

Informationsgewinnung durch die Digitale Mechanismen- und Getriebebibliothek

Prof. Dr. rer. nat. habil. Karl-Heinz Modler, Dr.-Ing. Song Lin, Dipl.-Inf. Sven Klemm

Zusammenfassung

Digitale Informationen sind durch das Internet sekundenschnell weltweit und verlustfrei verfügbar – damit diese Vorteile auch auf die Informationen und das Wissen über Mechanismen und Getriebe zutreffen, wurde das Projekt DMG-Lib (Digitale Mechanismen- und Getriebebibliothek) geschaffen. Die heterogenen Ausgangsdaten werden dadurch zum einen gesichert sowie erweitert und zum anderen unter Verwendung etablierter Präsentationsformate jedem zugänglich. Darüber hinaus werden die Informationen untereinander semantisch vernetzt und sind interaktiv erweiterbar.

Abstract

Digital information is available immediately worldwide without any loss due to the internet – to make good use of these benefits for information and knowledge about mechanisms the project DMG-Lib (digital mechanism and gear library) was established. On the one hand the heterogeneous source data are saved and supplemented and on the other hand, it is accessible by everyone by using mainstream formats for presentation. Furthermore, the information is semantically connected among one another and extensible through interaction.

Inhaltsübersicht

1. Portrait der Digitalen Mechanismen- und Getriebebibliothek
2. Getriebemodellsammlung und Datenbank
3. Softwareeinsatz im Projekt
4. Beispiele der Integration: Zeitstrahl, virtuelles Museum und Literatur

1 Portrait der Digitalen Mechanismen- und Getriebelbibliothek

Mit JOHANN ANDREAS SCHUBERT, dem Erfinder der ersten deutschen Dampflokomotive, war ein praxisverbundener Lehrer an der damaligen Technischen Bildungsanstalt Dresden tätig. Für die Wissensvermittlung setzte er u.a. Getriebemodelle ein, die von dem Modelltischler JOHANN GOTTLIEB REHME aus Zedernholz, Messing und Eisen gefertigt wurden. Die ältesten Modelle stammen aus den Jahren 1829 und 1834 – aus der einstigen Sammlung sind heute noch neun, so genannte SCHUBERT-Modelle, verblieben. Im Laufe der Jahre wurden weitere Modelle, teilweise aus Metall oder derzeit aus Plexiglas, geschaffen (siehe Abbildung

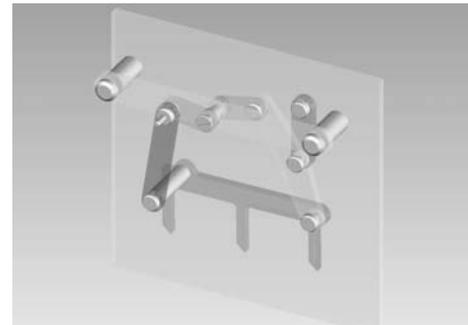
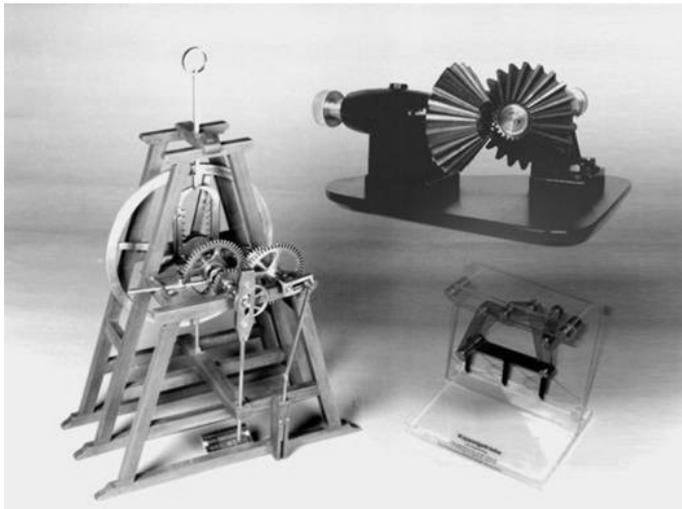


Abbildung 2: CAD-Modell

Abbildung 1: Getriebemodelle – Schubert-, Metall- und Plexiglasmodell (v.l.n.r.)

