

Brix, Torsten ; Döring, Ulf; Trott, Sabine :

DMG-Lib: ein moderner Wissensraum für die Getriebetechnik

Zuerst erschienen in:

Knowledge eXtended : die Kooperation von Wissenschaftlern,
Bibliothekaren und IT-Spezialisten ; 3. Konferenz der
Zentralbibliothek 2.-4. November 2005 Jülich ; Vorträge und Poster /
[Hrsg.]: Forschungszentrum Jülich, Zentralbibliothek,
Jülich : Forschungszentrum Jülich, 2005

ISSN 1433-5557

ISBN 3-89336-409-9

S. 251-262

DMG-Lib: ein moderner Wissensraum für die Getriebetechnik

Torsten Brix, Ulf Döring, Sabine Trott; Ilmenau

Abstract

Mechanismen sind unverzichtbare Bestandteile technischer Produkte in zahlreichen Branchen. Das darüber vorhandene Wissen liegt weltweit verstreut in unterschiedlichen Formen vor und ist für Entwickler, Wissenschaftler und Studierende oft schwer oder nur unvollständig zugänglich.

Der Artikel beschreibt die im Aufbau befindliche Digitale Mechanismen- und Getriebebibliothek (DMG-Lib), mit deren Hilfe dieses Wissen zusammengetragen und in nutzgerechter Form als digitale Dokumente, angereichert durch moderne Verfahren der Animation und Simulation, bereitgestellt wird. Dabei werden heterogene Quellen wie Literatur, gegenständliche Modelle und Lehrmaterialien für das genannte Wissensgebiet nach einem einheitlichen Standard erschlossen. Neben der TU Ilmenau arbeiten die getriebetechnischen Lehrstühle der RWTH Aachen und der TU Dresden am Projekt mit.

Notwendigkeit und Zielstellung der DMG-Lib

Schon Mitte des 19. Jahrhunderts begann vor allem in Deutschland die systematische Untersuchung von Mechanismen und Getrieben. Die Notwendigkeit hierfür ergab sich aus dem großen Forschungs- und Lehrbedarf, der vor dem wirtschaftlichen Hintergrund des schnell wachsenden deutschen Maschinenbaus entstand. Besonders hervorzuheben sind die theoretischen Überlegungen und praxisnahen Arbeiten des deutschen Ingenieurs F. Reuleaux [z. B. Reuleaux 1875], der mehr als 1000 Getriebeanordnungen ausführlich beschrieb sowie eine international bekannte Getriebeausammlung von über 800 Funktionsmodellen aufbaute, die während des Zweiten Weltkrieges zu großen Teilen verloren ging. Ihm folgten mit bahnbrechenden Arbeiten u. a. L. Burmester [Burmester 1888], M. Grübler, A. Schönflies und H. Alt [Grübler 1917]. Nach dem Zweiten Weltkrieg setzten u. a. W. Lichtenheldt [Lichtenheldt 1961] in Dresden, R. Beyer in München, A. Bock [Bock 1959] in Ilmenau und W. Meyer zur Capellen [Meyer] in Aachen die Arbeiten fort. An deutschen Hochschulen und Universitäten gibt es momentan nur noch 12 Lehrstühle mit dem Schwerpunkt Getriebe- und Mechanismentechnik, die trotzdem den internationalen Stand der Technik durch ihre hervorragenden Forschungstätigkeiten entscheidend mitprägen. Neben dem Lösen kinematischer und dynamischer Problemstellungen bilden Getriebe und Mechanismen mit mehreren Antrieben, seriellen und parallelen Strukturen, gesteuerten Verstelleinrichtungen, nachgiebigen Elementen sowie in

Miniatur- und Mikrobauweise die neuen Untersuchungsobjekte in der Mechanismen- und Getriebetechnik. Dabei kommen u. a. auch Methoden aus den Fachgebieten Maschinenelemente, Konstruktions-, Feinwerk-, Medizin-, Antriebs-, Mess- und Regelungstechnik zur Anwendung. Immer mehr werden Getriebe und Mechanismen als integrale Bestandteile mechatronischer und biomechanischer Bewegungssysteme eingesetzt. Die Bedeutung der Getriebetechnik wird auch durch die Einführung neuer Technologien, wie z. B. der Nanotechnologie, in Zukunft stark zunehmen, da sich neue Anwendungsfelder erschließen.

