

Konrad-Zuse-Zentrum
für Informationstechnik Berlin

ZIB

Takustraße 7
D-14195 Berlin-Dahlem
Germany

MARTIN GRÖTSCHEL, ROBERT ROGGENBUCK,
WOLFRAM SPERBER

**Entwicklung und Aufbau des
Internet-Dienstes “Math&Industry“,
Abschlußbericht**

Gefördert vom BMBF im Rahmen des Programms “Neue mathematische Verfahren in Industrie und Dienstleistungen “

ZIB-Report 05-23 (April 2005)

I. Aufgabenstellung des Projekts

Die Anwendung mathematischer Methoden und Verfahren wird immer mehr zur Voraussetzung innovativer Produkte und Dienstleistungen. Um neue Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln, müssen die Produktions- und technologischen Prozesse mathematisch modelliert, beschrieben und optimiert werden. Diesen Umstand Rechnung tragend, hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 1993 begonnen, den Einsatz mathematischer Verfahren und Methoden in der Mathematik über ein spezielles Mathematikprogramm zu fördern. Inzwischen hat die vierte Förderperiode des Mathematikprogramms begonnen.

Das Medium Internet und insbesondere das WWW sind für die Sichtbarkeit und Transparenz wissenschaftlicher Resultate in den letzten zehn Jahren immer wichtiger geworden. Wer nicht im Web „sichtbar“ ist, läuft Gefahr, nicht wahrgenommen zu werden. Intention und Ziel des durchgeführten Projekts war es, ein Konzept für eine qualitativ hochwertige und umfassende Darstellung des BMBF Mathematikprogramms, insbesondere der in den Projekten erzielten Ergebnisse, zu entwickeln und zu realisieren und damit den Stellenwert und die Akzeptanz mathematischer Forschung in der Gesellschaft zu festigen und den Wissenstransfer zwischen mathematischer Forschung sowie Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft und dem Dienstleistungsbereich zu fördern.

I.1 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die mathematische Community nutzt das Medium Internet und Web aktiv. Publikationen und Darstellungen von Forschungsergebnissen werden von Mathematikern i.a. selbst in elektronischer Form erstellt. Mathematische Institutionen wie Fachbereiche und Forschungsinstitute betreiben seit Jahren eigene Web Server. Zu den klassischen Publikationsformen (Publikationen in Zeitschriften, Monographien, Lehrbücher) sind neue, wie etwa Software, Visualisierungen oder interaktive Materialien, hinzugekommen. Andere, wie etwa Preprints, aber auch Vorlesungsskripte haben einen neuen Stellenwert erlangt.

Für Industrie und Dienstleistungen wird die Mathematik immer mehr zur Schlüsseltechnologie, die die Leistungs- und Innovationsfähigkeit bestimmt. Aber auch für die mathematischen Fachbereiche und Forschungsinstitute werden anwendungsbezogene Projekte immer wichtiger. Gemeinsame Projekte von mathematischen Institutionen und Unternehmen haben „Konjunktur“.

Das BMBF Mathematikprogramm ist eines der Schlüsselvorbaben, um die Kontakte zwischen der Mathematik mit der Industrie und dem Dienstleistungsbereich weiter zu vertiefen und zu intensivieren. Ausgewählte Anwendungsprojekte sollen den Nutzen mathematischer Methoden und Verfahren (z.B. durch die Entwicklung innovativer Produkte und Technologien) aufzeigen. Das BMBF Mathematikprogramm will damit potentielle Anwender aus der Industrie und dem Dienstleistungsbereich für den Einsatz mathematischer Methoden interessieren, der mathematischen Forschung weitere Einsatzgebiete öffnen, und auch den Mathematikern neue interessante Aufgaben aus dem Anwendungsbereich stellen. Eine breite Öffentlichkeitsarbeit im BMBF Mathematikprogramm ist dafür unverzichtbar.

Bislang bestand allerdings die Information über Projekte hauptsächlich aus Publikationen in Fachzeitschriften (meist mathematischen Fachzeitschriften). Potentielle Anwender aus der Industrie oder dem Dienstleistungsbereich haben diese Publikationen kaum wahrgenommen.

Eine umfassende Präsentation der Informationen über wissenschaftliche Projekte hat keine Tradition. Das BMBF Mathematikprogramm hat von Anfang an versucht, das zu ändern. Dazu sind zu nennen

- die Statusseminare (die allerdings nur eingeschränkt öffentlich waren)
- und vor allem die beiden bisher erschienenen Bücher über die Projekte der ersten und zweiten Förderperiode.

Das Konzept der beiden Bücher, siehe ¹ und ² wird im Folgenden kurz beschrieben. Die Bücher geben einen Überblick über die ersten beiden Perioden des BMBF Mathematikprogramms und stellen die Projekte in einheitlicher Form vor.

Im Vorwort der Bücher beschreiben die Herausgeber Anliegen und Ziele des BMBF Mathematikprogramms. Die Bücher sind in Kapitel aufgeteilt, die den Förderschwerpunkten entsprechen. In den Vorworten der Kapitel wird der Inhalt der Förderschwerpunkte kurz dargestellt. Insbesondere wird der Bezug der Anwendungsgebiete zu den mathematischen Gebieten hervorgehoben.

Den Kern der Bücher bilden die Präsentationen der Projekte. Die Beiträge über die Projekte wurden von den am Projekt beteiligten Personen erstellt, die ja am besten über den Verlauf und die Ergebnisse der Projekte Auskunft geben können. Die Präsentationen der Projekte umfassen eine Darstellung des Problems, dessen Modellierung sowie der mathematischen Behandlung. Zudem können aus dem Autorenfeld weitere (unvollständige) Informationen über die am Projekt beteiligten Personen und Institutionen sowie über weiterführende Literatur aus dem Literaturverzeichnis abgeleitet werden. Der zweite Band enthält zusätzlich ein Autorenregister, allerdings keinen Index der wichtigen Begriffe und Schlagwörter.

Die Artikel der Bücher enthalten wesentliche Komponenten einer umfassenden Präsentation der Projekte.

Die Bücher machen aber auch die Schwierigkeiten des Mediums Buch für die Darstellung des BMBF Mathematikprogramms deutlich:

- Mangelnde Aktualität:
So können die Bücher erst nach Ende des Projekts erscheinen, wenn sie einen Überblick über den Verlauf und die Ergebnisse der Projekte geben sollen. Das Zusammenstellen der Bücher aus den einzelnen Beiträgen erfordert einen zusätzlichen Aufwand, der die Herausgabe der Bücher weiter verzögert.
- Statischer Charakter der Bücher:
Die Information eines Buches kann nach dessen Erscheinen nicht mehr geändert werden, auch wenn sich neue Fakten und Zusammenhänge ergeben haben.
- Lineare Struktur der Bücher:
Die Projekte entstammen unterschiedlichen Anwendungsgebieten und verschiedenen mathematischen Gebieten. Im ersten Buch sind die Projekte nach einem Mix von mathematischen und Anwendungsgebieten geordnet. Das zweite Buch ist nach Anwendungsgebieten gegliedert. Mehrdimensionale Sichten können so nicht realisiert werden.
- Nicht-textbasierte Informationen:

Die Beiträge über die Projekte bestehen überwiegend aus Textinformation, auf illustrierende Fotos und Grafiken wird aber großer Wert gelegt. Jedoch ist das Medium Buch nicht dafür geeignet, Software zu präsentieren. Interaktive Objekte, etwa Simulationen oder Demos können in ein Buch nicht integriert werden.

- Sprachbarrieren:

Das BMBF Mathematikprogramm ist auf die Kooperation zwischen akademischer Forschung und Wirtschaft und Dienstleistungen in Deutschland ausgerichtet. In manchen Teilbereichen ist aber die Verwendung des Englischen de-facto-Standard. Mit der Globalisierung in Wirtschaft und Dienstleistungen nimmt der Trend zur Verwendung der englischen Sprache weiter zu. Das hat dazu geführt, dass die Darstellungen der Projekte der ersten Förderperiode in deutscher Sprache erschienen sind (nur die Abstracts waren in englischer Sprache), die Artikel über die Projekte der zweiten Förderperiode hingegen ausschließlich in englischer Sprache.

Sprachbarrieren ganz anderer Art, die gerade auch bei Projekten der angewandten Mathematik auftreten, gibt es zwischen den Wissenschaftlern und Anwendern sowie zwischen Wissenschaftlern verschiedener Gebiete. Begriffe mit denselben Namen haben in der Praxis, in der Modellierung oder der mathematische Behandlung möglicherweise unterschiedliche Bedeutungen. Glossare, die eine kompakte Definition der Begriffe in den unterschiedlichen Kontexten anbieten, können dem Leser die Einarbeitung erleichtern. In den beiden Büchern wurde allerdings auf Glossare verzichtet.

- Verbreitung der Bücher:

Die Bücher sollen auf interessante reale Anwendungen der Mathematik neugierig machen. Die Bücher sind als Übersicht und Einstieg in das BMBF Mathematikprogramm konzipiert, stellen die prinzipielle Vorgehensweise bei der Bearbeitung eines Problems vor. Für Details muss auf weitere Publikationen über die Projekte zurückgegriffen werden. Sehr viel Wert wird auf die Einbettung illustrierender Grafiken und Bilder verwendet. Das hat natürlich seinen Preis. Andererseits ist der Preis sicher für viele potentielle Interessenten eine Einstiegshürde und trägt nicht zur Verbreitung der Informationen bei.

Als Alternative / Ergänzung zum Buch bietet sich das Internet / Web an. Die Ansätze der Bücher lassen sich aufgreifen bei gleichzeitiger Abstellung der oben aufgeführten Mängel. Gegenüber den Büchern sind sogar gänzlich neue Funktionalitäten möglich. So können die Web Präsentationen der Projekte etwa Simulationen anbieten, wo Interessenten die Möglichkeit haben, Programme über das Netz auszuführen.

Am IWR Heidelberg wurde Ende der neunziger Jahre ein erster Web Server für das BMBF Mathematikprogramm aufgebaut, der allerdings nur sehr unvollständig Informationen über das BMBF Mathematikprogramm angeboten hat. Insbesondere enthielt der Web Server nur Links auf existierende Web Sites der Projekte, ob eine Web Site existierte, welche Informationen dort angeboten wurden und wie sie strukturiert worden sind, lag im Ermessen der Projekte.

Auf Initiative des BMBF kam es im Frühjahr 2001 zu einem Gespräch über die Nutzung des Web für das BMBF Mathematikprogramm. In diesem Gespräch entstand dann die Idee für ein verteiltes und strukturiertes Informationssystem, das umfassende Informationen über das BMBF Mathematikprogramm bereitstellen und nutzerfreundlich zugreifbar machen soll. Dieser Ansatz bildete die Grundlage des Projektantrags 'Neue mathematische Verfahren in Industrie und Dienstleistungen Entwicklungen und Aufbau des Internet-Dienstes „Math&Industry“, im Weiteren als Projekt „Math&Industry“ bezeichnet. Am 1.8.2001 begann das Projekt „Math&Industry“.

I.2 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Projekt „Math&Industry“ will das Informationsangebot über angewandte Mathematik im Web quantitativ und qualitativ verbessern.

Insbesondere soll mit dem Internet-Dienst „Math&Industry“ anhand konkreter Anwendungsbeispiele das große Potential der Mathematik zur Lösung realer Probleme demonstriert werden.

Der Internet-Dienst „Math&Industry“ will unterschiedliche Zielgruppen ansprechen:

- potentielle Anwender und Entscheidungsträger aus Industrie und Dienstleistungen: Ingenieure, Entwickler, Mathematiker aus der Industrie und dem Dienstleistungsbereich, Manager, um den Potential mathematischer Methoden und Verfahren zu zeigen und neue Projekte zwischen mathematischen Institutionen und Firmen anzuregen,
- Mathematiker und Studenten, die auf Anwendungsprobleme der Mathematik neugierig gemacht und dafür interessiert werden sollen,
- Journalisten, politische Entscheidungsträger, denen der reale Nutzen und die gesellschaftliche Bedeutung mathematischer Forschung aufgezeigt werden soll,
- das breite Publikum, das sich über Anwendungen und die Vorgehensweise zur mathematischen Lösung realer Probleme informieren will.

In der ersten Phase des Projekts „Math&Industry“ musste daher zunächst ein Konzept für die Web Präsentation des BMBF Mathematikprogramms entwickelt werden.

Die Konzeption setzt darauf auf, dass die Projekte sich „umfassend“ darstellen. Das heißt, die Web Präsentation sollte nicht nur über die Projekte informieren, sondern insbesondere die Inhalte des Projekte im Detail vorstellen. Es ist somit eine Erweiterung des oben vorgestellten Konzepts für die Präsentation des BMBF Mathematikprogramms der Bücher über die ersten beiden Förderperioden.

