

50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau
von Makro bis Nano /
Mechanical Engineering
from Macro to Nano**

Proceedings

Fakultät für Maschinenbau /
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten
Andrea Schneider
- Fakultät für Maschinenbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,
Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,
Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,
Dipl.-Ing. Silke Stauche
- Redaktionsschluss: 31. August 2005
(CD-Rom-Ausgabe)
- Technische Realisierung: Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau
(CD-Rom-Ausgabe) Dipl.-Ing. Christian Weigel
Dipl.-Ing. Helge Drumm
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
- Technische Realisierung: Universitätsbibliothek Ilmenau
(Online-Ausgabe) [ilmedia](#)
Postfach 10 05 65
98684 Ilmenau
- Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.
Werner-von-Siemens-Str. 16
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe): 3-932633-98-9 (978-3-932633-98-0)
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-932633-99-7 (978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

T. Brix / U. Döring / G. Höhne / M. Reeßing

Extraktion technischer Prinzipie und Bewegungssimulation für eine verbesserte technische Dokumentation

ABSTRACT

Seit 2004 fördert die Deutsche Forschungsgemeinschaft ein Leistungszentrum für Forschungsinformation zur Sammlung, Bewahrung, Systematisierung, Vernetzung und geeigneten Präsentation des umfangreichen Wissens über Mechanismen und Getriebe. Bei diesem Projekt mit dem Namen „Digitale Mechanismen- und Getriebebibliothek“ (DMG-Lib) werden neben Textdokumenten und Bildern auch computergestützte Funktionsmodelle bereitgestellt, die die Nutzer der DMG-Lib in Verbindung mit Simulations- und Analysesoftware verwenden können. Die Funktionsmodelle werden aus technischen Darstellungen extrahiert, in der DMG-Lib gespeichert und auch dort nutzbringend eingesetzt, z.B. für erweiterte Suchfunktionen. Der Artikel beschreibt die Vorgehensweise und erläutert anhand der Beispiele den momentanen Stand der Arbeiten. Ergänzt werden die Ausführungen durch zukünftige Aufgaben.

EINFÜHRUNG

Im Rahmen des Projektes „Digitale Mechanismen- und Getriebebibliothek“ (DMG-Lib), besteht u.a. die Aufgabe einen Beitrag zur anschaulichen Darstellung der Arbeitsweise von Mechanismen und Getrieben zu leisten. Im Zuge des Aufbaus der DMG-Lib werden unterschiedlichste Publikationen, wie Fachartikel oder Monografien, und weitere Quellen, wie technische Zeichnungen, Skizzen, Prospekte etc., in diese digitale Bibliothek aufgenommen. All diese Quellen enthalten in der Regel bildliche Darstellungen, um die Eigenschaften der beschriebenen Getriebe- und Mechanismen anschaulicher anzugeben und Zusammenhänge zu verdeutlichen.

Zum Teil sind die abgebildeten Mechanismen jedoch so komplex, dass sie auch für Fachleute nur schwer erfassbar sind. Hier können die neuen Möglichkeiten, die sich durch den Einsatz der digitalen Medien ergeben, Abhilfe schaffen. Die Grundidee besteht darin, auf Basis der bildlichen Darstellungen Animationen zu erzeugen, um so die Bewegungsabläufe und weitere Zusammenhänge sichtbar zu machen (Bild 1). Auf diese Weise lassen sich auch Eigenschaften der Bewegungscharakteristik wie der Bewegungsfreiheitsgrad, die Form der Relativbewegungen von Getriebeelementen, das Bewegungsverhalten an den Koppelstellen, die räumlichen Lagebeziehungen, die Veränderlichkeit kinematischer Parameter in Abhängigkeit der Getriebe- stellung etc. anschaulicher darstellen.

KONZEPT

Das Bild 1 zeigt den grundsätzlichen Ablauf bei der Erstellung einer simulationsbasierten Animation. Grundlage ist das digitalisierte Bild eines Getriebes, das im Bild 1 nach der Bildextraktion (1) vorliegt. Dem folgen zwei parallel angeordnete Arbeitsgänge. Der eine extrahiert das sogenannte technische Prinzip (2), das für die Bewegungssimulation und weitere Berechnungen benötigt wird. Dieser Arbeitsvorgang wird durch das an der TU Ilmenau entwickelte Programmsystem MASP (Modeling and Analysis of Solution Pinciples, [1]) unterstützt. Der andere ist die Bildverarbeitung (3), die für die Darstellung im Stile der Originalquelle notwendig ist. Mit ihrer Hilfe wird das Bild des Getriebes analysiert und geeignet zerlegt. Danach können die bei der Simulation gewonnenen Daten für jede Getriebestellung mit den Ergebnissen der Bildverarbeitung kombiniert werden (4), um im letzten Arbeitsschritt die Animation zu erzeugen. Diese kann z.B. in das digitalisierten Buch eingefügt werden.