Obwohl das Wissen über die Mechanismen- und Getriebetechnik nicht nur für den Maschinenbau unentbehrlich ist, können in der Lehre im Allgemeinen nur elementare Grundlagen zur Struktur, Analyse und Synthese von Getrieben und Mechanismen vermittelt werden. Dies wird sich auch nicht ändern, da das Aufgabenspektrum zukünftiger Ingenieure im Bereich Maschinenbau durch neue Technologien und Entwicklungen immer breiter und interdisziplinärer wird. Allein die Computer- und Informationstechnik nimmt mittlerweile einen großen Stundenumfang bei der Ausbildung von Maschinenbau-Ingenieuren ein.

Das vorhandene, umfangreiche getriebetechnische Wissen steht der Öffentlichkeit nur stark eingeschränkt und örtlich weit verstreut zur Verfügung. Es entspricht nicht den heutigen Anforderungen an schnelle Informationsgewinnung. Die zugängliche Fachliteratur (Fachbücher, Fachzeitschriften, Getriebeatlanten, Fachaufsätze etc.) genügt in Inhalt, Umfang und Medium nur noch selten heutigen Ansprüchen. Sehr alte, einzigartige, in nur wenigen Ausgaben vorhandene und der Öffentlichkeit nicht zugängliche Wissensbestände müssen erschlossen, digital aufbereitet und zusammenggeführt werden. Hinzu kommt ein immer größer werdender Druck seitens der Industrie, aber auch von Forschungseinrichtungen, auf Kenntnisse über Mechanismen und Getriebe in ihrer gesamten Breite internetbasiert zugreifen zu können, da ausgewiesene Getriebeexperten nicht mehr ausgebildet werden und somit die Anfragen an die entsprechenden Fachgebiete der Hochschulen und Universitäten nicht mehr im vollen Umfang bedient werden können.

Die Bewahrung des erreichten Wissenstandes und der didaktischen Erfahrungen bei der Wissensvermittlung auf dem Gebiet der Mechanismen- und Getriebetechnik ist von sehr großer Bedeutung, da, wie sich in den letzten Jahren zeigte, die Gefahr groß ist, dass mit dem Ausscheiden von Professoren dieses Wissen verloren geht. Zudem werden durch Sparmaßnahmen Lehrstühle mit unterschiedlichen Schwerpunkten zusammengelegt. Als Folge gehen häufig didaktisch wertvolle Lehrmaterialien verloren. Ein Ausweg ist die Sammlung und Veröffentlichung von Lehrmaterialien auf einer geeigneten Internet-Plattform. Diese Plattform sollte auch die Möglichkeit eröffnen, aktuelle Forschungsergebnisse weltweit zu publizieren. Die Forschung und Lehre in den unterschiedlichsten Ingenieurdisziplinen würde durch die Zusammenstellung des Wissens auf dem Gebiet der Mechanismen- und Getriebetechnik mit allen nötigen Querverweisen mit Sicherheit profitieren.

Aus den genannten Gründen begann im Jahre 2004 der Aufbau einer weltweit zugänglichen, digitalen Bibliothek für die Mechanismen- und Getriebetechnik, die den schleichenden Wissensverlust aufhalten soll. Das Ziel der DMG-Lib besteht in der Sammlung, Bewahrung, Systematisierung, Vernetzung und geeigneten Präsentation des umfangreichen Wissens über Mechanismen und Getriebe. Dabei geht es nicht nur um die Bereitstellung von Textdokumenten und Bildern, sondern auch um die Berücksichtigung computergestützter Funktionsmodelle, die in körperlicher Form als Unikate zu Tausenden existieren und der Öffentlichkeit nur sehr eingeschränkt oder überhaupt nicht zugänglich sind. Die Arbeiten werden von der DFG im Rahmen der Förderinitiative „Leistungszentren für Forschungsinformation“ max. mit 2,5 Millionen Euro über fünf Jahre aufgeteilt in zwei Phasen (2 Jahre und 3 Jahre) finanziert. An der TU Ilmenau arbeiten im Rahmen des Projektes die Fachgebiete Konstruktions-technik, Getriebetechnik, Grafische Datenverarbeitung und Medienproduktion mit der Universitätsbibliothek, dem PATON und dem Universitätsrechenzentrum zusammen. Zudem sind die Getriebelehrstühle der RWTH Aachen und der TU Dresden als Projektpartner am Gesamtvorhaben beteiligt.