1).

Ebenso wie diese Modelle existiert historische Literatur und darin enthaltenes wertvolles Wissen (Grundlagen und Erfahrungen), das es zu bewahren gilt. Keineswegs gab und gibt es nur in Dresden derartige Sammlungen, sondern auch an der TU Ilmenau, der RWTH Aachen, der TU Braunschweig, der Cornell University, um einige zu nennen.

Damit dieses Wissen, welches zur Zeit lokal verfügbar ist, in seinen verschiedenen Ausprägungen (Lehrbücher, Fachartikel, Getriebeatlant, Getriebemodelle usw.) gesichert, nutzerfreundlich und aktuellen Anforderungen gerecht bereitgestellt wird, wurde das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Projekt „Digitale Mechanismen- und Getriebelbibliothek (DMG-Lib)“ ins Leben gerufen. In diesem Projekt arbeiten, unter der Führung Ilmenaus, die TU Ilmenau, die RWTH Aachen und die TU Dresden zusammen. Dabei wird das bei den Projektpartnern vorhandene Ausgangsmaterial nicht nur digitalisiert, sondern auch angereichert und sinnvoll miteinander verknüpft.

Die Vorteile einer solchen digitalen Bibliothek sind (zusätzlich zu einer konventionellen Bibliothek) unmittelbare, weltweite und mengenunabhängige Verfügbarkeit sowie interaktive Gestaltungsmöglichkeit und einfache Informationsgewinnung (engl.: information-retrieval). In der Tabelle 1 ist eine

	Konventionelle Bibliothek	Digitalisierte Bibliothek	Digitale Bibliothek
Systematisierung	+	+	+
Zugriffgeschw.	-	+	+
Ortsabhängigkeit	-	+	+
Verknüpfbarkeit	-	-	+
Gleichzeitigkeit	-	+	+
Interaktion	-	-	+
Suchvorwissen	-	-	+

Gegenüberstellung der einzelnen Bibliotheksvarianten zu sehen. Dabei stellt eine Tabelle 1: Vergleich der einzelnen Bibliotheksvarianten

konventionelle Bibliothek eine Bibliothek im herkömmlichen Sinne, d.h. mit Büchern, Artikeln, technischen Zeichnungen oder auch Getriebemodellen und einer einfachen digitalen Verwaltung/Katalogisierung ihrer Exemplare, dar. In einer digitalisierten (passiven) Bibliothek ist zusätzlich der Bestand entweder teilweise oder vollständig in digitalen Formaten (z.B. Bücher als PDF-Datei) verfügbar. In einer digitalen (interaktiven) Bibliothek ist der vollständige Bestand digital verfügbar, untereinander verknüpft und interaktiv nutz- und erweiterbar.

Eine Systematisierung liegt allen Bibliotheksvarianten zu Grunde; durch Einscannen der Printmedien sowie durch digitale Foto- und Videoaufnahmen der Modelle wird eine Digitalisierung der Quellen vollzogen. Diese nun digitalen Quellen sind beliebig oft (Gleichzeitigkeit), weltweit (Ortsunabhängigkeit) und sofort (Zugriffsgeschwindigkeit) abrufbar. Jedoch bleibt die Anforderung an den Suchenden, dass er über ein gewisses Vorwissen verfügt, bestehen. Dieser muss die Begriffe, Fachwörter oder gar Titel kennen, um die entsprechenden Quellen zu finden (Suchvorwissen). Des Weiteren hat er keine Möglichkeit die Inhalte seinerseits durch Wissen (entweder unmittelbarer Inhalt oder Verweise auf andere Quellen) zu ergänzen oder diese seinen Bedürfnissen anzupassen (Interaktion). Auch ist eine Verknüpfung zwischen den Quellen höchstens oberflächlich, d.h. nur starr von Quelle zu Quelle (z.B. Buch1 verweist auf Buch2 und Modell1), möglich.