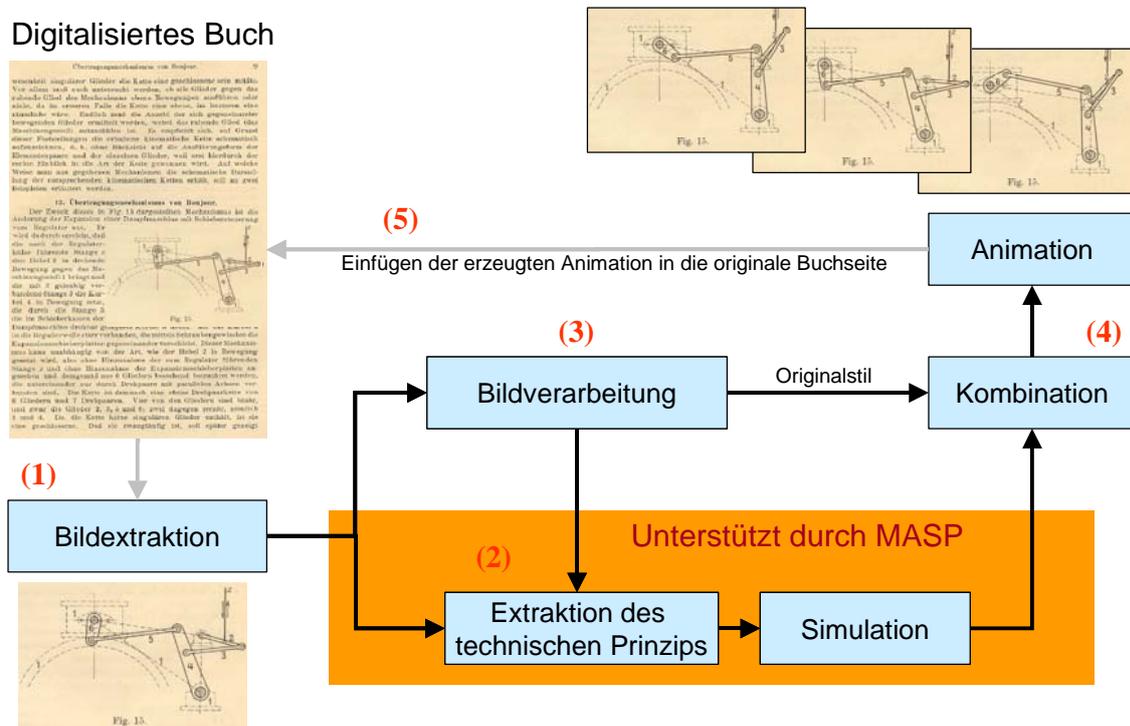


Bild 1: Beispiel für die Anreicherung einer Buchseite aus [2] mit einer simulationsbasierten Animation

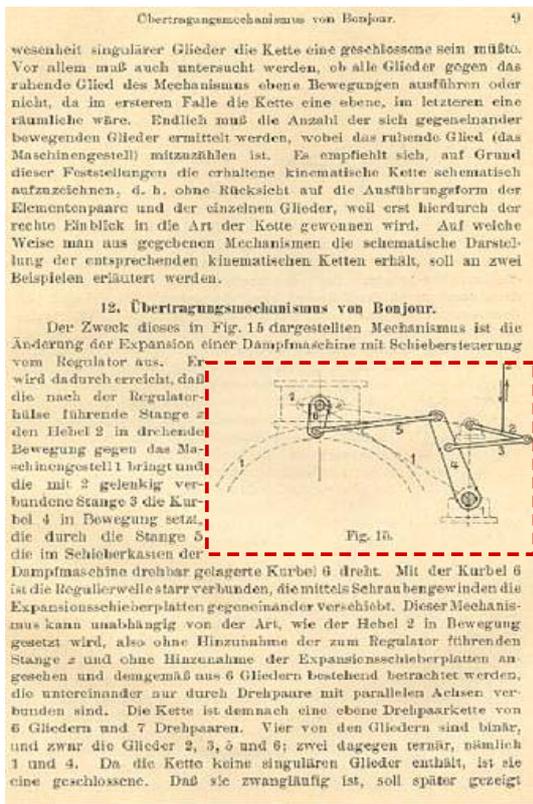
In den folgenden Abschnitten erfolgt die detailliertere Erläuterung der notwendigen Arbeitsschritte zur Erstellung einer simulationsbasierten Animation und deren Visualisierung in unterschiedlichen Darstellungsformen, wie z. B. im Originalstil der Quelle, anhand einiger Beispiele planarer Mechanismen.