Konzept der DMG-Lib

Das umfangreiche, mitunter schon Jahrhunderte alte Wissen über Mechanismen und Getriebe ist heute stark verstreut, teilweise schwer zugänglich und entspricht auch durch die Form seiner Hinterlegung (insbesondere als Text und Bild) nicht den heutigen Anforderungen an eine schnelle Informationsgewinnung. Noch heute sind statische Texte und Bilder die vorherrschenden Formen, in denen technisches Wissen für die Öffentlichkeit formuliert wird, obwohl schon sehr frühzeitig die Bedeutung funktionsfähiger Modelle erkannt wurde. Mittlerweile sind jedoch die technischen Voraussetzungen gegeben, um z. B. gegenständliche Anschauungsmodelle einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

So erlauben computergestützte Methoden, die Abbildung funktionaler und anderer Eigenschaften von Mechanismen und Getrieben effizient zu realisieren, zu verbreiten und als multimediale Dokumente mit zusätzlichen Informationen, Analyseergebnissen, Animationen, Querverweisen etc. zu versehen [Döring 2005]. Solche Dokumente können mit problemorientierten Suchkriterien effizient abgerufen werden. Somit wird der Übergang von einer statischen zu dynamisch-problemorientierten Bereitstellung von Wissen für ein breites Anwendungsfeld erreicht. Das Leistungszentrum soll diesen Wandel gezielt vorantreiben und auch selbst zu einem Wissensspeicher für die Mechanismen- und Getriebetechnik und angrenzende Ingenieurdisziplinen werden.

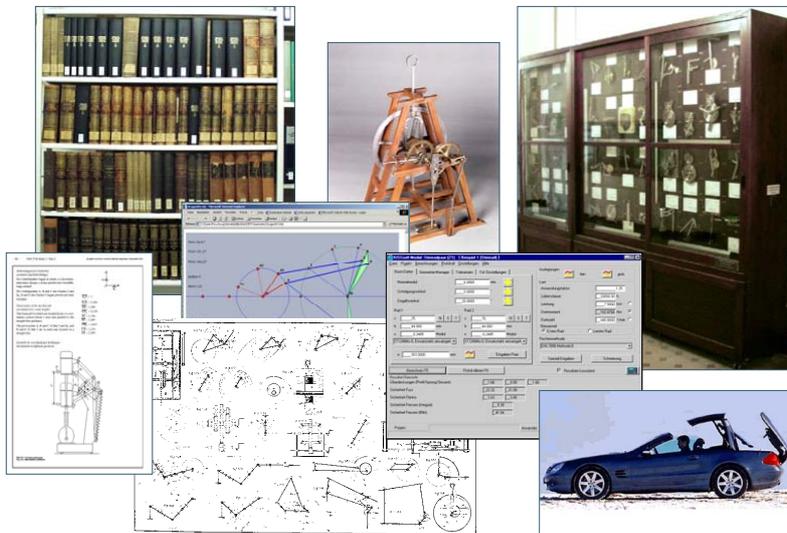


Abbildung 1: Beispiele von Quellen für die DMG-Lib

Durch Digitalisierung und internet-basierte Bereitstellung kann zwar der Zugriff auf die einzelnen Dokumente verbessert werden, eine zielorientierte, nutzerangepasste und damit effiziente Lösungsfindung zu getriebetechnischen Aufgabenstellungen vor allem aus Forschung und Lehre wird so jedoch nicht unterstützt. Deshalb bilden umfangreiche Digitalisierungsarbeiten, wie sie bei vielen Projekten im Vordergrund stehen, nur notwendige Vorarbeiten für die Schaffung eines Leistungszentrums für Forschungsinformation.