In einer digitalen Bibliothek wie DMG-Lib sind die Inhalte unmittelbar untereinander in einem semantischen Netz verknüpft (z.B. enthält Buch1 die Passage „... der Tschebyschev-Lenker ist ...“, dann wäre das Wort *Tschebyschev* mit der Biografie von TSCHEBYSCHEV¹ und *Tschebyschev-Lenker* mit dem entsprechenden Getriebemodell verbunden). Fehlende oder den bisherigen Autoren unbekannt Querverbindungen können flexibel ergänzt werden. Auf Grund dieser starken Vernetzung kann auch der Zugang zu den Informationen erweitert werden; z.B. kann ein Konstrukteur, der ein bestimmtes Bewegungsproblem zu lösen hat, zunächst die Getriebemodelle, die ein ähnliches Bewegungsverhalten (z.B. stellenweise die

¹ Auch TSCHEBYSCHEW, selten TSCHEBISCHEFF

gleiche Übertragungsfunktion) haben, suchen und durch Interaktion (d.h. intuitive Analyse und Synthese auf Basis moderner Berechnungsverfahren) verändern.

Die Inhalte der Bibliothek werden den Nutzern in üblichen (kostenfrei nutzbaren) Formaten, wie HTML-Darstellung, VRML-Dateien oder auch Adobe Flash, bereitgestellt und durch Daten aus und für Programme der aktuellen Forschung, beispielsweise die constraint-basierte Modellierung durch MASP [8], ergänzt.

Um Daten und Funktionen in die DMG-Lib zu integrieren, wurden und werden zunächst alle Quellen in Aachen, Dresden und Ilmenau erfasst, bezüglich der Verwertungsrechte geprüft und katalogisiert. Anhand der Vorarbeit wird eine Reihenfolge festgelegt, und nach dieser werden die umfangreichen Quellen bzw. Rohdaten (allein über 350 Getriebemodelle, etwa 400 historische und 400 neuzeitliche Bücher in Dresden) schrittweise digitalisiert. Anschließend werden diese digitalen Rohdaten analysiert und weiter bearbeitet. So werden Textquellen, d.h. Bücher, Artikel, Lehrbriefe etc., zunächst einer optischen Zeichenerkennung (engl. Optical Character Recognition – OCR) und anschließend einer Analyse der logischen Struktur (Erkennung von Bildunterschriften, Querverweisen, etc.) unterzogen. Ein ähnlicher Weg wird bei den Bildquellen (dies gilt auch für Bilder innerhalb anderer Quellen, z.B. in Büchern) beschritten: Digitalisierung, Analyse und Rückgewinnung der anfänglichen, eigentlichen Daten aus der Pixelrepräsentation der digitalen Rohdaten. Diese aufbereiteten Daten werden, zusätzlich zu den Rohdaten, in der Produktionsdatenbank oder auch in der Portaldatenbank gespeichert. Danach erfolgt eine Anreicherung, z.B. das Verknüpfen zwischen den aufbereiteten Daten, und schließlich die Speicherung in der Portaldatenbank.

Teilweise sind die aufbereiteten Daten umfangreicher als das Original – ein Beispiel: Ein Buch besitzt Überschriften, Abbildungsunterschriften und sonstige strukturierende Merkmale. Diese sind durch das Layout (z.B. andere Schriftgröße) hervorgehoben. Werden nun diese Strukturinformationen (neben dem eigentlichen Text) extrahiert, so kann mit der Technik des Hyperlinks ein Dokument erstellt werden, welches neben dem Text in dessen Layout zusätzlich die Struktur mit Links abbildet – sprich durch einen Mausklick gelangt man von „... siehe Abbildung 1 ...“ zu der entsprechenden Abbildung. Diese Funktionalität stand in dem Buch bisher nicht bereit. Analoges gilt für eine Abbildung eines Getriebes, die nun beispielsweise animiert werden kann.

2 Getriebemodellsammlung und Datenbank

Wie eingangs erwähnt besitzt Dresden eine umfangreiche Getriebemodellsammlung – wenn nicht gar die derzeit weltweit größte – und kann so einen bedeutenden Beitrag für die DMG-Lib leisten. Die Getriebemodelle werden in der Lehre eingesetzt und zeigen anschaulich die Funktion des jeweiligen Mechanismus. Mit Hilfe dieser handhabbaren Beispiele wird das Wissen und Verstehen der Getriebe gefestigt und vertieft. Im Laufe der Jahre wurden diese Modelle gesammelt und sind auf mehr als

350 Einzelstücke angewachsen. Dabei hat sich ihre Gestalt je nach Bedarf verändert. Es begann mit originalgetreuen Holz-Messing-Modellen, den SCHUBERT-Modellen, führte über Metall- zu den derzeitig verwendeten Plexiglasmodellen (siehe Abbildung 1).