Das in Math&Industry entwickelte Konzept wurde für konkrete Projekte getestet und anschließend innerhalb des BMBF Mathematikprogramms vorgestellt und diskutiert.

Das Konzept soll dazu beitragen, dass alle Projekte eine umfassende und standardisierte Präsentation für ihr Projekt erstellen. Es stellt einen flexiblen Rahmen dar, um alle relevanten Informationen der Projekte des BMBF Mathematikprogramms im Web darstellen zu können. Das Konzept erweitert die einheitliche Strukturierung der Präsentation der Projekte der Bücher. Die Inhalte der Web Seiten, die in der Problemstellung, der Modellierung, der Lösung und den Projektergebnisse dargestellt werden, sind natürlich Sache der Projekte und liegen im Ermessen der Projekte.

Diese Informationen der Projekte werden über ein zentrales Portal automatisch ausgewertet und (projektübergreifend) zugreifbar gemacht. Das Portal basiert auf der standardisierten Bereitstellung der Informationen der Projekte. Grob gesprochen gilt: Homogen strukturierte Informationen der Web Präsentationen der Projekte schaffen die Voraussetzungen für eine qualifizierte automatische Auswertung der Informationen. Je besser, d.h. je strukturierter, die Informationen der Projekte, desto besser die Möglichkeiten zur Auswertung. Vom zentralen Portal aus gesehen: Die automatische Auswertung der Informationen und der Aufbau von Informationsdiensten setzt eine strukturierte und (syntaktisch) korrekte Bereitstellung der Daten voraus und baut darauf auf.

Um den Arbeitsaufwand für die Erstellung und Pflege der Web Sites der Projekte minimal zu halten, wurde im Projekt „Math&Industry“ die Software WebSiteMaker³ entwickelt. Dieses

Werkzeug besteht aus einer Reihe von Formularen, mit denen Projekte ihre Web Seiten erstellen und ändern können.

Der WebSiteMaker kann online aufgerufen werden. Mit dem WebSiteMaker werden

- HTML Seiten und
- Metadaten Dateien für die automatische Verarbeitung der Informationen erstellt.

Der WebSiteMaker setzt die Projekte in die Lage, ihre Web Präsentationen selbst zu erzeugen und zu pflegen. Er gewährleistet, dass die Daten in standardisierter, maschinen-auswertbarer Form (mit den in Math&Industry definierten Metadaten) und syntaktisch korrekt bereitgestellt werden.

Die Entwicklung des WebSiteMakers einschließlich des Tests nahm die weitaus größte Zeit im Projekt in Anspruch. Die Arbeitsversion des WebSiteMakers wurde Anfang 2004 freigegeben.

Das zentrale Portal des Projektes ⁴ informiert über das BMBF Mathematikprogramm und bietet verschiedene spezielle Informationsdienste. Mit dem Aufbau spezialisierter Informationsdienste, etwa eines zentralen Glossars oder der Expertendatenbank, wurde begonnen.

Das Projektmanagement von Math&Industry hat die Erstellung der Web Präsentationen der Projekte koordiniert. Das ist hauptsächlich auf elektronischem Wege geschehen. Dazu wurde eine Mailingliste aufgebaut. Die Projekte wurden hier über wichtige Fortschritte im Projekt „Math&Industry“ informiert, etwa über das Konzept oder die Fertigstellung des Prototyps des WebSiteMakers, und um ihre Meinungen und Kommentare gebeten.

Wichtige Veranstaltungen, wie das Statusseminar des BMBF Mathematikprogramms 2002 in Ludwigshafen oder die Jahrestagungen der Deutschen Mathematiker-Vereinigung wurden genutzt, um das Konzept und die Werkzeuge für die Web Präsentation des BMBF Mathematikprogramms und der Projekte vorzustellen und zu diskutieren.

I.3 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Das Projekt „Math&Industry“ knüpft vom Konzept her an die Arbeiten und Resultate des Math-Net ⁵ an. Math-Net ist eine Initiative der mathematischen Community zur effizienten Bereitstellung mathematischer Information im Web, die von der International Mathematical Union, IMU, getragen wird. Math-Net ist wie Math&Industry ein verteiltes System. Mathematische Institutionen sollen ihre Informationen in einheitlich strukturierter Form bereitstellen. Hierfür wurde die Math-Net Klassifikation entwickelt, eine einfaches Ordnungsschema für die Informationen, die von einer mathematischen Institutionen angeboten werden, siehe ⁶ . Die Math-Net Dienste sammeln dann die Informationen und werten sie aus. Math&Industry geht allerdings im Konzept und bei den Werkzeugen weit über die in Math-Net vorgeschlagene Standardisierung hinaus:

Math-Net beschränkt sich auf die einheitlich strukturierte Math-Net Seite sowie die standardisierte Erschließung von Preprints und Personal Homepages.

Math&Industry bietet ein Konzept und ein Werkzeug zur Erstellung einer kompletten Web Site an und integriert damit das Konzept einer einheitlichen Klassifizierung der Informationen

der Projekte mit einer einheitlichen Erschließung der Informationen in den hier definierten Klassen.

Technisch setzen Math-Net und Math&Industry auf die Extensible Markup Language (XML)⁷ und das Resource Description Framework (RDF)⁸ auf. So werden zwei unterschiedliche Anforderungen an die Web Präsentation der Informationen aus dem BMBF Mathematikprogramm erfüllt:

- eine Präsentation für den menschlichen Nutzer
- eine formalisierte Darstellung der Informationen für die automatische Auswertung

Das liefert die technische Basis für das konzipierte verteilte Informationssystem.

II. Detaillierte Darstellung des Projekts

II.1 Darstellung des Ergebnisses

a. Generelles Design

Das Konzept der Web Präsentation des BMBF Mathematikprogramms ist ein verteilter Ansatz:

- Jedes Projekt erstellt eine Web Präsentation für sein Projekt. Für die Web Präsentationen der Projekte gibt es eine einheitliche Struktur, eine einheitliche Erschließung und ein einheitliches Layout, während die inhaltliche Verantwortung ausschließlich bei den Projekten liegt. Um die Erstellung der Web Site für die Projekte zu vereinfachen, steht Software zu Verfügung.
- Die einheitliche Erschließung der Informationen ermöglicht eine genaue Auswertung der Informationen. Damit können auf dem zentralen Portal spezielle Informationsdienste, z.B. ein Gesamtglossar oder eine Expertendatenbank, aufgebaut werden. Die Web Präsentationen der Projekte und die Informationsdienste des zentralen Portals bestimmen gemeinsam die Qualität der Web Präsentation des BMBF Mathematikprogramms.

Im Folgenden wird das Konzept im Einzelnen vorgestellt.

b. Darstellung des Konzepts für die Web Präsentation der Projekte des BMBF Mathematikprogramms

Die Informationen über öffentlich geförderte Projekte waren in der Vergangenheit meist spärlich, etwa in Form von Publikationen einzelner Ergebnisse. Der öffentliche Zugang zu den Informationen war prinzipiell möglich, aber mit erheblichem Aufwand verbunden.

Mit dem Internet und dem Web sind hier prinzipiell neue Möglichkeiten für eine umfassende Präsentation der Projekte entstanden. Allerdings haben die bisher noch nicht zu einer Standardisierung der Präsentation von Projekten geführt.

In der ersten Phase des Projekts Math&Industry wurden deshalb die Informationen eines Projekts analysiert und systematisiert. Es war die Frage zu klären, was zu einer umfassenden Präsentation eines Projekts des BMBF Mathematikprogramms gehört, siehe dazu die Beschreibung des Konzepts⁹.

In einem zweiten Schritt musste dann geklärt werden, wie die vorgeschlagene Struktur auf einer Web Site umgesetzt werden kann. Wie oben bereits ausgeführt, soll die Web Präsentation des BMBF Mathematikprogramms und der Projekte den Bedürfnissen unterschiedlicher Zielgruppen Rechnung tragen.

Für die Web Präsentation eines Projekts bedeutet das, dass es sowohl einen schnellen Überblick über das Projekt als auch vertiefte Einblicke in die dem Projekt zu Grunde liegende Aufgabenstellung, deren Modellierung und mathematische Behandlung und der im Projekt erzielten Ergebnisse bieten soll.

Zur Strukturierung von Informationen: Klassifikation und Content Analysis

Wissenschaftliche Informationen müssen explizit formuliert (publiziert) werden. Dadurch werden die Informationen kommunikationsfähig. Man kann dann über die wissenschaftlichen Ergebnisse diskutieren, diese verifizieren, verbreiten und anwenden. Für die Präsentation haben sich im Lauf der Geschichte fachübergreifende und fachspezifische Aspekte entwickelt (und entwickeln sich ständig weiter). Inhalt und Form stehen dabei in engem Wechselverhältnis: So werden z.B. in der Mathematik Vektoren häufig mit deutschen Frakturbuchstaben bezeichnet, d.h. hinter der Bezeichnungsweise verbirgt sich eine semantische Aussage: „deutsche Frakturbuchstaben werden im Folgenden für Vektoren verwendet“.

Mit der wachsenden Zahl wissenschaftlicher Publikationen wurde es notwendig, Verfahren und Methoden zu entwickeln, die die gezielte Suche und das Auffinden der für ein Problem vorhandenen wissenschaftlichen Informationen unterstützen. Dazu zählen etwa Kataloge, Klassifikationssysteme, fachspezifische bibliographische Datenbanken, Thesauri und Glossare.

Das lässt sich heute alles unter dem Dach „Content Analysis“ (oder „inhaltliche Erschließung“) zusammenfassen. Was ist inhaltliche Erschließung? Die Palette an Beispielen für die inhaltliche Erschließung in den Wissenschaften ist sehr breit:

- Ein Verweis: „Dieser Sachverhalt wird in der Literatur oft als „Satz von Gauss“ bezeichnet.“
- Ein Katalogeintrag: „C. F. Gauss ist Autor der Publikation ‚Allgemeine Flächentheorie‘.“
- Eine Strukturierung: „Dieser Abschnitt eines Artikels ist der 1. Schritt des Beweises des Satzes ...“
- Eine Typisierung: „Diese Publikation ist ein Preprint.“
- Eine Definition: „Ein Begriff wird als Bezeichnung für einen Sachverhalt eingeführt oder die Definition von Symbolen, um die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Klasse auszudrücken.“
- ...

Inhaltliche Erschließung ist die Aussage über irgendeine Resource, unabhängig von der Art der Resource. Die Resource muss nur einer einzigen Bedingung genügen: sie muss eindeutig identifizierbar sein. Inhalt, Größe und Form der Resource spielen keine Rolle, z.B. ist es egal, ob sich die Aussagen auf einen Artikel in einer wissenschaftlichen Zeitschrift oder auf einen Abschnitt, einen Satz oder vielleicht eine Formel in diesem Artikel beziehen. Im Web hat sich für die inhaltliche Erschließung der Informationen die Bezeichnung Metadaten (Daten über Daten) eingebürgert.

Bemerkung: Dieser so definierte Begriff Resource wurde innerhalb der RDF Initiative geprägt. Deswegen verwenden wir hier und im Weiteren auch das englische „Resource“ anstelle des deutschen „Ressource“.

Bei der inhaltlichen Erschließung einer Resource eines Typs, z.B. eines wissenschaftlichen Artikels, werden Merkmale (auch Eigenschaften oder Attribute) für diesen Typ ausgezeichnet. Metadaten beschreiben also wesentliche Merkmale von Daten, die dann eine automatische Auswertung, etwa durch Indexierer und Suchmaschinen, ermöglichen. Diese Merkmale bestimmen das zu verwendende Vokabular.

Die Zuordnung eines Merkmals zu einer Resource kann zu einer „Klassifizierung“ der Resource verwendet werden. Ob diese Klassifizierung Sinn macht, muss anhand des konkreten Merkmals entschieden werden.

Klassifizierung setzt auf den Begriff der Kategorie (oder Klasse) auf. Da der Begriff Kategorie / Klasse auch in anderen Bereichen, etwa der Philosophie, der Mathematik oder der Psychologie verwendet wird, sei die im folgenden verwendete Bedeutung vorangestellt (Definition Wikipedia, siehe ¹⁰ .):

„Als eine Kategorie (κατηγορία - [An-]Klage, Beschuldigung, auch Kategorie, Klasse) oder eine Klasse bezeichnet man eine Menge von Objekten, die – meist aufgrund gemeinsamer Merkmale – in Abgrenzung zu anderen Objekten zu einer Gruppe zusammengefasst werden. Ein System von verschiedenen Klassen, die möglichst alle berücksichtigten Objekte umfassen, nennt man „Typologie“, „Taxonomie“, „Systematik“ oder „Klassifizierung“. Als Klassifizierung wird allerdings auch der Vorgang der Einteilung in Klassen bezeichnet.

Im Unterschied zu Mengen erfassen Klassen alle Elemente genau einmal. Beispiel: Jeder Schüler gehört genau einer Schulklasse an. Die Gesamtheit aller Schüler ist in Schulklassen eingeteilt.