Um dem genannten Ziel gerecht zu werden, muss mehr als nur eine Sammlung von digitalisierten Dokumenten oder Links auf relevante Seiten im Internet angeboten werden. Die neue Qualität der Bibliothek besteht insbesondere darin, die Vielzahl von Beschreibungen getriebetechnischer Lösungen, die in den unterschiedlichsten Beschreibungsformen (verbal, analytisch, grafisch, gegenständlich) vorliegen, jeweils zu abstrahieren und in einem einheitlichen Datenformat zu speichern. Die Abstraktion besteht im Ermitteln des technischen Prinzips. Durch die einheitliche Beschreibung einer großen Menge technischer Prinzipien und die darauf aufbauenden Analysen sowie die systematische Speicherung der Ergebnisse wird ein Wissensspeicher aufgebaut, der sich sehr effizient nach geeigneten Lösungen durchsuchen lässt. Dies ist besonders wichtig für diejenigen Nutzer, die auf der Suche nach Lösungen eines bestimmten getriebetechnischen Problems sind.

Hieraus ergeben sich weitere Zielstellungen der DMG-Lib, die sich wie folgt zusammenfassen lassen:

- constraint-basierte Modellierung von Getrieben und Mechanismen als Ausgangsbasis für die Generierung weiterer Beschreibungsformen [Döring 2005],
- Bereitstellung unterschiedlicher Beschreibungsformen (verbal, analytisch, bildlich) für Mechanismen und Getriebe zur Sicherstellung der Anpassbarkeit und somit der allgemeinen wie auch längerfristigen Nutzbarkeit:
 - verbale Beschreibung von Verwendungszweck und Nutzen,
 - Pixelbild für visuellen Eindruck,
 - animiertes Pixelbild, Java-Animation, Flash-Animation, VRML vornehmlich zum Erkennen des kinematischen Verhaltens,
 - andere Beschreibungen zur Kopplung mit vorhandenen Analyse-, Synthese- und Optimierungsprogrammen,
 - constraint-basierte Beschreibung,
- plattformübergreifende Repräsentation im Internet für eine breite Öffentlichkeit in unterschiedlichen und auch anpassbaren Formen speziell für Lehre, Selbststudium, Forschung und Produktentwicklung,
- Aufbau von Wissensbasen, die eine Strukturauswahl bzw. Typsynthese unterstützen,
- Bereitstellung automatischer Zugriffsmöglichkeiten auf die Bibliotheksinhalte durch Nutzung unterschiedlichster, anwendungsbezogener Deskriptoren / Metadaten (z. B. über einen OAI-PMH Service) und
- Unterstützung der Forschung und Entwicklung besonders bei Synthese- und Optimierungsproblemen.

Das Vorgehen von der Auffindung relevanter Quellen bis zu deren Bereitstellung im Internetportal der DMG-Lib zeigt Abbildung 2.

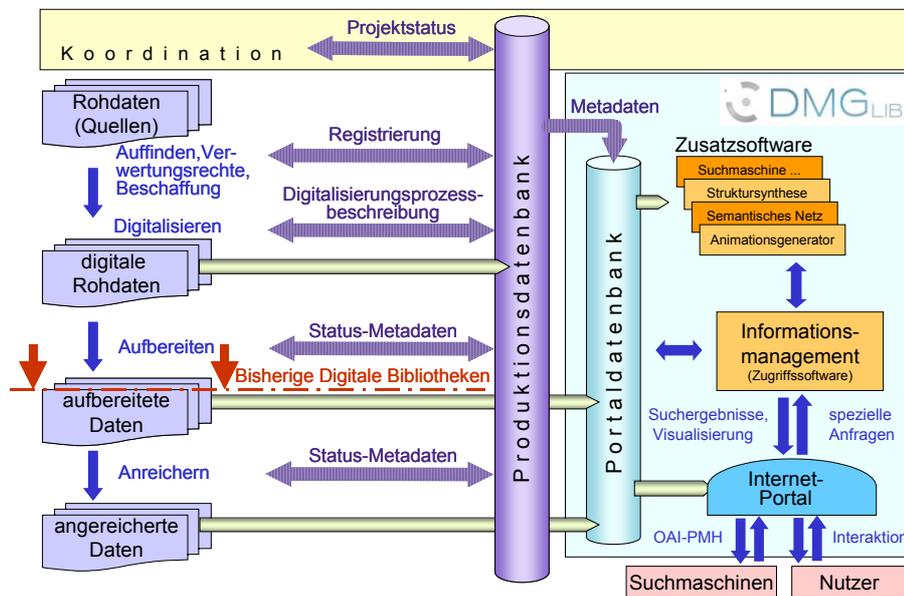


Abbildung 2: Konzept der Aufbereitung der Quellen für das Internetportal der DMG-Lib

Die Quellen der DMG-Lib (Abbildung 1) sind sehr umfangreich und verschiedenartig. Sie umfassen z. B. Funktionsmodelle, Getriebekataloge, technische Reporte, Forschungsberichte, Fachbücher, Fachaufsätze, Videos, Fotos etc.