Die Impulse für eine derartige Sammlung stammen von der einst (im 19. Jahrhundert) 800 Getriebemodelle umfassenden REULEAUX-Sammlung in Berlin. Mit der „Sammlung für Kinematik“ wurden an der damaligen Technischen Hochschule Dresden für die Fächer Kinematik und Getriebelehre bedeutsame Anschauungsmodelle aus Zedernholz, Messing und Metall geschaffen. Um die Jahrhundertwende (1900) wurde das Holz in den Getriebemodellen durch metallische Werkstoffe ersetzt – später kam auch Pertinax zum Einsatz. Diese Sammlung ging 1923 mit der Einrichtung der außerordentlichen Professur Getriebelehre unter HERMANN ALT in der „Sammlung für Getriebelehre“ auf. Unter WILLIBALD LICHTENHELDT begannen nach dem Krieg die Rettung der Getriebemodellsammlung, deren Modelle teilweise zerstört oder geraubt wurden, und der Bau der Getriebemodellschränke. Diese Schränke beherbergen 64 Modelle, die die grundlegenden Bewegungen zeigen. Künftig werden virtuelle CAD-Modelle erstellt (siehe Abbildung 2), welche zwar reale Modelle nie vollständig ersetzen können, aber den aktuellen Anforderungen (schnelle, ortsunabhängige Verfügbarkeit) gerecht werden.

Die Bedeutung der Modelle ist groß; sie sind ein wesentliches Hilfsmittel für die getriebetechnische Vorstellung. Ohne diese wird es schwer die Kinematik eines Getriebes zu erfassen und eine Aufgabe zur Auslegung eines Getriebes zu lösen. Das getriebetechnische „Gefühl“ ist besonders wichtig bei der Struktursynthese, welche eine schöpferische Phase im gesamten Prozess der Getriebesynthese darstellt, und daher ohne Vorstellung nicht möglich ist. Für den Konstrukteur stellt das Getriebemodell ein Vorbild der Konstruktion zur Verfügung – ein

The screenshot shows the DMG-Lib portal interface. At the top left is the DMG-Lib logo. The main header contains a search bar with the text 'Suchbegriff' and buttons for 'Suchen' and 'Erweiterte Suche'. Below the search bar, there are navigation tabs for 'Literatur', 'Personen', 'Modelle', and 'Multimedia'. The 'Modelle' tab is selected. Below the tabs, there are sorting options: 'Sortieren nach: Name A-Z' and a checkbox for 'Kurzdarstellung'. The page shows 'Modelle pro Seite anzeigen: 10 | 20 | 30 | alle' and 'Seite: 1 | 2 | 3 | 4'. The search results are filtered by 'Name: A-E'. The first result is 'Koppelgetriebe', which includes a small image of a mechanism. A tooltip is visible over the image, containing the following information: 'Erfinder: Schubert, Johann Andreas', 'Baujahr: 1870', 'Standort: TU Dresden', and 'Interaktive Darstellung'. The tooltip also contains a small icon for 'Platzvergrößerung'.

Abbildung 3: Getriebemodellsuche im Bereich „Browsen“ im DMG-Lib-Portal

Funktionsmuster. Alle Informationen über die Gliederbauweise, alternative Ausführung der Bauteile, Bedarf und Verteilung des Bewegungsraums jedes Gliedes und Zusammenbau mit geeigneten Passungen sind von dem Getriebemodell zu erfahren. Die gesamte Sammlung bietet durch ihre vielfältigen Getriebetypen und -arten für die Industrie einen Katalog von Funktionsmustern für die Auswahl einer ersten Lösung.