Eine Klassifikation zerlegt somit eine Grundmenge in disjunkte (sich nicht überschneidende) Teilmengen, deren Vereinigung wiederum die Grundmenge ist.“

Merkmale eignen sich in unterschiedlicher Art und Weise zur Klassifikation.

Beispiel: Man baut eine Datenbank für mathematische Preprints auf und verwendet zur Beschreibung die folgenden Merkmale:

- Autor / Autoren
- Titel
- URL
- Sprache
- Datum der Erstellung
- Datum der letzten Änderung
- Mathematical Subject Classification (MSC)
- Zusammenfassung
- Schlagwörter

Eine Klassifizierung eines Preprints gemäß MSC beispielsweise beschreibt das mathematische Gebiet, dem der Preprint zuzuordnen ist.

Das Merkmal Autor sortiert alle Preprints nach den Autoren, eine Klasse umfasst also alle Preprints eines Autors.

Die Zusammenfassung schließlich ist ein Freitext und nicht zur Klassifizierung der Preprints geeignet (im Allgemeinen wird es keine zwei Preprints mit identischer Zusammenfassung geben, eine Klassifizierung macht also wenig Sinn).

Wie oben beschrieben, bewirkt eine Klassifikation eine Zuordnung einer Resource zu einer (oder mehreren) Gruppe(n). Die Gruppen müssen nicht notwendig disjunkt sein. An dieser Stelle muss die entsprechende Passage der in Wikipedia, siehe ¹⁰, gegebenen Definition abgeschwächt werden. Die Disjunktheit der Klassen wird manchmal nicht gewünscht oder lässt sich nicht vermeiden. Ein einfaches Beispiel aus dem Beispiel Preprints ist die Klassifizierung nach Autoren. Wenn ein Preprint mehrere Autoren hat, so ist er jedem Autor (der Klasse, die die Publikationen der Autoren enthalten) zuzuordnen.

Klassifikation und Sichten

Man kann die Klassen dazu verwenden, dem Nutzer verschiedene Sichten auf die Ressourcen anzubieten. Eine solche nützliche Sicht für mathematische Publikationen ist z.B. die Mathematical Subject Classification (MSC)¹¹. Die MSC ist ein dreistufiges Ordnungssystem, um die mathematischen Publikationen nach ihren Inhalten zu sortieren. Die oberste Ebene der MSC enthält mehr als 60 Gebiete, die dann durch die zweite und dritte Ebene jeweils näher aufgeschlüsselt werden. Diese Klassifizierung wird von den führenden Referateorganen der Mathematik, dem Zentralblatt Math und den Mathematical Reviews erstellt und gepflegt, d.h. von Zeit zu Zeit an neue Entwicklungen in der Mathematik angepasst. Inzwischen erscheinen jährlich mehr als 70.000 Publikationen, die hauptsächlich mathematischen Inhalts sind. Die gedruckten Ausgaben des Zentralblatt Math und der Mathematical Reviews bieten Informationen, z.B. bibliographische Daten und eine Besprechung, zu den Publikationen. Die Sortierung erfolgt gemäß der MSC.

Zentralblatt Math und Mathematical Reviews (jeweils die gedruckten Versionen) bieten auch eine Sicht nach Autoren, einen Autorindex an, der alle Autoren auflistet (die in einem bestimmten Zeitraum publiziert haben) und auf die zugehörigen Publikationen verweist.

Praktische Vorgehensweise

Ein weit verbreiteter Ansatz für die Strukturierung eines Informationsraumes (so etwa in den gedruckten Ausgaben von Zentralblatt Math und Mathematical Reviews, in Math-Net und Math&Industry) ist die im Folgenden beschriebene Top-Down Vorgehensweise

- Top-Ebene: Grobstrukturierung der Objekte (Klassifizierung)
Klassifizierung nach einem Ordnungsprinzip, mit dem man seine Ressourcen sortieren will
Die Strukturierung der Ressourcen wird bestimmt durch die Ziele, die man mit dem aufzubauenden Informationssystem erreichen will, sowie dem Inhalt und der Art der Ressourcen. In Math&Industry wurde dafür das im Folgenden beschriebene Klassifikationssystem entwickelt. Sinn und Ziel der Klassifikation ist es, dem Nutzer einen intuitiven Einstieg in das Informationssystem bieten. Die Klassifizierung bedeutet eine Typisierung der Resource. Jeder Resource wird (mindestens) ein Typ zugeordnet.

Das Klassifikationssystem stellt ein Metadatenschema dar. Es schreibt die Klassenbeziehungen fest und definiert den Inhalt der Klassen.

- **Beschreibungsschemata für die Objekte einer Klasse**
Um einer Resource mehr Merkmale als nur die Zugehörigkeit zu einer Klasse zuzuordnen, kann man spezielle Schemata für die Beschreibung der Ressourcen einer Klasse aufstellen und damit einen Standard für die inhaltliche Erschließung der Informationen in seinem Informationsraum definieren.
Math-Net beispielsweise beschränkt sich weitgehend auf ein Klassifikationssystem für die Ressourcen, die typischerweise von einer mathematischen Institution (Fachbereich, Forschungsinstitut, Fachgesellschaft) bereitgestellt werden. Math-Net hat nur für die Klasse Preprints / Publications ein spezielles Schema für die Beschreibung der Ressourcen entwickelt.
Math&Industry hat für alle Klassen seines Klassifikationsschemas Metadatenschemata erstellt. Diese Metadatenschemata spezifizieren die Eigenschaften der Resource, durch die eine Resource beschrieben werden soll. Diese Eigenschaften können selbst wieder Klassifikationssysteme für die Resource sein.

Sowohl die Klassen als auch die Merkmale einer Klasse lassen sich als Metadaten („Daten über Daten“) einer Resource auffassen.

Die Resource ist in Math&Industry eine Information oder Teil einer Information eines Projekts. Um eine Resource zu identifizieren, bietet es sich an, das Förderkennzeichen zu verwenden (das Förderkennzeichen ist im Rahmen des BMBF Mathematikprogramms eindeutig).

Die für die Klassifikation und für die Beschreibung der Ressourcen der Klassen entwickelten Metadatenschemata sind die Basis für die maschinelle Auswertung der Informationen.

Das Vorgehen soll für die Entwicklung des Konzepts von Math&Industry im Folgenden nochmals detailliert beschrieben werden.

Klassifizierung der Informationen in Math&Industry

Für die Klassifizierung der Informationen eines Projekts des BMBF Mathematikprogramms wurde in Math&Industry ein hierarchisches Schema entwickelt. Es besteht aus 6 Gruppen, die jeweils wieder Untergruppen enthalten:

- **Projektübersicht** mit den Untergruppen:
 - Über das Projekt
 - Highlights
 - Events
 - Presseecho
 - Das Projekt in der Öffentlichkeit
 - GlossareKommentar: Die Informationen dieser Gruppe soll das Projekt vorstellen und einen Überblick über das Projekt geben. Damit soll ein breites Publikum angesprochen werden.
- **Anwendungen / Produkte** mit den Untergruppen:
 - Einsatz der Projektergebnisse in der Praxis
 - Produkte: Patente
 - Produkte: Software
 - Praktischer Nutzen

- Weiterentwicklungen, weitere Einsatzmöglichkeiten
- Ähnliche Projekte und Produkte

Kommentar: Hier werden konkrete Anwendungen der entwickelten Methoden und Verfahren beschrieben. Falls möglich sollen der reale Nutzen (neue Produkte und Technologien) sowie weitere potentielle Einsatzmöglichkeiten vorgestellt werden. Auch diese Gruppe wendet sich an das allgemeine Publikum.

- **Beteiligte** mit den Untergruppen:

- Mitarbeiter
- Firmen / Wissenschaftliche Institutionen

Kommentar: Diese Gruppe benennt die am Projekt beteiligten Personen und Institutionen, beschreibt ihre Arbeits- und Interessengebiete. Diese Gruppe wendet sich an das allgemeine Publikum.

- **Problem der Praxis** mit den Untergruppen:

- Beschreibung des Praxisproblems
- Publikationen, die sich an Anwender richten
- Verwandte Fragestellungen

Kommentar: Diese Gruppe stellt das Praxis-Problem im Detail vor. Insbesondere potentielle Anwender aus Industrie und Dienstleistungen sollen hier angesprochen werden.

- **Ansatz / Modellierung** mit den Untergruppen:

- Modellierung: Vom Anwendungsproblem zum mathematischen Modell
- Mathematische Modelle
- Ähnliche Modelle

Kommentar: Diese Gruppe stellt die wissenschaftliche Modellierung des Problems bis einschließlich des (der) mathematischen Modells (Modelle) vor. Die Informationen sind sowohl für potentielle Anwender aus Industrie und Dienstleistungen als auch für Wissenschaftler gedacht.

- **Mathematische Behandlung** mit den Untergruppen:

- Mathematische Methoden und Verfahren
- Mathematische Publikationen
- Software / Simulationen
- Ähnliche mathematische Probleme

Kommentar: Diese Gruppe stellt die Behandlung der mathematischen Modelle, (Methoden, Verfahren und Ergebnisse) vor, wendet sich vor allem an Mathematiker und mathematisch interessierte Anwender.

Schema 1: Grobklassifikation der Informationen der Projekte

Im Konzept der lokalen Web Präsentation, siehe ⁷ sind die Inhalte der Gruppen und Untergruppen definiert. Die Gruppen und Untergruppen unterscheiden sich nicht nur im Inhalt, sondern verlangen auch eine unterschiedliche Darstellung. Die Untergruppe „Über das Projekt“ beispielsweise enthält typischerweise eine kurze Beschreibung des Projekts (Problem - Aufbereitung - Lösung - Ergebnisse), hat also eine flache Struktur. In anderen Untergruppen wie etwa der Untergruppe „Produkte:Software“ erwartet man bei der Beschreibung von Software strukturierte Informationen: neben einer Beschreibung des Leistungsumfangs Angaben über die verschiedenen Versionen, die Betriebssysteme, für welche die Software zur Verfügung steht, die Programmiersprachen, Nutzungsbedingungen, ...

Schließlich können in den Projekten natürlich auch mehrere Programme oder Softwarepakete entwickelt worden sein. Das heißt, es sollte zunächst eine Übersicht über die im Projekt entwickelte Software angeboten werden. Die verschiedenen Anforderungen an die

Darstellungen der Informationen in den Gruppen waren bei der weiteren Verfeinerung des Konzepts zu berücksichtigen.

Bemerkungen:

- 1) Die Informationen der Gruppen und Untergruppen richten sich – wie oben beschrieben – an unterschiedliche Zielgruppen. Die ersten drei Gruppen bieten einen schellen Einstieg in und Überblick über ein Projekt und die im Projekt erzielten Ergebnisse, die restlichen Gruppen sollen detaillierte Informationen über das Projekt, strukturiert nach Problemstellung, Modellierung und mathematischer Behandlung, bieten.
- 2) Eine Besonderheit der Projektbeschreibung stellt die Untergruppe Glossare dar. Anwendungsprojekte der Mathematik erfordern die Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Mathematikern und Entwicklern aus Industrie und Dienstleistungen. Dafür ist eine gemeinsame Sprache und Terminologie Voraussetzung, die sowohl das Vokabular des Problems als auch der Modellierung und mathematischen Behandlung umfasst. Die Glossare sollen die zentralen Begriffe der Projekte auflisten und erklären. Dabei wird unterschieden zwischen den Begriffen, die dem Anwendungsgebiet und den Begriffen, die den wissenschaftlichen Gebieten entstammen. Darüber hinaus sollen wichtige Relationen zwischen den Begriffen benannt werden. Die Relationen betten den Begriff in den Kontext des Projekts ein. Das soll eine schnelle Einarbeitung in das Projekt unterstützen.
- 3) Jede Information eines Projekts wird bei der Erstellung automatisch (das geschieht bei der Eingabe über die zur Erstellung der Web Präsentation entwickelte Software) der entsprechenden Untergruppe zugeordnet. Damit werden die Informationen der Projekte entsprechend dieser Strukturierung klassifiziert. Es ist also eine maschinelle Auswertung der Informationen eines Projekts nach den Untergruppen möglich. Man ist so in der Lage, alle Software, die in den Projekten des BMBF Mathematikprogramms entwickelt worden ist, zusammenzufassen.

Eine tiefer gehende Auswertung der Informationen, etwa nach den mathematischen Gebieten, auf das die Software aufsetzt oder der Institution, an der die Software entwickelt worden ist, ist so noch nicht möglich. Das ist aber die Voraussetzung für speziellere Informationsdienste und differenzierte Suchmöglichkeiten.

Um Letzteres zu erreichen, ist es notwendig, dass die Standardisierung weitergeführt wird. Es müssen auch die Web Präsentationen der Untergruppen standardisiert werden und in einer Form bereitgestellt und auswertbar gemacht werden, die eine automatische Verarbeitung ermöglicht.