Diese Originalquellen werden beschafft, digitalisiert und in geeignete Formate konvertiert. Im Gegensatz zu vielen anderen Projekten im Bereich digitaler Bibliotheken, die lediglich die digitalen Rohdaten zugänglich machen, erfolgt im vorliegenden Projekt die sehr wichtige Phase der Aufbereitung und Anreicherung der digitalen Rohdaten mit Zusatzinformationen wie beispielsweise verbalen Beschreibungen, animierten Abbildungen oder constraint-basierten Modellen. Somit lassen sich Bewegungsvorgänge der Mechanismen erkennen und weitergehende Simulationen sowie Analysen vornehmen. Darüber hinaus wird die Nutzung der constraint-basierten Modelle in externen Analyse-, Synthese- und Optimierungsprogrammen möglich sein. Nur so kann ein zielorientierter und effizienter Zugriff auf die Inhalte der DMG-Lib gewährleistet werden.

Über ein Internetportal erfolgt der Zugriff auf die digitale Bibliothek, die es Forschern, Konstrukteuren, Studierenden und sonstigen Interessierten ermöglicht, im gesamten Wissensgebiet unter verschiedensten Aspekten recherchieren zu können.

Realisierung

Für die Realisierung dieses anspruchsvollen Konzeptes ist eine konsequente Zusammenarbeit von Getriebefachleuten, IT-Spezialisten und Bibliothekaren notwendig. Nur dadurch ist es möglich, das fachspezifische, heterogene Quellenmaterial nutzergerecht zu sammeln, aufzubereiten und zur Verfügung zu stellen.

Aufbereitung des Quellenmaterials

Folgendes Quellenmaterial wird verwendet:

- Literatur aus dem Bereich der Mechanismen- und Getriebetechnik (Monographien, Zeitschriftenaufsätze), die aus verschiedenen Bibliotheken und Privatsammlungen beschafft wird,
- körperliche Getriebemodelle der TU Dresden und der RWTH Aachen,
- Photos und Dias von Getrieben, die bei den Projektpartnern vorhanden sind,
- technische Darstellungen (Skizzen, technische Entwürfe, technische Prinzipien) und Berechnungsvorschriften,
- Lehrmaterialien der am Projekt beteiligten Lehrstühle.

Diese Materialien werden digitalisiert und aufbereitet.

So werden z. B. die Literaturquellen mit 300 dpi Auflösung und 256 Graustufen als TIFF-Dateien abgelegt. Für die Erfassung in der Produktionsdatenbank werden Dublin Core Metadaten verwendet [Dublin Core]. Zusätzlich zu diesen Metadaten erfolgt eine Klassifikation der Dokumente nach getriebetechnischen Gesichtspunkten.

Zur Aufbereitung der gescannten Rohdaten ist eine Struktur-/Layout- und Texterkennung erforderlich. Für die Erkennung der physikalischen Struktur (Textblöcke, Bilder usw.) sowie der Textzeichen wird die kommerzielle Software ABBYY-Finereader benutzt, die in ein selbst entwickeltes Applikationsgrundgerüst mit dem Namen AnAnAS (**An**alyse-**An**reicherungs-**A**ufbereitungs-**S**oftware) integriert wurde (Abbildung 3). Die Identifizierung der logischen Struktur (Überschriften, Bildunterschriften) erfolgt zunehmend automatisiert über eine Software, die im Rahmen des Projektes entwickelt wird. Die Speicherung der Metadaten durch AnAnAS basiert auf dem METS-Standard [METS]. Hierbei werden verschiedene Metadaten kodiert: administrative (z. B. wer hat das Dokument gescannt und woher kommen die Daten), deskriptive (z. B. Dublin Core) und strukturelle (Verknüpfung der Inhalts- mit den Metadaten, z. B. Inhalts- und Abbildungsverzeichnis). Im Ergebnis der Struktur-/Layouterkennung wird die logische Seitenstruktur in XML-Dateien gespeichert.