Als vorbereitende Maßnahme für die DMG-Lib wurde in enger Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen und der TU Ilmenau eine digitalisierte Getriebemodellsammlung an der TU Dresden geschaffen. Dabei wurde von der RWTH Aachen ein Framework auf Basis einer MySQL-Datenbank (engl.: Structured Query Language – SQL) [9], der Skriptsprache PHP (engl.: PHP: Hypertext Preprocessor – PHP²) [10], des Webservers Apache [11] und des Tools phpMyAdmin [12] entwickelt. Dieses Framework wurde in Dresden angepasst und ergänzt. Das Resultat ist vorübergehend unter: <http://mfkpc103.mw.tu-dresden.de> online verfügbar. Aus Aachen kam durch die Zusammenarbeit die Anregung zusätzlich zu den Getriebemodellen Beschreibungen in Form von PDF-Dateien hinzuzufügen. In Dresden wird erwogen allen Modellen eine VRML-Beschreibung (engl.: Virtual Reality Modeling Language – VRML) beizulegen. Dadurch werden die Modelle gegenseitig ergänzt und angereichert. Diese Anreicherung geschieht auf Grund der Menge an Modellen schrittweise.

Auf dieser digitalisierten Getriebemodellsammlung baut wiederum DMG-Lib auf: Zunächst werden relevante Modelle ausgewählt und in den Bestand integriert und einfach semantisch vernetzt. Außerdem werden die Getriebemodelle, wie schon erwähnt, durch weitere Daten aus und für Software der Forschung ergänzt. Der Zugriff erfolgt dann über die digitale Bibliothek DMG-Lib und somit über das einheitliche Portal (siehe Abbildung 3). Neben der Literatur und den Modellen, d.h. neben der Wissensrepräsentation, ist die Wissensverarbeitung durch Software ein wichtiger Punkt für die Industrie und Forschung. Dadurch, dass DMG-Lib eine digitale und nicht nur digitalisierte Bibliothek ist, entsteht ein erhöhter Bedarf an Software.

3 Softwareeinsatz im Projekt

Für DMG-Lib wurde zum einen direkt Software entwickelt, zum anderen wird eigene Software, die an der Professur eingesetzt wird, integriert und zusammengefasst.

Direkt entwickelt wurde und wird für das Projekt die Software struXanalyser, die im Rahmen einer Diplomarbeit entstand [13]. Aufgabe dieses plattformunabhängigen Javaprogramms ist es aus der XML-basierten (engl.: Extensible Markup Language – XML) Beschreibung der physikalischen (z.B. Schriftart: Arial, Position: auf der 3. Seite links oben) und inhaltlichen (z.B. der Text „... Kapitel 1 Mathematische

² Rekursive Abkürzung

Grundlagen ...“) Struktur eines Dokumentes dessen logische Struktur (z.B. das dieser Text auf Grund seines Inhaltes und seine Layoutattribute eine Kapitelüberschrift darstellt) zurück zu gewinnen. Dabei werden die XML-Eingabedaten durch eine OCR-Software bereitgestellt. Um die logische Struktur zu erhalten, werden Regeln formuliert, die wiederum in XML-Dateien gespeichert werden. Die Auswertung der Regeln erfolgt auf Basis unscharfer Relationen (Fuzzy-Logik) und wird als Wahrscheinlichkeitswert den logischen Einheiten (sog. Labels) zugewiesen. Die Formulierung der Regeln geschieht zurzeit noch nicht automatisch, allerdings besteht die Möglichkeit, die bereits formulierten Regeln systematisch auf Eignung für weitere Dokumente zu testen. Derzeit wird die Software durch Regeln für neue Dokumentklassen ergänzt. Zukünftig soll die jetzige Semiautomatisierung (Regelformulierung manuell, Auswertung maschinell) durch eine vollständige Automatisierung ersetzt werden. Dennoch steht schon jetzt mit diesem Programm ein Tool zur Verfügung, das Dokumente in ihrer physikalischen Repräsentation (Syntax der XML-Eingabedaten ist in einer XML-Schemadefinition festgehalten) unter Angabe der entsprechenden Regeln (flexibel in XML formulierbar; Syntax folgt auch einer XML-Schemadefinition) auf deren logische Struktur untersucht und die wahrscheinlichkeitsbehafteten Resultate speichert.