Strukturierung der Informationen der Gruppen und Untergruppen

Wie oben bereits ausgeführt, sollen die Informationen der Untergruppen spezifisch beschrieben werden. Manche Untergruppen bestehen typischerweise aus mehreren Ressourcen, z.B. arbeiten gewöhnlich mehrere Personen in einem Projekt. Diese Untergruppen sollte dann zunächst eine Liste der am Projekt beteiligten Mitarbeiter bieten, von denen dann Links auf die Homepages der Mitarbeiter führen. Andere Untergruppen werden typischerweise durch einen Text beschrieben, sind also nahezu unstrukturiert.

Die Untergruppen des Schemas 1 können insgesamt 8 verschiedenen Typen zugeordnet werden:

1. Informationen über die am Projekt beteiligten Personen:
(*Untergruppe Mitarbeiter*)

Diese Untergruppe enthält ein Verzeichnis der Mitarbeiter des Projekts. Jeder Mitarbeiter soll eine Homepage mit Informationen erstellen, die projektrelevante Informationen umfasst: Aufgabenbereich, Arbeitsgebiete, Publikationen, Adresse, ...

2. Informationen über die am Projekt beteiligten Institutionen:

(Untergruppe Firmen / Wissenschaftliche Institutionen)

Diese Untergruppe enthält ein Verzeichnis der am Projekt beteiligten Firmen und Institutionen. Jede Firma oder Institution soll eine Web Seite mit projektrelevanten Informationen erstellen: Arbeitsgebiete, Kontaktmöglichkeiten, ...

3. Informationen über Publikationen:

(Untergruppen vom Typ Publikation: Presseecho; Publikationen, die sich an Anwender richten; Mathematische Publikationen)

Typischerweise enthalten diese Untergruppen jeweils mehr als eine Publikation. Die Untergruppen verfügen daher über ein Verzeichnis aller Publikationen, die Publikationen selbst werden durch die typischerweise verwendeten bibliografischen Daten beschrieben, die um die für Projekte der angewandten Mathematik wichtigen Klassifikationen erweitert werden. Gegenwärtig können zusätzlich für die fachspezifische Zuordnung der Publikationen folgende Klassifikationssysteme verwendet werden:

- Mathematical Subject Classification, MSC, in der Version MSC2000
- Klassifikationsschema des Zentralblatts für Didaktik der Mathematik, ZDM ¹²
- Computing Classification System der ACM, CCS ¹³
- Physical and Astronomy Classification Scheme, PACS ¹⁴

4. Informationen über Software:

(Untergruppe Produkte: Software)

Die Untergruppe bietet ein Verzeichnis der im Projekt entwickelten / verwendeten Software.

Jede Software kann darüber hinaus verschiedene Versionen enthalten. Die Programme sollen in strukturierter Form beschrieben werden. Dazu gehört eine inhaltliche Beschreibung der Funktionalität der Software, die Angabe von Stichwörtern, eine Klassifizierung der Software und Charakterisierung des Typs der Software. Als Klassifikationssystem für Software wird der „Guide to Available Mathematical Software“, GAMS ¹⁵ verwendet.

Jede Version soll beschrieben werden durch Angaben über die verwendete Programmiersprache, die Betriebssysteme, unter denen die Software eingesetzt werden kann, das Format der Software, ...

5. Informationen über Veranstaltungen:

(Untergruppe Events)

Auch diese Untergruppe führt zunächst auf eine Übersicht aller Veranstaltungen im Projekt. Jede Veranstaltung wird beschrieben durch die Art der Veranstaltung, Ort und Zeit, Veranstalter, ...

Es ist auch möglich, Teilveranstaltungen zu beschreiben.

6. Informationen über Begriffe:

(Untergruppe Glossare)

Diese Untergruppe umfasst verschiedene Glossare, ein Glossar für die Begriffe der Anwendungen und die Glossare wissenschaftlicher Disziplinen, die die für die Modellierung und Lösung eines Problems relevanten Begriffe beinhalten sollen (neben der Mathematik werden in den Projekten, gerade auch für die Modellierung, andere wissenschaftliche Disziplinen herangezogen).

Die wichtigen Begriffe eines Projekts werden in den entsprechenden Glossaren definiert. Darüber hinaus sollen wichtige Relationen zwischen den Begriffen (eines Glossars und verschiedener Glossare) zum Ausdruck gebracht werden. Es ist natürlich nicht möglich, alle möglichen Relationen zu modellieren. Im Projekt „Math&Industry“ haben wir uns

deshalb auf einige Relationen beschränkt, die uns für Anwendungsprobleme der Mathematik typisch erschienen.

7. Informationen über Verweise:

(Untergruppen vom Typ Verweise: Ähnliche Projekte und Produkte; Verwandte Fragestellungen; Ähnliche Modelle; Ähnliche mathematische Probleme)

Diese Untergruppen sind Listen strukturierter Verweise. Die Ressourcen, auf die die Links zeigen, sollen inhaltlich beschrieben werden.

8. Freitext Informationen:

(Alle verbleibenden Untergruppen)

Alle Untergruppen der Web Präsentation, die nicht zu den in 1. - 7. aufgeführten Untergruppen gehören, sind Untergruppen vom Typ Text, d.h. diese Seiten sind nicht weiter strukturiert

Schema 2: Strukturierung der Inhalte der Untergruppen

Bemerkung: Das Schema 2 beschreibt die Inhalte und die Strukturierung der Untergruppen der Web Präsentation eines Projekts nur grob. Die Details sind auf den entsprechenden Hilfeseiten des Erstellungswerkzeugs¹⁶ zu finden.

Was noch fehlt: Die eben aufgelisteten Gruppen und Untergruppen enthalten keine formalen Daten des Programms. Jedes Projekt hat ein eindeutiges Förderkennzeichen, einen Titel, einen Förderzeitraum, eine Institution / Firma, die gefördert wird, einen Projektleiter, ist einem Förderprogramm und einem speziellen Förderschwerpunkt zugeordnet.

Diese Daten werden auf der Homepage des Projekts unterhalb der Navigationsleisten und der Tabelle, die die Gruppen und Untergruppen enthält, angezeigt.

Erschließung der Informationen der Gruppen und Untergruppen

Ein Nutzer des Informationssystems des BMBF Mathematikprogramms will die für ihn interessierenden Informationen möglichst direkt auffinden können. Eine typische Anfrage wäre etwa die Suche nach Software, die ein bestimmtes Problem lösen kann. Das ist aber nur dann möglich, wenn die Informationen der Projekte detailliert und effizient (also automatisch) ausgewertet werden können. Das wiederum setzt eine qualifizierte und standardisierte Erschließung der Informationen, etwa der Software, voraus.

Für die Informationen der Web Präsentation eines Projekts müssen also zunächst Inhalt, Umfang und Art der Erschließung der Informationen festgelegt werden: Welche Daten (Merkmale) sollen für die Erschließung der Informationen genutzt werden?

Die unterschiedlichen Inhalte und die unterschiedliche Struktur der Gruppen und Untergruppen haben Konsequenzen auf die Erschließung der Informationen in den Gruppen und Untergruppen. Natürlich soll durch die Erschließung relevante und aussagekräftige Information der Präsentationen der Projekte extrahiert werden.

Diese speziellen Informationen sollen dann in einer Form dargestellt werden, die eine automatische Auswertung der Informationen ermöglicht.

Das Konzept für die Web Präsentationen der Projekte sieht vor, dass die Projekte HTML Seiten (genauer XHTML Seiten, siehe auch den folgenden Abschnitt „Technische Aspekte“)

erstellen, die die Informationen in einer Form präsentieren, die auf den menschlichen Nutzer ausgerichtet ist. Parallel sollen Metadaten die Voraussetzungen für eine automatische Verarbeitung der in der Web Präsentation vorhandenen semantischen Information liefern. Zu der Metadatenbeschreibung einer Resource gehört sowohl die Klassifizierung der Resource als auch die Zuweisung bestimmter Eigenschaften zu der Resource.

Die (projektübergreifenden) Informationsdienste des zentralen Portals von Math&Industry werten die Metadaten der Projekte direkt aus und ermöglichen eine qualifizierte Suche über den Informationsraum, der von den Web Sites aller Projekte, im folgenden Math&Industry Informationsraum genannt, erreicht wird.

Durch den engen Zusammenhang von Daten und Metadaten lässt sich aber erreichen, dass die Erzeugung der Web Sites der Projekte sowohl die HTML Seiten als auch die Metadaten umfasst.

Die HTML-Seiten der Projekte sollen ein einheitliches Layout haben. Das ist keine technische Notwendigkeit. Ein einheitliches Layout der HTML-Seiten hilft aber dem Nutzer, sich innerhalb der Web Präsentationen eines Projekts schnell zu orientieren und die benötigten Informationen aufzufinden. Das beginnt mit einer einheitlich strukturierten Homepage für die Web Präsentationen der Projekte. Zusätzlich stehen dem Nutzer auf den Web Seiten der Untergruppen zwei Navigationsleisten (für die Navigation innerhalb eines Projekts und für die Suche über den Math&Industry Informationsraum, also für eine projektübergreifende Suche) zur Verfügung.

Technische Aspekte

1. Präsentation in XHTML

Ziel des Projekts Math&Industry ist es, die Web Präsentation des BMBF Mathematikprogramms qualitativ und quantitativ zu verbessern. Damit müssen die Informationen in der lingua franca des Web, also in Form von HTML bzw. XHTML Dokumenten angeboten werden. XHTML¹⁷ ist die Weiterentwicklung von HTML, siehe ebenfalls⁹, in XML.

Der Sprachumfang (das Vokabular) von XHTML entspricht dem von HTML. XHTML verwendet aber im Gegensatz zu HTML die XML Syntax. XML ist eine Markup Sprache. Die für das Markup eines XML Dokuments verwendeten „Tags“ müssen abgeschlossen werden, die Tags müssen korrekt ineinander verschachtelt sein, etc., zu den genauen Bedingungen der so genannten Wohlgeformtheit von XML Dokumenten („well-formed“ XML), siehe¹⁸. Mit der Verwendung der XML Syntax wird HTML in XML eingebettet. Dadurch eröffnen sich neue Möglichkeiten, zum Beispiel die Einbindung von XML Elementen und Attributen, die nicht selbst zu XHTML gehören. Das wird etwa bedeutsam, wenn man mathematische Formeln in XHTML Dokumenten darstellen will, eine zweifellos nahe liegende Anforderung für Projekte der angewandten Mathematik. XHTML, Version 1.1., die am 31.5.2004 als Empfehlung vom WWW Consortium, W3C¹⁹, verabschiedet worden ist, ermöglicht es erstmals, MathML²⁰ Konstrukte in XHTML Dokumente einzubinden. Gegenwärtig beschäftigen sich mehrere Gruppen damit, leistungsfähige Werkzeuge zu erstellen, mit denen MathML formatierte Texte direkt erzeugt werden können (etwa Amaya²¹) oder formatierte Dokumente (TeX) in MathML formatierte Dokumente konvertiert werden können (HERMES²², TeX4Moz²³; Itex2mml²⁴). Diese Werkzeuge sind allerdings noch im Entwicklungsstadium, die Tools werden gegenwärtig im Nachfolgeprojekt zu Math&Industry evaluiert.

Prinzipiell ist es möglich, in XHTML anderen XML Code einzubringen (Modularisierungskonzept von XHTML, siehe ²⁵), praktisch stößt das aber gegenwärtig noch an Grenzen (siehe auch die Bemerkung 4 dieses Abschnitts).

2. *Semantik der Präsentation*

Mit dem Web hat die gespeicherte Informationsmenge wesentlich zugenommen. Durch die Digitalisierung haben sich auf der anderen Seite die Möglichkeiten erweitert, Informationen zu suchen und aufzufinden.

Hinter der Volltextsuche steckt ein einfaches Prinzip. Jeder atomare Bestandteil einer Resource (z.B. ein Wort eines Textes) wird in gleicher Weise behandelt, unabhängig von der Strukturierung der Web Präsentation einer Resource.

Markup Sprachen wurden entwickelt, um ein Dokument zu strukturieren. Markup Sprachen können sowohl für eine formale Strukturierung der Resource als auch für semantische Annotationen benutzt werden.

Für das Web wurde dazu unter der Ägide des W3C das Resource Description Framework entwickelt. RDF ist ein Modell, um Aussagen der Form

Subjekt – Prädikat – Objekt

in maschinen-verstehbarer Form auszudrücken. Damit lassen sich Beschreibungen von Ressourcen, z.B. „Autor“ eines Dokuments oder „Name“ einer Formel beschreiben. Mit RDF lassen sich aber auch komplexere Zusammenhänge wie sie etwa in einem Thesaurus zur Modellierung von Relationen benutzt werden, formulieren.