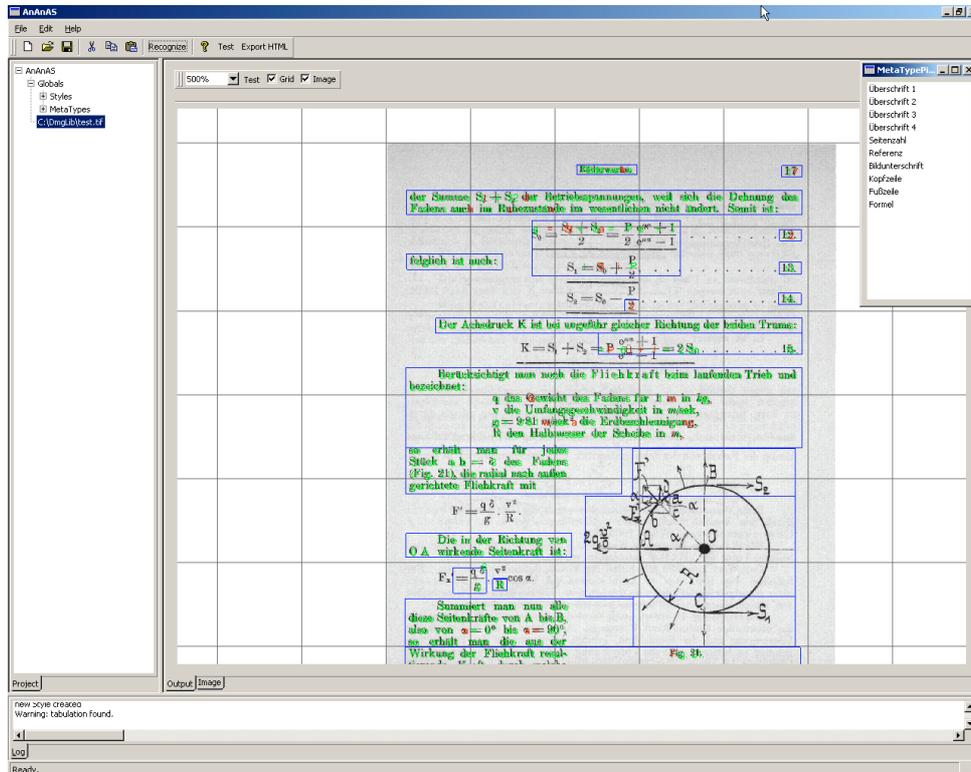


Abbildung 3: Ergebnis der Layoutanalyse in AnAnAS – Text der Seite mit gescanntem Hintergrundbild

Für die Anreicherung der gescannten Dokumente wird ein Animationsgenerator sowie der Export in CAD-/Analysesoftware entwickelt. Grundlage für den Export bzw. die Animationserstellung bildet jeweils ein XML-basiertes Dateiformat zur Beschreibung der abgebildeten Mechanismen [Döring 2005]. Diese abstrakte Modellbeschreibung liefert auch eine Vielzahl von Suchkriterien, zum Teil direkt (z.B. die Anzahl der verwendeten Bauteile), zum Teil aber auch indirekt über eine Simulation und die Analyse der Simulationsergebnisse. So lassen sich Informationen über die Eigenschaften generieren, die sich auf die Funktion der Getriebe beziehen (z.B. das Übertragungsverhalten), was eine problemorientierte Suche wesentlich unterstützt. Zu einzelnen Modellen, Videos, Bildern und Literaturstellen können durch Getriebe-fachleute Beschreibungen, Querverweise und Kommentare gegeben werden. Bzgl. der Anreicherung der Literatur ist diese Funktionalität Teil von AnAnAS. Für die anderen Quellen erfolgen Eintragungen direkt über die Benutzungsschnittstelle der Produktionsdatenbank.