In Ilmenau wurde, unabhängig von DMG-Lib, MASP entwickelt und nun mit eingebunden [3] bzw. [4]. Dabei bilden die Bilder von Getriebemodellen oder von Zeichnungen aus Büchern die Grundlage. Diese werden unter MASP als Hintergrundbild eingelesen. Anschließend lässt sich das Modell bzw. die Zeichnung mit Hilfe vordefinierte Symbole in MASP nachmodellieren. Mit diesen so gewonnenen constraint-basierten Modellen lassen sich Animationen erzeugen und Simulationen durchführen.

Das bereits erwähnte andere Interesse liegt in der Bewahrung und Integration vorhandener Software, wie beispielsweise APPROX für Windows [16] oder auch WinDAM [17]. Dabei wird diese Software portiert (APPROX) oder über eine Schnittstelle (WinDAM) angesprochen.

Wie bei den Getriebemodellen und der Literatur so sind auch hier Bewahrung, künftige Verfügbarkeit und Interaktivität die Ziele. Dafür werden offene Datenformate, wie XML, und die plattformunabhängige Programmiersprache Java eingesetzt sowie bestehende Programme integriert.

4 Integrationsbeispiele: Zeitstrahl, virtuelles Museum und Literatur

Der bereits angesprochene vielfältige Zugang in der DMG-Lib wird besonders an dem geschaffenen Zeitstrahl oder virtuellem Museum erkennbar.

Die Darstellung des Zeitstrahls wird dynamisch aus einer Datenbank, in welcher die einzelnen Objekte bzw. die entsprechenden Referenzen (beispielsweise bei Bildern) gespeichert sind, generiert. Dabei wurde eine epochale Einteilung vorgenommen, so dass auch der historische Bezug hergestellt werden kann. Außerdem kann die

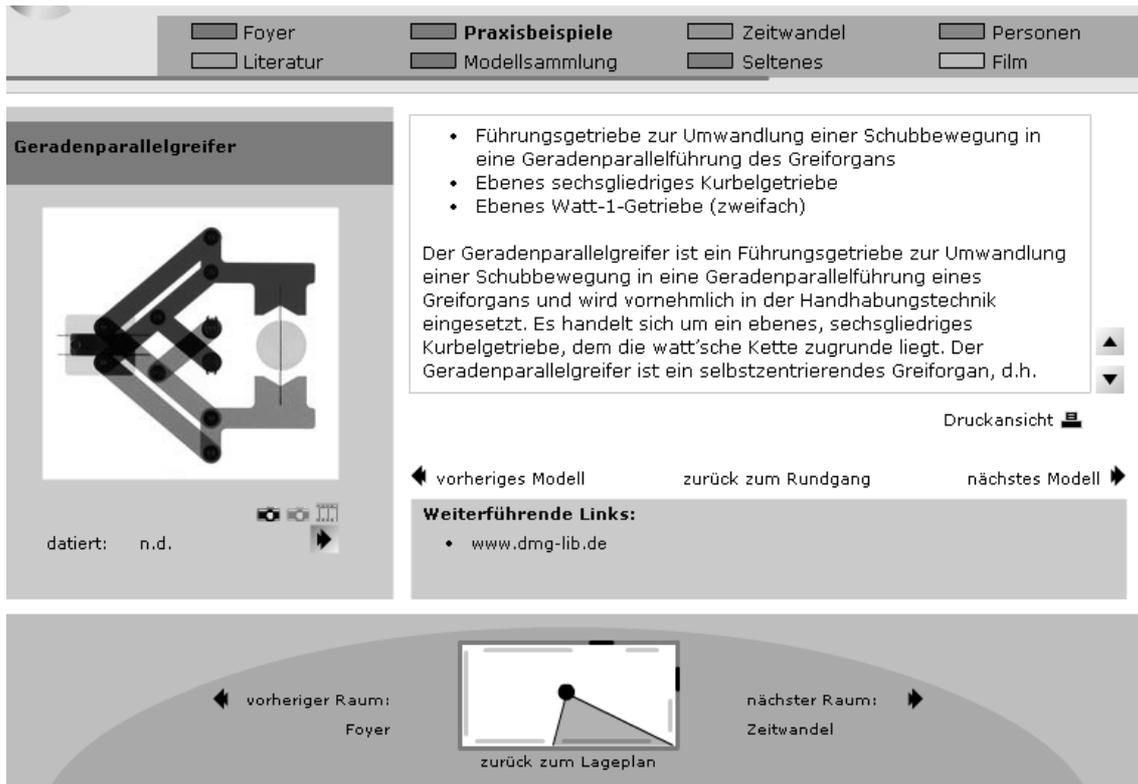
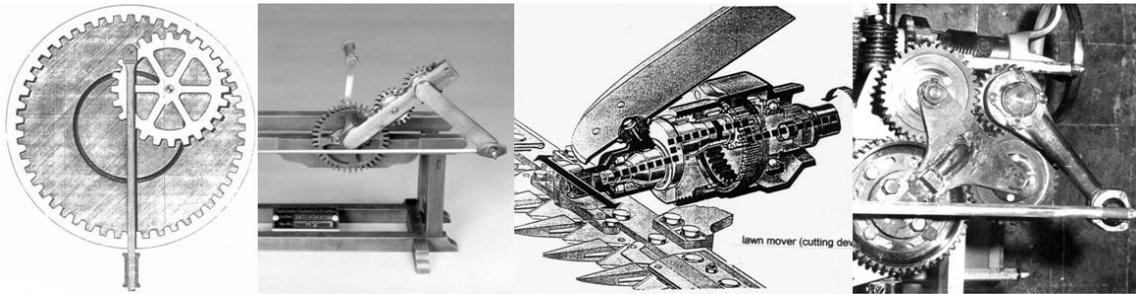