Die Tripel, die aus Subjekt, Prädikat und Objekt bestehen, können als Graph interpretiert werden. Aussagen können beliebig miteinander kombiniert werden. RDF kann in XML eingebunden werden, d.h. es lässt sich als XML Code darstellen.

3. *RDF und Metadatenvokabulare im Projekt Math&Industry*

Als Basisvokabular wird XMLSchema verwendet, siehe ²⁶.

RDF Schema, RDF-S, beschreibt, wie man RDF verwendet, um RDF Vokabulare aufzubauen. RDF und RDF-S sind Vokabulare, die die Basis für die Darstellung der Metadaten in Math&Industry bilden.

Weitere Vokabulare, die für die semantische Annotation in Math&Industry verwendet werden, sind

- Web Ontology Language, OWL
Ontologie wird in OWL verstanden als umfassende Spezifikation eines Gebiets, die z.B. die Terme, Konzepte, Gesetze, Regeln des Gebiets beinhaltet.
- Dublin Core (DC)
DC ist ein Metadatenschema für die bibliographische Beschreibung von Ressourcen des Typs „Publikation“, stellt also ein standardisiertes Vokabular für die Erschließung von Publikationen bereit. Einige der ausgezeichneten Eigenschaften eines Objekts sind aber allgemeiner Natur, etwa „Creator“ oder „Titel“ und können für die Beschreibung auch anderer Resource Typen verwendet werden.
- vCard
vCard, „visitCard“ ist ein Metadatenschema für eine standardisierte Beschreibung einer Person oder Organisation.
- Klassifikationssysteme
Die oben erwähnten Klassifikationssysteme, etwa die MSC, sind ein standardisiertes Vokabular, speziell für die fachspezifische Einordnung einer mathematischen Publikation.
- Alle in Math-Net entwickelten Vokabulare:

- die Math-Net Klassen, die die Ressourcen einer mathematischen Institution typisieren,
- die Math-Net Properties, die spezielle Eigenschaften kennzeichnen,
- die Math-Net Deskriptoren, die das Math-Net Klassifikationsschema (eine Strukturierung der Informationen einer Institution) beschreiben,
- die so genannten „Application Profiles“, die die formalen Metadatenbeschreibungen einer Klasse von Ressourcen (den RDF Code), etwa von Preprints oder Artikeln, enthalten.

Diese Vokabulare waren aber nicht ausreichend, um die Web Präsentationen der Projekte, insbesondere die Metadaten, zu standardisieren:

Es war sowohl erforderlich, weitere

- Klassen von Ressourcen,
 - Eigenschaften,
 - Klassifikationsschemata
- zu definieren.

Im Einzelnen wurden folgende Vokabulare im Rahmen des Math&Industry Projekts definiert:

- Resourceklassen, die dem IWI „Resource Class Pool“ hinzugefügt wurden, siehe ²⁷, (definieren weitere Klassen, die für Math&Industry benötigt werden, z.B. Glossare)
- Eigenschaften, die dem IWI „Property Pool“ hinzugefügt wurden, siehe ²⁸, (hier werden Eigenschaften beschrieben, die z.B. für die Beschreibung der Relationen der Glossare genutzt werden)
- ein Klassifikationsschema wissenschaftlicher Gebiete ²⁹ (wird für die Zuordnung der Begriffe in den Glossaren verwendet)
- ein Klassifikationsschema für Software ³⁰ (wird für die Klassifizierung von Software eingesetzt)
- das Schema der Förderschwerpunkte des BMBF Programms ³¹ (dient zur Einordnung der Projekte)
- ein Klassifikationsschema der Anwendungsgebiete ³² (ist für den Aufbau der Expertendatenbank notwendig)

Sinn und Zweck aller dieser Vokabulare ist es, Ressourcen und Eigenschaften bereitzustellen, auf die in den Metadatenbeschreibungen einer Resource Bezug genommen werden kann.

Klassifikationssysteme etwa typisieren Ressourcen, andere Vokabulare definieren Eigenschaften, die charakteristisch für eine Resource, z.B. einer Web Seite, sind.

Ziel der Semantic Web Initiative ³³ ist es, die automatische Verarbeitung semantischer Informationen („Metadaten“) zu unterstützen. Das setzt voraus, dass auch die Verarbeitung der Metadaten schemata, also der Metadaten vokabulare, selbst wieder maschinell erfolgen kann. Das kann dadurch gesichert werden, dass die Definition der Vokabulare ins Netz gestellt wird (also über eine URI identifiziert werden kann).

Innerhalb von XML geschieht das mit den so genannten Namespaces ³⁴.

XML Namespaces sichern, dass die Elemente und Attribute in einem XML Dokument eindeutig interpretiert werden können.

Es bieten sich verschiedene Möglichkeiten an, XML Namespaces zu erstellen, z.B. als:

- Document Type Definition (DTD),
- XML Schema,

- RDF Schema.

Die XML Namespaces spezifizieren Elementtypen und Attributnamen, legen also den Sprachumfang eines Vokabulars fest. Sie müssen natürlich auch eine inhaltliche Beschreibung der Elemente enthalten. Sonst wäre keine inhaltliche Interpretation der Tags oder eine sinnvolle Nutzung von Elementen und Attributen fremder Namespaces möglich.

RDF Schema ist die Methode der Wahl, wenn man

- eine auch für den menschlichen Nutzer verständliche Beschreibung der Elemente und Attribute
- und gleichzeitig die automatische Auswertung anstrebt.

Die hier verwendeten Namespaces, insbesondere RDF, RDF-S, vCard und die für Math-Net und Math&Industry definierten Namespaces sind RDF Schemata, also in RDF / XML codiert.

4. *RDF und XHTML*

Natürlich wäre es nahe liegend, RDF Code in XHTML einzubetten, um so das Dokument und die Metadaten in einer einzigen Resource zu vereinen. Man hat versucht, die damit entstehenden Fragen mittels verschiedener Ansätze zu überwinden, die aber alle Unzulänglichkeiten haben bzw. mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden sind:

- keine gültigen („valid“) XHTML-Dokumente, wenn man RDF Code in XHTML Dokumente einfach einfügt
- hoher Aufwand, wenn man das Modularisierungskonzept von XHTML²² einsetzt (Erweiterung der Document Type Definition notwendig)
- Einfügen des RDF Codes über spezielle XHTML-Elemente

Als einfache und saubere Lösung wird empfohlen, Metadaten und XHTML-Dokumente als separate Objekte zu halten und beide Objekte miteinander zu verlinken, was in Math&Industry umgesetzt worden ist. Mehr dazu findet man unter³⁵ und³⁶. Die Trennung von XHTML und RDF / XML Daten stellt kein echtes Problem dar, da ja die Dateien für unterschiedliche Zwecke genutzt werden.

5. *Darstellung der Metadatenschemata der Web Präsentationen der Projekte auf dem zentralen Portal*

Innerhalb des Projekts Math&Industry wurden RDF Metadatenschemata für die inhaltliche Beschreibung der Information gemäß den im Schema 2 beschriebenen Typen entwickelt. Besonders aufwendig war hier die Entwicklung des Konzepts für die Glossare, genauer gesagt der Definition der Relationen.

Sämtliche im Projekt „Math&Industry“ verwendeten Vokabulare sind auf dem zentralen Portal beschrieben: durch Referenzen auf die entsprechenden URIs der Schemata³⁷. Die Links verweisen auf das jeweilige Schema. Falls für die Vokabulare eine RDF / XML Kodierung vorliegt, wird auch auf diese verwiesen.

b. Erstellung der Web Sites der Projekte

Das manuelle Erstellen der Web Präsentationen insbesondere der Metadatenbeschreibungen ist aufwändig und fehleranfällig. Es erfordert, dass die Metadatenbeschreibungen durch Werkzeuge, z.B. den RDF Validator³⁸ des W3C überprüft, und das Ergebnis auf syntaktische und inhaltliche Richtigkeit überprüft werden muss.

Das Konzept wird von den Projekten aber nur dann akzeptiert, wenn sich der Aufwand für die Erstellung der Web Präsentation in Grenzen hält und keine Spezialkenntnisse erfordert. Daher war es zwingend notwendig, ein Werkzeug für die Generierung der Web Präsentation, den WebSiteMaker²², zu entwickeln.

Der WebSiteMaker ist ein spezielles Content Management System, um die Web Präsentation für Projekte des BMBF Mathematikprogramms zu erzeugen. Im engeren Sinn ist er nur ein Rahmenprogramm, das die Erstellung und die Pflege der Web Seiten des Projekts organisiert. Die eigentliche Erstellung der Web Seiten der Untergruppen wird durch die Math&Industry Presentation Maker, im folgenden MIPM Tools genannt, geleistet.



Math&Industry **Web Site Maker**

[Hilfe](#)

Der Web Site Maker ist ein Programm zur Erstellung und zur Pflege der Web Präsentationen von Projekten der angewandten Mathematik, speziell für die Projekte der BMBF-Mathematikprogramme.

Der Web Site Maker standardisiert

- die Strukturierung
- die verwendeten Bezeichnungen der Gruppen und Untergruppen
- das Layout

der Web Präsentationen.

Der Web Site Maker ist modular aufgebaut: Er besteht aus verschiedenen Programmen, die das Erzeugen neuer und das Editieren bestehender Web-Seiten Ihrer Projekt Präsentation gestatten.

Wenn Sie die Web Präsentation eines Projekts **bearbeiten** wollen, melden Sie sich bitte durch Angabe des Förderkennzeichens (FKZ) und des Passworts an. Es ist nicht möglich Projekte einzutragen, die in der FKZ-Liste keinen Eintrag haben. Falls Sie ein Projekt eintragen möchten, dass nicht in der Liste aufgeführt ist, wenden Sie sich bitte an sperber@zib.de.

FKZ :	03BA7C01-2
Passwort :	<input type="password"/>
<input type="button" value="login"/>	

Abbildung 1: Startseite des WebSiteMakers

Auf der Startseite des WebSiteMakers³⁹, siehe auch Abbildung 1, muss sich derjenige, der Informationen über ein Projekt eingeben will, mit dem Förderkennzeichen seines Projekts und einem Passwort identifizieren. Nach erfolgreicher Anmeldung wird dann die so genannte Auswahlseite angezeigt. Die Auswahlseite, siehe auch Abbildung 2, zeigt die Gruppen und Untergruppen der Web Präsentation eines Projekts an. Der Bearbeiter der Web Site wählt dann die Untergruppe aus, für die er die Web Darstellung erzeugen oder editieren will. Der WebSiteMaker ruft dann das entsprechende MIPM Tool auf und der Bearbeiter nimmt seine Eingaben oder Änderungen vor.

Auswahlseite: Wahl der zu erstellenden Web Seite

Die Web Präsentation für ein Projekt der angewandten Mathematik ist, wie es im [Konzept für die Web Präsentationen der Projekte](#) beschrieben wird, strukturiert.

Es besteht aus den Gruppen und Untergruppen, die auf dieser Seite aufgelistet sind. Für die Definition der einzelnen Gruppen und Untergruppen sei insbesondere auf die [Tabelle der Gruppen und Untergruppen](#) verwiesen.

Die Web Seiten der Untergruppen werden durch spezielle Programme erzeugt. Bitte **wählen** Sie die Untergruppe, für die Sie eine Web Seite erstellen bzw. bearbeiten möchten.

Beenden des Web Site Makers

Abspeichern der erzeugten Projekt-Präsentation auf Ihrem Rechner, siehe dazu auch die Hinweise auf der folgenden Seite.

view	edit	Homepage (Wenn Sie das Passwort ändern wollen, wählen Sie bitte den "edit"-Button)	
Projektübersicht			
view	edit	delete	Über das Projekt , Hilfe
view	edit	delete	Highlights , Hilfe
view	edit	delete	Events , Hilfe
	edit		Presseecho , Hilfe
view	edit	delete	Das Projekt in der Öffentlichkeit , Hilfe
view	edit	delete	Glossare , Hilfe
Anwendungen und Produkte			
view	edit	delete	Einsatz der Projektergebnisse in der Praxis , Hilfe
	edit		Produkte: Patente , Hilfe
view	edit	delete	Produkte: Software , Hilfe

Abbildung 2: Ausschnitt aus der Auswahlseite des Web Site Makers

Alle MIPM Tools sind formularbasiert, d.h. der Bearbeiter muss für das Erstellen oder Editieren der Web Seiten einer Untergruppe Formulare ausfüllen. Die MIPM Tools sind weitgehend selbsterklärend, Struktur und Inhalt der Formulare leiten sich aus dem Inhalt und der Strukturierung der Untergruppen ab. Insbesondere MIPMGlossary, das Erstellungstool für die Projektglossare, wurde mehrfach überarbeitet, erfordert aber dennoch etwas Aufwand in der Einarbeitungsphase, wenn man die Möglichkeiten, die dieses Werkzeug vor allem für die Verknüpfung von Begriffen bietet, ausnutzen will.