Eine erste Modelldatenbank wurde mit MySQL realisiert. Gemeinsam mit allen Projektpartnern wurde die Struktur der Datenbank erarbeitet, um sicherzustellen,

dass alle notwendigen Metadaten (für alle heterogenen Quellen) erfasst werden und so der Datenbestand zur Bearbeitung erweiterter Suchanfragen auf dem DMG-Lib-Server herangezogen werden kann.

Portal

Das Portal bildet die internetbasierte Verbindung zwischen den Nutzern und der DMG-Lib. Für die benutzergerechte Konzeption und Umsetzung des Internetportals erfolgt auch eine Evaluierung der Usability, die sich formal an dem von Deborah Mayhew entwickelten Usability Engineering Lifecycle [Mayhew 1999] orientiert. Dieser ist für die Konzeption der DMG-Lib-Portals sehr gut geeignet, da er speziell auf Prozesse der Softwareentwicklung zugeschnitten ist. Er spezifiziert Aufgaben und Techniken des Usability Engineering in einem iterativen Prozess und beschreibt damit eine Folge logisch zusammenhängender Aktivitäten zum Erreichen der Usability, die als Vorlage für die sich anschließende programmtechnische Umsetzung dienen.

Mit einer Anforderungsanalyse und Experteninterviews wurde ein konzeptionelles Modell unter Berücksichtigung der zu integrierenden Quellen entworfen und ein Demonstrator (High Fidelity Prototyp) des konzeptionellen Modells des Portals erstellt. Ferner wurden Screen Design Standards entwickelt und Screen Design Prototypen umgesetzt (Abbildung 4).

Parallel zur interaktiven Suche bzw. dem interaktiven Browsen durch die Getriebesammlung bietet ein OAI-PMH Service Zugriff auf den Bestand der DMG-Lib.

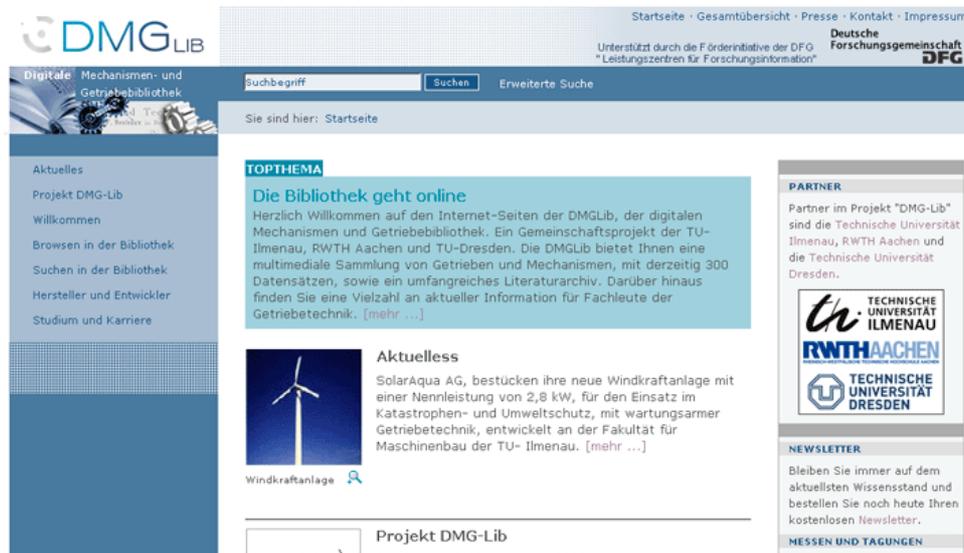


Abbildung 4: Startseite des Internetportals

Weitere Applikationen

Parallel zur Entwicklung des User Interface des Internetportals der DMG-Lib entstehen derzeit weitere Applikationen, die in das Interportal eingebunden werden und z. B. unterschiedliche Zugänge zur DMG-Lib erlauben, wie ein Zeitstrahl und ein virtueller Rundgang in der Getriebesammlung.

Der Zeitstrahl enthält die Möglichkeit, über historisch bedeutende Persönlichkeiten aus der Getriebe- und Mechanismentechnik und deren Werke auf die Inhalte der Bibliothek zugreifen zu können. Er wird als interaktive, multimediale Applikation in das Internetportal integriert.