Abbildung 4: Virtuelles Museum der DMG-Lib

Betrachtungswise nach verschiedenen Schwerpunkten (Personen, Literatur, Objekte etc.) der dargestellten Zeitpunkte gewechselt werden. Der Zeitraum erstreckt sich von der frühen Neuzeit (1500-1800) über die Industrielle Revolution (1780-1850) und Industrialisierung (1830-1920) bis zur Rationalisierung (1900-1945). Unter den derzeit 48 Personen, darunter weltbekannte Wissenschaftler, wie LEONARDO DA VINCI, JAMES WATT, ANDREAS SCHUBERT oder HERMANN MARTIN ALT, wurden 81 Werke (Literatur, Zeichnungen/Skizzen etc.) und 25 Beispiele zugeordnet. Die Sprache kann zwischen Deutsch und Englisch gewählt werden. Künftig soll dieser ohnehin schon breite Zugang noch durch verschiedene Sichtweisen (z.B. Sicht der Industrie, der Forschung, der Kunst etc.) vervollständigt werden.

Auch das virtuelle Museum bietet interessierten Laien einen Einblick in gewohnheitsgemäßem Stil und erweitert dadurch den Benutzerkreis der DMG-Lib. Jeder Raum dieses Museums fasst die enthaltenen Objekte unter einem Begriff zusammen: Beispielsweise widmet sich ein Raum dem Wandel der Getriebe über die Zeit, ein anderer seltenen Mechanismen oder ein weiterer auch praxisnahen Beispielen (siehe Abbildung 4).

Viele industrielle Anwendungen der modernen Technik haben ihren Ursprung in der Geschichte. Die technische Basis und der damit verbundene Hintergrund spielen zum Teil auch heute noch eine Rolle; das Kardankreispaar zum Beispiel ist als außenverzahnte Variante in einem SCHUBERT-Modell, als translatorischer Antrieb in einem Rasenmäher oder in einer Textilmaschine zu finden (siehe Abbildung 5).



Durch den Zeitstrahl erhält man einen Bezug zwischen den Personen und deren Werken und umgekehrt. Daraus wiederum wird auch eine Verbindung zur Literatur geschaffen, in der man erneut Hinweise zu anderer Literatur findet und nach dieser

Abbildung 5: Kardankreispaar und dessen Anwendung

dann nutzerfreundlich suchen kann. Bei diesem Vorgehen ist eine Speicherung von Notizen im Portal vorgesehen, um dem Nutzer und vielleicht auch späteren Nutzern Hinweise und Gedankenstützen zu geben.