Die MIPM Tools erstellen oder modifizieren die Web Seiten einer Untergruppe. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen einen Ausschnitt aus MIPMPub, dem Werkzeug für die Erstellung der Web Präsentation einer Publikation (Startseite und Eingabeformular).



Math&Industry

Publikationen (MIPMPub)

MIPMPub Version 1.4.2

[Hilfe](#)

Ich möchte

- einen neuen Publikationseintrag anlegen
- einen Publikationseintrag bearbeiten
- einen Publikationseintrag löschen

Bitte senden Sie Kommentare und Fragen an toolmaster@mathematik-21.de.

Abbildung 3: Startseite des MIPMPub zur Erstellung einer Web Präsentation einer Publikation

Publikationsbeschreibung

Bitte füllen Sie das Formular aus. Die mit einem roten Stern (*) markierten Felder müssen ausgefüllt werden. Beachten Sie bitte auch die bereits ausgefüllten Felder.

Autor(en) weitere Autorenfelder

* Nachname Vorname * Emailadresse

* **Titel** der Publikation: Sprache des Titels:

Deutsch

URL der Publikation kodiert als

URL:

Anmerkung:

Die Publikation ist

Sie ist geschrieben in

Abbildung 4: Ausschnitt der Eingabeseite des MIPMPub zur Erstellung einer Web Präsentation einer Publikation

Der WebSiteMaker integriert diese Web Seiten in die Web Präsentation des Projekts. Die Integration erfordert die Aktualisierung der Homepage des Projekts und der Navigationsleisten: Homepage und Navigationsleisten zeigen genau die Untergruppen an, für die Web Seiten vorhanden sind. Die Homepage wird bei der Erstellung der Informationen der Gruppen und Untergruppen automatisch erzeugt, die formalen Daten, die ja Bestandteil der Homepage sind, können über ein eigenes Formular erstellt und editiert werden.

Die Abbildung 5 zeigt einen Ausschnitt der Homepage des Projekts „Optimierung der Fahrzeugumlaufplanung im Öffentlichen Nahverkehr.“

Optimierung der Fahrzeugumlaufplanung im Öffentlichen Nahverkehr (Vehicle Scheduling in Public Transit)

Math&Industry
Gefördert vom
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Math & Industry Portal [Projekte](#) [Suche](#)

Projektübersicht <ul style="list-style-type: none"> ▶ Über das Projekt ▶ Highlights ▶ Events ▶ Das Projekt in der Öffentlichkeit ▶ Glossare 	Das Problem der Praxis <ul style="list-style-type: none"> ▶ Beschreibung des Praxisproblems ▶ Publikationen, die sich an Anwender richten ▶ Verwandte Fragestellungen
Anwendungen und Produkte <ul style="list-style-type: none"> ▶ Einsatz der Projektergebnisse in der Praxis ▶ Produkte:Software ▶ Praktischer Nutzen 	Modellbildung und Modelle <ul style="list-style-type: none"> ▶ Modellierung: Vom Anwendungsproblem zum mathematischen Modell ▶ Mathematische Modelle ▶ Ähnliche Modelle
Beteiligte <ul style="list-style-type: none"> ▶ Mitarbeiter ▶ Firmen / Wissenschaftliche Institutionen 	Mathematische Behandlung <ul style="list-style-type: none"> ▶ Mathematische Methoden und Verfahren ▶ Mathematische Publikationen ▶ Software / Simulationen

Abbildung 5: Ausschnitt aus der Homepage des Projekts „Optimierung der Fahrzeugumlaufplanung im Öffentlichen Nahverkehr“

Die erste Arbeitsversion des WebSiteMakers und der MIPM Tools wurde Anfang 2004 freigegeben. Damit ist aber die Arbeit an den Werkzeugen nicht abgeschlossen. Zum einen werden die Spezifikationen von XML ständig weiterentwickelt, zum anderen kommen neue Anforderungen an die Beschreibung der Informationen hinzu.

Auf der Liste der Aufgaben zur Verbesserung der Werkzeuge, die im Nachfolgeprojekt vorgesehen sind, stehen unter anderem:

- Erstellung mehrsprachiger Web Präsentationen der Projekte (Internationalisierung),
- Einbinden von MathML-codierten Code (mathematische Symbole und Formeln) in die Web Präsentationen der Projekte,
- Größere Freiheiten für das Layout der Web Präsentationen der Projekte
- Modularisierung: einfache Konfigurationsmöglichkeiten, um die Werkzeuge an die Anforderungen anderer Förderprogramme anpassen zu können.

Der WebSiteMaker und die MIPM Tools sind derzeit auf einem Web Server des ZIB installiert. Die Web Präsentationen der Projekte werden nach der Erstellung in einem Verzeichnis dieses Servers gespeichert. Der WebSiteMaker bietet den Projekten die Möglichkeit, die Seiten herunter zu laden und auch auf einem lokalen Web Server anzubieten. Die zentrale Speicherung hat den Vorteil, dass der Zugang zu den Web Präsentationen der Projekte langfristig gesichert werden kann.

Es werden jedoch nicht die Ergebnisse des Projekts, etwa Software oder Publikationen, selbst gespeichert. Die Entwicklung eines Konzepts für die Archivierung der Informationen der Projekte ist Bestandteil des Nachfolgeprojekts.

Das hier vorgestellte Konzept für die Web Präsentation der Projekte geht wesentlich über die ursprüngliche Zielsetzung des Projektantrags für Math&Industry hinaus, ermöglicht aber

dafür eine qualitativ hochwertige maschinelle Auswertung der Informationen und Informationsdienste.

Der hohe Aufwand, insbesondere für die Softwareentwicklung (WebSiteMaker und 8 MIPM Tools) führte im Math&Industry Projekt zu einem erheblichen Mehraufwand gegenüber der ursprünglichen Projektplanung.

Die Erstellung der Web Präsentationen ist kein statischer Vorgang. Vielmehr sollen die Web Sites der Projekte die Entwicklung eines Projekts wiedergeben, die Web Präsentationen sollen also mit den Projekten wachsen. Das erfordert eine regelmäßige Aktualisierung der Web Sites der Projekte.

Der WebSiteMaker und die MIPM Tools bilden die technische Basis für die Erstellung der Web Präsentationen der Projekte, die Web Präsentationen der Projekte sind ihrerseits die Basis für die Informationsdienste des zentralen Portals.


Eine hochwertige Web Präsentation für ein Projekt ist immer mit erheblichem Aufwand verbunden, andererseits wird von niemandem angezweifelt, dass diese wichtig und notwendig ist. Das Konzept von Math&Industry: der verteilte Ansatz, die Entwicklung eines Rahmens und von Werkzeugen für eine hochwertige Web Präsentation der Projekte fanden bei den Projekten breite Akzeptanz.

Es muss im Nachfolgeprojekt erreicht werden, dass die Projekte die Erstellung und kontinuierliche Pflege der Web Präsentationen als wichtigen und unverzichtbaren Teil ihres Projekts ansehen und dass die Erstellung und Pflege der Web Präsentation in ihrem eigenen Interesse liegt.

Die Umsetzung des Math&Industry Konzepts bedeutete insbesondere für die Projekte Mehrarbeit, die keine oder nur eine rudimentäre Web Präsentation hatten.

c. Konzept für das zentrale Portal und Aufbau spezifischer Informationsdienste

Das zentrale Portal ist der natürliche Einstiegspunkt in die Web Präsentation des BMBF Mathematikprogramms. Dafür wurde vom Projekt Math&Industry die Domain www.mathematik-21.de erworben und das Portal unter <http://www.mathematik-21.de> eingerichtet.



letztes Update des Portals: 18.01.2005

Math & Industry

The Portal

**Die Projekte des BMBF Förderbereichs:
"Ausgewählte Gebiete der Mathematik"
(Angewandte Mathematik)**

Suche in den Projekt-Websites:	<input style="width: 100%;" type="text" value="Suchbegriff(e):"/> <input type="button" value="Suche"/> <input type="button" value="Löschen"/> <input checked="" type="checkbox"/> Groß- und Kleinschreibung ignorieren <small>Wenn Sie nach Teilen von Worten suchen wollen, verwenden Sie * als Jokerzeichen. (Zum Bsp. biolog*, um 'Biologie' und 'biology' zu finden.)</small>
Projektlisten:	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtliste aller Projekte seit 1993 • gegliedert nach Förderperioden und Förderschwerpunkten
Glossar:	Hier können Sie im Gesamtglossar aller Projekte blättern.

Informationen zu den Projektzielen von Math&Industry erhalten Sie in der [Vorhabenbeschreibung](#).
Ferner können Sie weiteres über die [Suchkonzepte](#) von Math&Industry erfahren.




Abbildung 6: Ausschnitt aus der Homepage des zentralen Portals

Das zentrale Portal von Math&Industry hat zwei wesentliche Funktionen:

- einen Überblick über und einen schnellen Einstieg in das BMBF Mathematikprogramm zu geben
- effiziente Suchmöglichkeiten anzubieten, um spezielle Anfragen der Nutzer zu beantworten.

Überblick

Hierfür gibt es auf dem zentralen Portal Übersichtslisten über die bisherigen und die aktuelle Periode des BMBF Mathematikprogramms.

Diese Listen enthalten Links:

- auf die Web Präsentationen der Projekte (sowohl die, die mit den in Math&Industry entwickelten Werkzeugen erstellt worden sind als auch auf weitere, die eventuell früher bzw. parallel entstanden sind)
- auf weitere Informationen, z.B. auf die Poster der Projekte.

Über die Listen der Projekte kann man dann also zu den Informationen der einzelnen Projekte navigieren.

Das zentrale Portal bietet auch eine Suchfunktion: Der Suchraum umfasst die Informationen, die auf dem zentralen Portal liegen sowie die Informationen aus den Web Präsentationen der Projekte. Dazu werden die (verteilt vorliegenden) Informationen zunächst gesammelt und indexiert. Das geschieht gegenwärtig mit dem Harvest-System, das auch im Math-Net zum Gathern, Indexieren und zur Suche der Informationen, insbesondere der Informationen mathematischer Institutionen, eingesetzt wird.

Harvest ist in der Lage sowohl den Volltext als auch Metadaten auszuwerten. Math-Net stellt für die Suche nach den Informationen – ähnlich wie die großen Suchmaschinen des Web,

etwa Google oder Altavista - eine einfache Suchmaske und eine erweiterte Suchmaske bereit. Die erweiterte Suchmaske enthält Felder, in denen die Suche auf bestimmte Felder (Metadaten) eingeschränkt werden kann. Da die Dokumentklassen in Math&Industry aber durch acht verschiedenen Metadaten schemata beschrieben werden, stößt das Konzept der erweiterten Suchmaske an seine Grenzen. Eine vollständige Suchmaske wird durch die vielen Felder, die jeweils nur für bestimmte Untergruppen gelten, unüberschaubar und wenig intuitiv. Deswegen sieht das Konzept von Math&Industry den Aufbau eigenständiger Informationsdienste für spezielle Bereiche aus dem Informationsraum, der durch die Projekte des BMBF Mathematikprogramms gegeben ist, vor.

Spezielle Suchmöglichkeiten

Ein erster solcher Informationsdienst, der auf dem zentralen Portal von Math&Industry angeboten wird, ist ein zentrales Glossar. Dieses Glossar fasst in Form einer Liste alle Einträge zusammen, die in den Glossaren der Projekte enthalten sind. Insbesondere werden folgende Informationen über die Begriffe angezeigt:

- die in den Projekten gegebenen Definitionen der Begriffe (falls der Begriff in mehreren Projekten definiert worden ist, werden die verschiedenen Definitionen angezeigt),
- den Bereich, dem der Begriff zugeordnet worden ist,
- die Relationen zu anderen Begriffen,
- die Projekte, in denen der Begriff definiert worden ist,
- die Institution, die den Begriff erstellt hat.

Die Abbildung 7 zeigt die Web Seite aus dem zentralen Glossar für den Begriff „Heuristik“.



- [Home](#)
- [News](#)
- [Projekte](#)
- [Suche](#)
- Suche
- [Links](#)
- [Über uns](#)
- [Kontakt](#)
- [Intern](#)

Gesamtglossar

Eintrag: Heuristik

Die geklammerten Zahlen (z.B. (1)) entsprechen denen der weiter unten stehenden Projektliste. Die Links der Zahlen verweisen auf die Beschreibungen der jeweiligen Begriffe in den Projektglossaren.

Heuristik (Mathematik)	
(1)	Optimierungstechnik, bei der auf irgend eine beliebige Weise irgend eine Lösung eines Optimierungsproblems bestimmt wird.
(2)	Eine Heuristik ist ein zur Lösung eines Problems verwendetes Verfahren, das nicht garantieren kann, die exakte Lösung zu finden. Heuristische Verfahren nutzen häufig die sehr spezielle Struktur von Problemen aus, damit sie zu effizienten Verfahren werden und somit im Gegensatz zu exakten Verfahren schnell zulässige Lösungen finden. Ein bekanntes Beispiel ist die sog. Greedy-Heuristik. Das Ergebnis einer Heuristik kann allerdings deutlich schlechter sein als das Ergebnis eines exakten Algorithmus.