Weitere Arbeiten betreffen die zweckmäßige Visualisierung von Getriebeklassen unter verschiedenen Aspekten, wie z. B. strukturelle oder funktionale, die für den Nutzer der DMG-Lib frei wählbar sind. Dabei werden u. a. Einteilungen nach Reuleaux [Reuleaux 1875] oder der IFToMM (International Federation for the Theory of Machines and Mechanisms) [IFToMM] sowie anderer Autoren und Expertengruppen berücksichtigt. Dem Nutzer soll die Visualisierung von Getrieben helfen, nach unterschiedlichen Kriterien die Getriebewelt zu ordnen und einen systematischen Überblick über die Vielzahl der Getriebe zu erhalten. Das Problem liegt dabei im Aufstellen der Klassifikationen und anderer begrifflicher Abhängigkeiten, da unter den Experten der Getriebetechnik unterschiedliche Meinungen und Ansichten existieren. Hierzu erfolgen auch Untersuchungen zum Einsatz semantischer Netze.

Verflechtung mit anderen Digitalisierungsprojekten

Das Projekt DMG-Lib hat seine Aufnahme ins und seine Mitarbeit am Projekt „Portal digitalisierter Drucke“ [PDD] signalisiert. Dazu wurde der Kontakt mit einem der Ansprechpartner (Verbundzentrale des GBV) aufgenommen.

Zusammenfassung und Ausblick

Ziel des DFG-Projektes DMG-Lib ist der Aufbau eines Leistungszentrums für Forschungsinformation zur Sammlung, Systematisierung, Sicherung und geeigneten Repräsentation von Information und Wissen aus der Mechanismen- und Getriebetechnik als digitale, interaktive Bibliothek.

Wesentliche Qualitätsmerkmale des Projektes sind die Erfassung heterogener Quellen in einheitlichem Datenformat, die Aufbereitung und Anreicherung der digitalen Rohdaten mit Zusatzinformationen wie verbalen Beschreibungen, animierten Abbildungen oder constraint-basierten Modellen sowie die benutzergerechte Konzeption und Umsetzung des DMG-Lib-Internetportals.

Die Freischaltung des Internetportals mit einer repräsentativen Quellenauswahl ist für den 1.2.2006 geplant [DMG-Lib].

Literatur und Quellen

- [Bock 1959] Bock, A.: *Grundlagen der Getriebelehre* (Sonderdruck aus dem *Werkleiter-Handbuch*). – Ilmenau, 1959
- [Burmester 1888] Burmester, L.: *Lehrbuch der Kinematik*. – Berlin, 1888
- [DMG-Lib] *Digitale Mechanismen- und Getriebebibliothek*. – <http://www.dmg-lib.de>
- [Döring 2005] Döring, U.; Brix, T. und Reeßing, M.: *Application of Computational Kinematics in the Digital Mechanism and Gear Library DMG-Lib*, CD-ROM Proceedings of CK 2005, International Workshop on Computational Kinematics. – Cassino (Italien), 2005
- [Dublin Core] *The Dublin Core Metadata Initiative*. – <http://dublincore.org>
- [Grübler 1917] Grüber, M.: *Getriebelehre - Eine Theorie des Zwangslaufs und der eigenen Mechanismen*. – Berlin, 1917
- [IFTtoMM] *IFTtoMM dictionaries online (German)*
<http://www.ocp.tudelft.nl/tt/cadom/IFTtoMM/web/online/1031.html> (Stand 28.7.2005)
- [Lichtenheld 1961] Lichtenheld, W.: *Konstruktionslehre der Getriebe*. – Berlin 1961
- [Mayhew 1999] Mayhew, Deborah J.: *The Usability Engineering Lifecycle*. – San Francisco, 1999
- [METS] *Metadata Encoding and Transmission Standard* – The Library of Congress, 2005 – <http://www.loc.gov/standards/mets> (Stand 28.7.2005)

[Meyer] Institut für Getriebetechnik und Maschinendynamik, Aachen –
<http://www.igm.rwth-aachen.de/deutsch/forsveroeffentlichungen/index.php>
(Stand 28.7.2005)

[PDD] *Portal Digitalisierte Drucke* – <http://selene.hbz-nrw.de/pdd> (Stand 28.7.2005)

[Reuleaux 1875] Reuleaux, F.: *Lehrbuch der Kinematik*. – Braunschweig, 1875