Die Literatur enthält als Wissensspeicher zahlreiche Informationen zur Getriebeauslegung. Lehrbücher enthielten die Grundlagen der Getriebetechnik, Fachbücher bauten darauf spezielle Lösungsverfahren für bestimmte Probleme auf und mit Handbüchern konnten diese Verfahren in der Praxis schnell eingesetzt werden. Zudem beinhalteten Leitblätter der Getriebetechnik und Getriebeatlanten Konstruktionstafeln, Tabellen, praktische Berechnungsverfahren etc., durch die der Konstrukteur einen Überblick zu den möglichen Lösungen erhielt und für die Aufgabe entsprechend den Erfordernissen die günstigste Lösung auswählen konnte. Dieses bestehende Prinzip wird in die digitale Bibliothek übertragen und durch die Vernetzung der Inhalte entscheidend erweitert. Außerdem werden aktuelle Forschungsergebnisse (z.B. Diplomarbeiten, Dissertationen) und neue Erkenntnisse unmittelbar integriert.

Die Internettechnologie ermöglicht es Verbindungen zwischen Wissen herzustellen – meist fehlt jedoch eine Systematik, um auch die gewünschten Informationen zu erhalten. Mit der DMG-Lib wird ein systematisch und thematisch gegliedertes dynamisches Portal bereitgestellt, das kontinuierlich ausgebaut werden kann. Das umfangreiche Internetportal ermöglicht es der breiten Öffentlichkeit schnell und einfach im gesamten Wissensgebiet unter verschiedenen Aspekten zu navigieren und zu suchen. Die DMG-Lib wird eine international ausgerichtete Bibliothek sein, in der sich fachlich breites Wissen aus historischen und aktuellen Quellen mit innovativen Konzepten zur Recherche und zur Analyse vereint.

Quellenverzeichnis

- [1] Kloppenburg, J.; Corves, B.; Brix T. und Höhne, G.: Aufbau einer Internetbasierten Datenbank für Getriebemodelle – DMG-Lib. 6. Kolloquium Getriebetechnik; Aachen; 2005; ISBN 3-86130-773-1; Hrsg. Burkhard Corves; 1. Aufl.; Verl. Mainz
- [2] Modler, K.-H.; Lin, S.; Klemm, S.: Digitale Mechanismen- und Getriebebibliothek – Wissenspeicher für die Industrie
- [3] Döring, U.; Brix, T.; Reßing, M.: Application of computational kinematics in the digital mechanism and gear library DMG-Lib
- [4] Brix, T.; Döring, U.; Corves, B.; Modler, K.-H.: Digitale Mechanismen- und Getriebebibliothek
- [5] N.N.: <http://www.dmg-lib.de/>
- [6] Kühnert, N.: Was wäre die Wissenschaft ohne das Handwerk; Dresdner Universitätsjournal 16/2004 (http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/verwaltung/dezernat_5/sachgebiet_5_7/uj/bilder/pdf2004/UJ16-04.pdf)
- [7] N.N.: <http://tu-dresden.de>
- [8] Brix, T.; Reßing, M. und Döring, U.: Constraint-basierte Berechnung von Kinematiken, Anwendungsbeispiele für die direkte und die iterative Konstruktion. 6. Kolloquium Getriebetechnik; Aachen; 2005; ISBN 3-86130-773-1; Hrsg. Burkhard Corves; 1. Aufl.; Verl. Mainz
- [9] N.N.: <http://www.mysql.com/>
- [10] N.N.: <http://www.php.net/>
- [11] N.N.: <http://httpd.apache.org/>
- [12] N.N.: <http://www.phpmyadmin.net>
- [13] Klemm, S.: Analyse der logischen Struktur von OCR-Textdokumenten, Diplomarbeit, Dresden, 2005
- [14] Strauchmann, H.: APPROX für Windows, <http://www.htwk-leipzig.de/fbme/me1/strauchmann/>
- [15] Dresig, H.: WinDAM, <http://www.tu-chemnitz.de/mb/MaschDyn/WinDAM.php>
- [16] Neumann, R.: Old-inventions in up-to-date applications, Third International Workshop on History of Machines and Mechanisms, Mai 2005, IFToMM