Mathematik:

- [Mehrgüterflussproblem](#) (ist Methode zur Lösung von) [\(1\)](#)

Projekte:

Projekte in denen **Heuristik** in Glossaren definiert wurde
Die Links verweisen auf die Homepages der Projekte.

- (1) [Optimierung der Fahrzeugumlaufplanung im Öffentlichen Nahverkehr \(Vehicle Scheduling in Public Transit\)](#)
(Konrad Zuse Zentrum für Informationstechnik Berlin)
- (2) [Gemischt-ganzzahlige Optimierung im operativen Gasmanagement](#)
(Technische Universität Darmstadt)

Abbildung 7: Die Web Seite des zentralen Glossars für den Begriff Heuristik

Insbesondere über die Relationen können neue Zusammenhänge auch projektübergreifend erkannt werden. Das ist z.B. dann der Fall, wenn z.B. ein mathematisches Verfahren in unterschiedlichen Projekten zur Lösung verschiedener Probleme eingesetzt wird.

An dieser Stelle soll aber auch auf mögliche Probleme hingewiesen werden: Es ist ja durchaus möglich, dass ein Begriff in verschiedenen Projekten benutzt wird. Das kann ein und derselbe Begriff sein oder es kann sich um verschiedene Begriffe handeln, die mit demselben Namen bezeichnet werden. Häufig wird es dann in beiden Fällen für einen Begriff verschiedene Definitionen geben. Die Entscheidung, ob es sich dabei um ein- und denselben Begriff oder um unterschiedliche Begriffe handelt, kann nicht automatisch erfolgen, sondern muss vom Nutzer getroffen werden.

Ein zweiter Dienst, der allerdings im Projekt nur konzipiert und als Prototyp realisiert worden ist, ist eine Expertendatenbank. Die Expertendatenbank soll eine Anlaufstelle für Unternehmen aus Industrie und Dienstleistungen sein, die einen Ansprechpartner suchen, um ein reales Problem zu lösen. Die Expertendatenbank soll Personen und Institutionen beschreiben, die sich als Diskussionspartner für Unternehmen aus der Industrie und dem Dienstleistungsbereich in ausgewählten Anwendungsgebieten bereitstellen. Die in dem BMBF Mathematikprogramm erworbene Expertise zur Modellierung und Lösung von Problemen in bestimmten Anwendungsbereichen soll also weiteren potentiellen Interessenten zur Verfügung gestellt werden.

Eine solche Expertendatenbank kann nur auf freiwilliger Basis entstehen. Die Mitarbeiter der Projekte sollen sich - in ihren Personal Homepages - als Diskussionspartner für bestimmte Anwendungsgebiete zur Verfügung stellen.

Weitere Dienste, die spezielle Informationen der Projekte auswerten und möglicherweise auch archivieren sollen, sind in der Planung:

- **Produktdatenbank (Softwareplattform)**
Eine Übersicht der im BMBF Mathematikprogramm entstandenen Produkte ist für Industrie und Dienstleistungen interessant. Dazu muss die Produktdatenbank Auskunft darüber geben, welche Probleme gelöst und wie die Produkte eingesetzt werden können. Produkte aus den Projekten können in unterschiedlicher Form vorliegen, z.B. als Patent. Innerhalb des BMBF Mathematikprogramms sind Produkte aber meist Software, die dann zur Steuerung von Produktions- und Planungsprozessen eingesetzt wird. Ein erster konzeptioneller Entwurf für die Softwareplattform wird im Folgeprojekt derzeit erstellt.
- **Publikationsdatenbank**
Auch eine Publikationsdatenbank, die Auskunft über alle im BMBF Mathematikprogramm erstellten Publikationen gibt, ist von Interesse. Diese sollte neben der Auskunft über die Projekte auch ein Archiv der Publikationen enthalten, um so langfristig den Zugang zu den Ergebnissen öffentlich geförderter Forschung zu gewährleisten.
- **Forschungslandkarten**
Diese sollten die Anwendungsfelder und die mathematischen Gebiete visualisieren, die von den Projekten bearbeitet werden.

d. Akzeptanz und Umsetzung des Konzepts

Auf dem ersten Arbeitstreffen (Heidelberg, 12.2.2002) hat das ZIB (Projektleitung, Entwicklung, Testnutzer), die Universität Osnabrück / IWI Osnabrück (Entwicklung), das IWR Heidelberg (Testnutzer) und die Universität Freiburg (Testnutzer) das vom ZIB vorgelegte Konzept für die Web Präsentation des BMBF Mathematikprogramms vorgestellt und diskutiert.

ZIB und IWI Osnabrück haben dann einen Vorschlag für die technische Umsetzung erarbeitet und mit der Entwicklung der Software begonnen. Im Dezember 2002 wurde das Konzept auf dem Statusseminar des BMBF Mathematikprogramms in Ludwigshafen allen Projekten der dritten Förderperiode vorgestellt. Anfang 2003 begann die Testphase des WebSiteMakers / MIPM Tools. Die Software zur Erstellung der Web Sites war zu diesem Zeitpunkt allerdings noch nicht komplett.

Im Wesentlichen war zu diesem Zeitpunkt das Erstellungswerkzeug für Glossare, der MIPMGlossary, noch in der Entwicklung. MIPMGlossary hat, wie an anderer Stelle schon betont, eine wichtige Rolle für die Web Präsentation der Projekte. Gerade die Relationen zwischen den Anwendungsbegriffen und den entsprechenden Begriffen aus der Modellierung und Lösung sollen die Beziehungen zwischen dem Problem, seiner Modellierung und Lösung transparent machen und somit eine Brücke zwischen Anwendungen und Mathematik sein und trägt so erheblich zum Verständnis des Projekts bei. Diese anspruchsvolle Aufgabe verlangte sehr viel konzeptionelle Entwicklungskapazitäten. Das Vokabular und das User Interface zur Erstellung der Glossare wurden mehrfach überarbeitet und konnten im Herbst 2003 abgeschlossen werden.

Parallel führte die Testphase zu einer Überarbeitung auch der anderen Werkzeuge (WebSiteMaker und MIPMTools).

2003 wurde auch mit dem Aufbau wesentlicher Informationsdienste auf dem zentralen Portal von Math&Industry begonnen.

2004 wurde der WebSiteMaker freigegeben. Projektleitung und Projektträger riefen die Projekte auf, Web Präsentationen ihrer Projekte zu erstellen. Die Mehrzahl der Projekte der 2004 zu Ende gegangenen dritten Förderperiode und der im selben Jahr gestarteten vierten Förderperiode haben begonnen, Web Präsentationen für ihre Projekte zu erstellen. Natürlich sind die Web Seiten der Projekte der vierten Förderperiode noch rudimentär.

Mit Math&Industry wurde der Grundstein für ein erfolgreiches Informationssystem über Projekte der angewandten Mathematik gelegt. Insbesondere die organisatorischen Strukturen müssen aber weiter ausgebaut werden, um eine kontinuierliche Weiterentwicklung und Pflege der in Math&Industry bereitgestellten Informationen und Dienste zu sichern.

Das Organisationsmodell muss dem verteilten Ansatz von Math&Industry Rechnung tragen, also die Projekte einbeziehen. Das erarbeitete Organisationsmodell ist zweischichtig:

- Informationsbeauftragte der Projekte, die für die Erstellung und Pflege der Web Sites ihrer Projekte zuständig sind und in die inhaltliche und technische Weiterentwicklung involviert werden,
- eine Zentrale, die für die technische Weiterentwicklung, die Koordinierung der lokalen Web Präsentationen und die Informationsdienste des zentralen Portals verantwortlich ist.

Ein solches Organisationsmodell setzt intakte Kommunikationsstrukturen zwischen den Projekten und der Zentrale voraus. Die Kommunikation sollte aus Gründen der Effizienz überwiegend elektronisch erfolgen.

Innerhalb des Math&Industry Projekts wurde das zentrale Portal und eine e-mail Liste für die Kommunikation der Projektleitung mit den anderen Projekten des BMBF Mathematikprogramms genutzt.

Darüber hinaus bieten sich die Veranstaltungen des BMBF Mathematikprogramms, etwa die Statusseminare, für eine kritische Bestandsaufnahme der Web Präsentation des BMBF Mathematikprogramms an.

II.2 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Das Projekt Math&Industry hat ein flexibles Konzept für die umfassende Präsentation eines ganzen Förderprogramms im Web sowie Werkzeuge für die Erstellung der Web Sites entwickelt. Das Vorhaben reiht sich an in die Kette der Aktivitäten, mit denen Fördergeber die Berichterstattung über die Fördervorhaben verbessern wollen, um so den wissenschaftlich-technischen Fortschritt in Regionen / Fachgebieten zu beschleunigen.

Das Web als Informationsquelle wird immer wichtiger. Der Ausbau des Web als umfassende Informationsressource hat mehrere Aspekte:

- quantitativ: mehr Informationen im Web
- qualitativ: inhaltlich hochwertige, gut strukturierte und maschinenauswertbare Information
- besserer Zugang: Mechanismen für einen effizienten Zugang zur Information

Das Projekt trägt zu allen aufgeführten Aspekten bei. Math&Industry bewirkt, dass die umfassenden Informationen über Projekte in strukturierter, maschinen-auswertbarer Form bereitgestellt werden und bietet einen einfachen und effizienten Zugang zur Information.

Der Aufwand, der mit dem Aufbau und der Pflege von Math&Industry verbunden ist, soll sich in einer hohen Akzeptanz der Informationsdienste bei Unternehmen aus der Industrie und dem Dienstleistungsbereich niederschlagen und letztendlich zu einer Verstärkung der Kontakte und zu mehr Projekten von mathematischen Institutionen und den Firmen führen. Die in Math&Industry bereitgestellten Informationen ermöglichen den Unternehmen eine gezielte Kontaktaufnahme und machen die Nachnutzung von Ergebnissen, die in Projekten des BMBF Mathematikprogramms erzielt worden sind, einfacher.

Insgesamt trägt Math&Industry dazu bei, Barrieren zwischen akademischen Institutionen und Firmen abzubauen und eröffnet Möglichkeiten für neue Formen der Zusammenarbeit zwischen mathematischen Forschungsinstitutionen und Unternehmen aus der Industrie und dem Dienstleistungsbereich. So könnten Projekte über die Information der in einem Projekt entwickelte Software hinaus etwa Rechenleistung zur Lösung spezieller Aufgaben anbieten.

Für die Projekte selbst hat die Web Präsentation zwei Seiten:

- Monitoring des erreichten Stands
- Bessere Sichtbarkeit und damit Werbung für die Leistungen der Gruppe, die ein Projekt bearbeitet.

Auch hier ist es denkbar, die Web Präsentation zu einer Arbeits- und Entwicklungsplattform des Projekts auszubauen, etwa durch die Bereitstellung von Daten und Software, die verschiedene Forscher- und Entwicklergruppen gemeinsam nutzen können.

Die im Projekt Math&Industry entwickelten Ansätze und Methoden lassen sich auf andere Förderprogramme und Projekte übertragen, also zu einem Standard für die Web Präsentation von Förderprogrammen und Projekten weiterentwickeln.

II.3 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens

Hier sind zwei 2 Aspekte zu berücksichtigen:

- Technische Weiterentwicklung (Weiterentwicklung des Web)

- Web Präsenz öffentlich geförderter Forschung

Zur technischen Weiterentwicklung

Internet und des Web haben in den letzten Jahren eine unglaublich dynamische Entwicklung durchlaufen, die weiter anhält. Dazu sind für das Projekt Math&Industry insbesondere die Herausbildung und die Weiterentwicklung von XML und RDF wichtig gewesen. Diese Entwicklungen, etwa XHTML, MathML, RDF wurden wie oben beschrieben, sorgfältig verfolgt und sind in das technische Konzept der Web Präsentation eingegangen. Es ist erforderlich, neue Entwicklungen im Web zu verfolgen und in Math&Industry einzuarbeiten. Eine andere wichtige Entwicklung, die gerade auch für die Informationsdienste des zentralen Portals relevant ist, betrifft die Suchmaschinentechnologien.

Gegenwärtig werden im Rahmen der Math-Net Aktivitäten eine Reihe von Public Domain Suchmaschinen evaluiert, um die Zuverlässigkeit und Präzision der Suchmaschinen zu testen.

Neue Perspektiven für die Weiterentwicklung stellen die e-Science⁴⁰ Aktivitäten dar, d.h., dass das Netz nicht nur dazu genutzt wird, Informationen und Ergebnisse der Forschung aufzubereiten, sondern Bestandteil von Forschung und Entwicklung selbst, z.B. die gemeinsame Nutzung von Daten und Rechenleistung, wird.

