing, H., Lipeck, U.W. (eds.), Informatik für den Umweltschutz, Proc. 10. Symposium, Hannover, 30. September - 2. Oktober 1996, Metropolis, S. 149-160
- Kutsche, R.-D., Sünbül, A. (1999), A Meta-Data Based Development Strategy for Heterogeneous, Distributed Information Systems, in Proc. 3rd IEEE Metadata Conference, Bethesda, Maryland, April 6-7 1999. IEEE Computer Society (available at <http://computer.org/conferen/proceed/meta/1999/>)
- Langer, T. (1998), MeBro – A Framework for Metadata-Based Information Brokerage, in: I' MEDIAT'98, First Int. Workshop on Practical Information Mediation and Brokering and the Commerce of Information on the Internet, Tokio, Sept. 14 1998 (available at <http://context.mit.edu/imediat98/proceedings.htm>)
- Nikolai, R., Koschel, A., Kramer, R., Sattler, T. (1997), Automating Metadata Updates Exemplified by the Environmental Data Catalogue UDK, 8th Int. Conf. on Management of Data (COMAD'97), Chennai (Madras), India
- Object Management Group (OMG) (1997), Unified Modeling Language, Version 1.1. (available at <http://www.rational.com/uml/index.jtmpl>)
- ODP (1995), ISO/IEC International Standard 10746, Reference Model of Open Distributed Processing RM-ODP, Part 1 ... Part 4
- Rational Software Corporation (1997), The Unified Modeling Language, Version 1.1
- Röttgers J., Günther O. (1998), Nutzeranforderungen an Umweltinformationssysteme: Die Fallstudie VKS-Umwelt, in: H.-D. Haasis, K.C. Ranze (Hrsg.), Umweltinformatik '98, Proc. 12. Int. Symposium der GI, Umwelt-Informatik aktuell, Bd. 18, Metropolis
- Röttgers J., Rieckert W.-F., Spiliopoulou, M., Faulstich, L. (1998), Metadatabases in Environmental Information Systems – The Locator and Communication Service (VKS-Umwelt), in: ISESS Workshop on Design Principles for Environmental Information Systems 1998, to appear.
- Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F., Lorenzen, W. (1991), Object-Oriented Design and Modeling, Prentice Hall
- Schöning, C., Steinhau, R., Wagener, W. (1996), LUIS – Landesumweltinformationssystem Brandenburg — Umfassende Umweltinformationen aus erster Hand, in: Lessing, H., Lipeck, U.W. (eds.), Informatik für den Umweltschutz, Proc. 10. Symposium, Hannover, 30. September - 2. Oktober 1996, Metropolis, S. 139-148
- Seggelke, J., Mohaupt-Jahr, B. (1997), Der Verweis- und Kommunikationsservice des Umweltbundesamts - Ein Modellfall für das Umwelt-Intranet?, in: Geiger, W., Jaeschke, A., Rentz, D., Simon, E., Spengler, T., Zilliox, L., Zundel, T. (Hrsg.), Umweltinformatik '97. 11. Internationales Symposium, Straßburg, September 1997, Metropolis
- Sheth, A.P., Larson, J.A. (1990), Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases, ACM Computing Surveys, Vol. 22, No. 3, pp. 183-236
- Swoboda, W., Kruse, F., Nyhuis, D., Rousselle, H. (1998), Die Neukonzeption des Umweltdatenkatalogs, in: H.-D. Haasis, K.C. Ranze (Hrsg.), Umweltinformatik '98, Proc. 12. Int. Symposium der GI, Umwelt-Informatik aktuell, Bd. 18, Metropolis, S. 610-620