Zur Web Präsenz öffentlich geförderter Forschung

Mit dem Web haben sich auch die Rahmenbedingungen für wissenschaftliche Information dramatisch verändert: die Wissenschaftler sehen das Web als „die“ Informationsquelle und erwarten einen effizienten Zugang zu den Informationen. Auch die Informationen über Projekte haben in den letzten Jahren stark zugenommen. Immer mehr setzt sich die Auffassung durch, dass die öffentliche Forschungsförderung transparenter werden muss und es notwendig machen, die Ergebnisse auch der Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen

Ein wesentliches Ziel solcher Fördermaßnahmen wie dem BMBF Mathematikprogramm ist es, den Wissenstransfer zwischen akademischen Institutionen und Unternehmen der Wirtschaft und dem Dienstleistungsbereich zu stärken, und so auch die Leistungs- und Innovationsfähigkeit der Unternehmen. Der Wissenstransfer wird durch mehr und bessere Informationen direkt gestärkt.

In den letzten Jahren haben große Fördermittelgeber wie BMBF und die Deutsche Forschungsgemeinschaft, DFG, erhebliche Anstrengungen unternommen Informationen über ihre Forschungsförderung bereitzustellen. Exemplarisch seien hier erwähnt

- Förderkatalog des BMBF / BMWA ⁴¹
Der Förderkatalog bietet eine Suche in der Datenbank der Fördermaßnahmen des BMBF und der direkten Projektförderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA). In der Datenbank sind die formalen Daten der Projekte, unter anderem Förderkennzeichen, Thema, Zuwendungsempfänger, Förderzeitraum, Bewilligungssumme zu finden.
- Förderkatalog der DFG: GEPRIS ⁴²
GEPRIS ist eine Datenbank der Förderprojekte der DFG, die Informationen über aktuelle DFG Förderprojekte enthält. Neben den formalen Daten findet man hier auch eine kurze Darstellung des Inhalts der Projekte.
- Suchmaschine forschungportal.net ⁴³
Diese bietet eine Volltextsuche über die Dokumente der Server öffentlich geförderter

Forschungsinstitutionen in Deutschland. Zusätzlich werden Forschungslandkarten der wissenschaftlichen Institutionen in Deutschland angeboten.

Die Förderkataloge des BMBF und der DFG werden zentral erstellt liefern „nur“ die zweifelsohne wichtigen Daten über die Projekte, die im Falle des DFG Servers eine kurze Beschreibung des Inhalts der Projekte umfassen. Das Forschungsportal greift zwar auf die verteilt vorliegenden Informationen zurück, entwickelt aber keine Ansätze für eine Standardisierung.

Diese so zugänglichen Informationen über Forschungsprojekte sind aber nicht ausreichend. Um die Ergebnisse der Projekte öffentlich zu machen, müssen die Informationen der Projekte selbst ins Netz gestellt werden. Erst die umfassende Darstellung des Problems, seiner Lösung und der erzielten Ergebnisse eines Projekts trägt dann dazu bei, die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung schneller und auf breiterer Basis in der Industrie und Wirtschaft umzusetzen, also den „Wissenstransfer“ zwischen institutioneller und industrieller Forschung und Entwicklung voranzutreiben.

Auf der anderen Seite haben viele Institutionen bereits begonnen, Informationen über ihre Projekte in systematischer Form ins Netz zu stellen, z.B. das Fraunhofer Institut „Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen“ SCAI⁴⁴ oder das WIAS Berlin⁴⁵. Jede Einrichtung hat entsprechend ihres Profils einen spezifischen Standard für die Präsentation ihrer Projekte im Web entwickelt.

Ein einheitlicher Standard für die Darstellung und Publikation der Ergebnisse eines öffentlich geförderten Projekts schafft die Voraussetzungen für ein einheitliches Informationssystem über die öffentlich geförderte Forschung, was den Zugang zu den Informationen der Projekte sehr vereinfachen wird.

Das im Projekt Math&Industry entwickelte Konzept für eine umfassende und standardisierte Web Präsentation der Projekte des BMBF Mathematikprogramms und einem zentralen Portal ist ein erster Schritt auf diesem Weg. Natürlich ist das Konzept von Math&Industry speziell an das Profil von Projekten der angewandten Mathematik angepasst. Die Erzeugung und Auswertung experimenteller Daten etwa spielen in diesen Projekten nur eine untergeordnete Rolle.

Im Nachfolgeprojekt von Math&Industry soll untersucht werden, wie sich das in Math&Industry entwickelte Konzept und die Werkzeuge an die Inhalte und Anforderungen anderer Projekte und Förderprogramme anpassen / verallgemeinern lassen.

Die in Math&Industry entwickelten Werkzeuge stehen jetzt schon von anderen Institutionen / Förderprogrammen als Quellcode frei zur Verfügung.

II.4 Veröffentlichungen des Projekts

Die Öffentlichkeitsarbeit hatte für ein Projekt wie Math&Industry, das ja selbst wieder die Verbesserung der Öffentlichkeitsarbeit abzielt, einen hohen Stellenwert. Es ist ein längerfristiges Ziel des Projekts, zu einem Standard für die Web Präsentation von Projekten der angewandten Mathematik und evtl. auch für andere Bereiche beizutragen. Eine Akzeptanz kann aber nur dann erreicht werden, wenn die Ansätze und Konzepte breit diskutiert werden.

Deswegen wurden die Jahrestagungen der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, die Konferenzen der IuK-Initiative, die Konferenz der European Mathematical Society, aber auch

andere Tagungen wie etwa die ersten Berliner XML Tage genutzt, um die im Projekt „Math&Industry“ entwickelten Ansätze vorzustellen.

Alle Vorträge und Publikationen, die zu Math&Industry erschienen sind, sind auf dem zentralen Portal des BMBF Mathematikprogramms zu finden, siehe ⁴⁶ .

Liste der Vorträge

Roggenbuck, Robert; Sperber, Wolfram:
Math&Industry: Sharing Knowledge between Mathematics and Industry,
9. IuK-Frühjahrstagung, Osnabrück, 13.03.2003

Roggenbuck, Robert:
Mathematische Projekte im Web: Wissen für Industrie und Dienstleistungen,
Vortrag auf der DMV Jahrestagung, Rostock 2003, Minisymposium "Mathematik und Internet", 17.09.2003

Roggenbuck, Robert; Sperber, Wolfram:
Math&Industry - wie präsentiert man Projekte der angewandten Mathematik im Web?,
Berliner XML Tage 2003, 15.10.2003

Roggenbuck, Robert; Schwänzl, Roland; Sperber, Wolfram:
Math&Industry - ein Portal für Projekte der angewandten Mathematik »Wie AnwenderInnen und MathematikerInnen zueinander finden«,
10. IuK-Frühjahrstagung in Darmstadt, 17.03.2004

Roggenbuck, Robert; Sperber, Wolfram:
Knowledge transfer between Mathematics and Industry via the web: the Math&Industry Initiative,
Workshop “New Developments in Electronic Publishing”,
Fourth European Congress of Mathematics, Stockholm 2004, 24.06.2004,

Über das Projekt „Math&Industry“ wurden bisher zwei Artikel veröffentlicht:

Roggenbuck, Robert; Sperber, Wolfram:
Math&Industry - wie präsentiert man Projekte der angewandten Mathematik im Web?"
Proceedings Berliner XML Tage, Berlin, 2003

Roggenbuck, Robert; Sperber, Wolfram:
Knowledge transfer between Mathematics and Industry via the web: the Math&Industry Initiative
Proceedings des Workshops “New Developments in Electronic Publishing”
4. European Congress of Mathematics, Stockholm, 2004

Referenzen

- ¹ HoffmannJägerLohmannSchunck1997
Hoffmann, K.-H.; Jäger, W.; Lohmann, T.; Schunck, H.:
MATHEMATIK Schlüsseltechnologie für die Zukunft, Springer-Verlag, 1996, ISBN 3-540-61677-2
- ² JägerKrebs2004:
Jäger, Willi; Krebs, Hans-Joachim:
MATHEMATICS Key Technology for the Future, Springer-Verlag, 2003, ISBN 3-540-44220-0
- ³ WebSiteMaker
http://soft-pc3.zib.de/create_website
- ⁴ Das zentrale Portal von Math&Industry:
<http://www.mathematik-21.de>
- ⁵ Math-Net
<http://www.math-net.org>
- ⁶ Math-Net Descriptors
<http://www.iwi-iuk.org/material/RDF/1.1/descriptor/mnd.rdf>
- ⁷ XML
<http://www.w3c.org/XML>
- ⁸ RDF
<http://www.w3c.org/RDF>
- ⁹ Konzept für die Web Präsentationen der Projekte
<http://soft-pc3.zib.de/MathInd/HelpFiles/konzept.html>
- ¹⁰ Definition Kategorie (Wikipedia, Stand vom 11.1.2005)
http://de.wikipedia.org/wiki/Kategorie_%28Klassifikation%29
- ¹¹ MSC
<http://www.ams.org/msc/>
- ¹² ZDM
<http://www.mathematik.uni-osnabrueck.de/projects/zdm/>
- ¹³ CCS
<http://www.acm.org/class/1998/>
- ¹⁴ PACS
<http://publish.aps.org/PACS/pacsgen.html>
- ¹⁵ GAMS
<http://gams.nist.gov/Classes.html>
- ¹⁶ Hilfeseiten für Inhalte und Erstellung der Untergruppen
<http://soft-pc3.zib.de/MathInd/HelpFiles/>
- ¹⁷ XHTML
<http://www.w3c.org/MarkUp/>
- ¹⁸ Well-formed XML
<http://www.w3.org/TR/REC-xml/#sec-well-formed>
- ¹⁹ W3C
<http://www.w3c.org>
- ²⁰ MathML
<http://www.w3c.org/Math/>
- ²¹ Amaya
<http://www.w3c.org/Amaya/>
- ²² HERMES
<http://www.aei.mpg.de/hermes/>
- ²³ Tex4Moz
<http://pear.math.pitt.edu/mathzilla/tex4moz.html>
- ²⁴ itex2mml
<http://pear.math.pitt.edu/mathzilla/itex2mml.html>
- ²⁵ Modularisierungskonzept von XHTML
<http://www.w3.org/TR/xhtml-modularization/>
- ²⁶ XML Schema
<http://www.w3.org/2001/XMLSchema>
- ²⁷ Resource Class Pool
<http://www.iwi-iuk.org/material/RDF/Schema/Class/iwi.html>
- ²⁸ Property Pool
<http://www.iwi-iuk.org/material/RDF/Schema/Property/iwip.html>

-
- ²⁹ Class Schem for Science Fields
<http://www.iwi-iuk.org/material/RDF/Schema/Class/scf.html>
- ³⁰ Klassifikationsschema für Software
<http://www.iwi-iuk.org/material/RDF/Schema/Class/swt.html>
- ³¹ Schema Förderschwerpunkte des BMBF Mathematikprogramms:
<http://www.iwi-iuk.org/material/RDF/Schema/Class/FundingPrograms.html>
- ³² Klassifikationsschema der Expertisegebiete derv angewandten Mathematik
<http://www.iwi-iuk.org/material/RDF/Schema/Class/expf.html>
- ³³ Semantic Web Activity
<http://www.w3.org/2001/sw/>
- ³⁴ XML Namespaces
<http://www.w3.org/TR/REC-xml-names/#nsc-NSDeclared>
- ³⁵ Nutzung von RDF mit XHTML
<http://www.w3c.org/TR/rdf-syntax-grammar/#section-Serialising>
- ³⁶ RDF in XHTML
<http://infomesh.net/2002/rdfinhtml/>
- ³⁷ Verwendete Metadatenvokalulare und Klassifikationsschemata in Math&Industry
<http://www.mathematik-21.de/software/software.shtml#metadaten>
- ³⁸ Validator das W3C zum Überprüfen von RDF Code
<http://www.w3.org/RDF/Validator/>
- ³⁹ Startseite des WebSiteMakers
http://soft-pc3.zib.de/create_website
- ⁴⁰ BMBF: e-Science Ausschreibung
<http://www.bmbf.de/de/3179.php>
- ⁴¹ Förderkatalog des BMBF/BMWA
<http://oas2.ip.kp.dlr.de/foekat/foekat/foekat>
- ⁴² GEPRIS- der Förderkatalog der DFG
<http://www.dfg.de/gepris/index.html>
- ⁴³ Suchmaschine forschungportal.net:
<http://www.forschungsportal.net/>
- ⁴⁴ Projekte des Fraunhofer SCAI
<http://www.scai.fraunhofer.de/33.0.html>
- ⁴⁵ WIAS Projektforschung
<http://www.wias-berlin.de/main/research/overview/index.html.de>
- ⁴⁶ Publikationen über das Projekt „Math&Industry“
<http://www.mathematik-21.de/publications.shtml>