EXTRAKTION DES TECHNISCHEN PRINZIPS

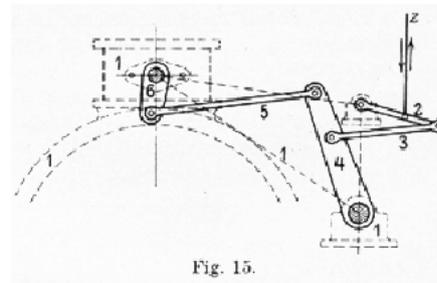
Aus Sicht der Bewegungssimulation ist das dem abgebildeten Modell zugrundeliegende technische Prinzip bedeutsam, da es den Inhalt der Darstellungen auf die wesentlichen Merkmale zur Funktionsbeschreibung reduziert. Dies geschieht in einer symbolischen Form, die sowohl die allgemeine Struktur des dargestellten Modells, wie z.B. die Anzahl und Art der Gelenke und Getriebeglieder und deren Verknüpfung, als auch die konkreten geometrischen Eigenschaften, wie z.B. die Position von Gelenken oder Konturen von Kurvenscheiben.

Die Extraktion des technischen Prinzips erfolgt im Moment überwiegend manuell. Bild 2 verdeutlicht die einzelnen Extraktionsschritte anhand einer gescannten Buchseite aus [2]. Die auf dieser Seite (Bild 2a) enthaltene Getriebedarstellung wird in einem ersten Schritt vorverarbeitet. Hierzu gehören bekannte Vorgehensweisen aus der Bildbearbeitung, die je nach Bedarf eine Entzerrung, Farbkonvertierung, Skalierung etc. ermöglichen. Das Ergebnis dieser Vorverarbeitung ist in Bild 2b zu erkennen. Dem schließt sich eine Mustererkennung an, um die korrekte Geometrie zu erfassen. Dazu werden Kreise (Bild 2c) oder Linien detektiert. Erkannte Kreise können z.B. Anhaltspunkte für die Lage von Drehpolen bzw. Drehgelenken sein. Der Prozess der Mustererkennung ist fehlerbehaftet und mehrdeutig. Deshalb ist eine manuelle Nachbearbeitung notwendig, bei der auch die fehlenden Getriebebestandteile bis zur vollständigen Beschreibung (Bild 2d) durch Hinzufügen von Symbolen ergänzt werden. Dies geschieht im Programmsystem MASP, das gleichzeitig eine interaktive Bewegungssimulation zur Überprüfung der Eigenschaften erlaubt. Da das extrahierte technische Prinzip vollparametrisiert vorliegt, sind auch Korrekturen durch Ungenauigkeiten in der Ursprungsdarstellung relativ einfach handhabbar. Die Verbindung von Extraktions- und Simulationssoftware gewährleistet zudem die Konsistenz des extrahierten technischen Prinzips. Für die Durchführung der Simulation benötigt das Programm MASP neben dem extrahierten technischen Prinzip mindestens einen Antriebsparameter (Änderung eines Winkels oder einer Position). Das Programm liefert als Ausgabe für jeden simulierten Antriebsparameterwert die Positionen der Gelenke und Getriebeglieder.

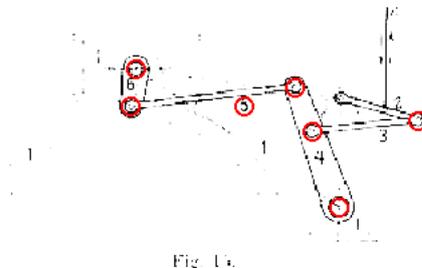
Die Verarbeitung sphärischer oder allgemeiner räumlicher Anordnungen erweist sich im Moment noch als problematisch und zeitaufwändig und ist mit vielen offenen Fragen verbunden, die vor allem das rechnerunterstützte Herauslösen des technischen Prinzips aus der Originaldarstellung betreffen. Für einige einfache sphärische Getriebe ist die erläuterte Vorgehensweise schon anwendbar.



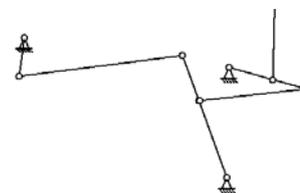
a)



b)



c)



d)

Bild 2 Ablauf der Extraktion des technischen Prinzips aus einem Bild aus [2]

- a) gescannte Buchseite,
- b) das Bild nach einigen Schritten der Bildbearbeitung,
- c) Ergebnis der automatischen Erkennung von Drehgelenken,
- d) extrahiertes technisches Prinzip

EXTRAKTION DES ORIGINALEN DARSTELLUNGSSTILS

Um eine Abbildung im Originalstil in den simulierten Stellungen darstellen zu können (Bild 1 und Bild 3), müssen zuvor mit Hilfe der Bildbearbeitung verschiedene Informationen extrahiert und generiert werden. Hierzu zählen:

- Rekonstruktion der Hintergrundgebiete, die durch Objekte des Originalbildes verdeckt sind,
- Ermittlung von Profilen, die Umrisse oder Konturen der Getriebeelemente des Bildes darstellen,
- Ermittlung weiterer Linienelemente (Hilfslinien, Spurdarstellungen, Vektoren etc.),
- Extraktion von Schriftzeichen, Bezeichnungen etc.
- Ermittlung der Informationen über Schatten (wenn vorhanden),
- Parameterextraktion zur Beschreibung von Linienelementen, wie:
 - Farbe,
 - Typ (durchgehend oder auf eine bestimmte Art unterbrochen),
 - Breite und
 - eine Funktion, die beschreibt, wie die Linienelemente in den Hintergrund übergehen,
- Bestimmung von Ebenen um Überlappungen von Getriebeelemente konsistent behandeln zu

können und

- Festlegung der Behandlung (ignorieren, anderen Linientyp verwenden oder ausblenden) von überlappenden Getriebelementen.

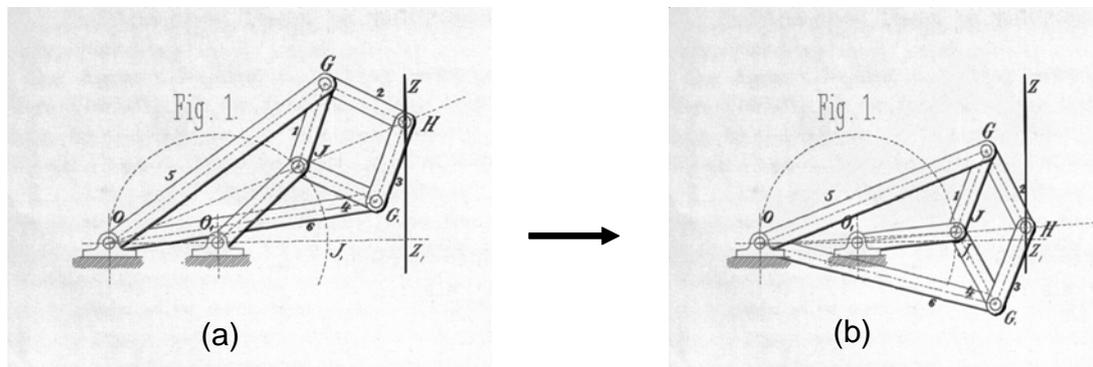


Bild 3: Geradführung nach Peaucellier aus [3]

a) gescanntes Originalbild

b) durch Simulation neu berechnete Position, die im ursprünglichen Stil dargestellt wurde.

Mit den Ergebnissen der Bildbearbeitung, die vorrangig eine Zerlegung des Originalbildes in seine Bestandteile umfasst, und den Resultaten aus der Simulation des extrahierten technischen Prinzips, die u.a. alle Getriebestellungen für veränderliche Antriebsgliedstellungen enthält, kann eine simulationsbasierte Animation erstellt werden. Dazu werden für jede simulierte Getriebestellung mit ihren charakteristischen Punkten, wie z.B. Drehgelenkmittelpunkte, die selektierte Elemente aus der Bildbearbeitung in Position und Lage angepasst, visualisiert und gespeichert.

Momentan steht für die Extraktion des Originalstils ein Softwareprototyp zur Verfügung, der die beschriebenen Möglichkeiten der Bildbearbeitung enthält. Allerdings ist der Aufwand bei der Extraktion des Darstellungsstils relativ hoch und benötigt Bediener mit getriebetechnischen Fachwissen. Deshalb werden mit dem Software-Prototypen nur ausgewählte Darstellungen im Originalstil animiert.

INTERNE MODELLREPRÄSENTATION

Mit Hilfe von Graphen lässt sich eine Vielzahl technischer Gebilde, wie Mechanismen und Getriebe, zweckmäßig beschreiben. Dazu werden sie in ihre Bestandteile, die Elemente (z.B. Getriebeglieder) und Kopplungen (z.B. Dreh- und Schubgelenke), zerlegt und als Knoten repräsentiert. Die Kanten des Graphens geben die vorhandenen Beziehungen (z.B. Koinzidenz-Beziehungen) zwischen den einzelnen Knoten an (Bild 4). Da die Knoten geometrische Informationen wie Punktpositionen und -abstände enthalten, ergibt sich ein Modell, das das

technische Prinzip (z.B. eines Mechanismus aus [2]) beschreibt.

In der DMG-Lib werden extrahierte Modelle in XML-Dateien abgelegt. Ein Beispiel ist in Bild 5 dargestellt. Derzeit konzentriert sich die Spezifikation des Formates auf planare Mechanismen, da die aktuell vorliegende Softwareumsetzung die Extraktion solcher Modelle aus Bildern unterstützt. Später wird eine Unterstützung für sphärische und räumliche Mechanismen hinzugefügt.

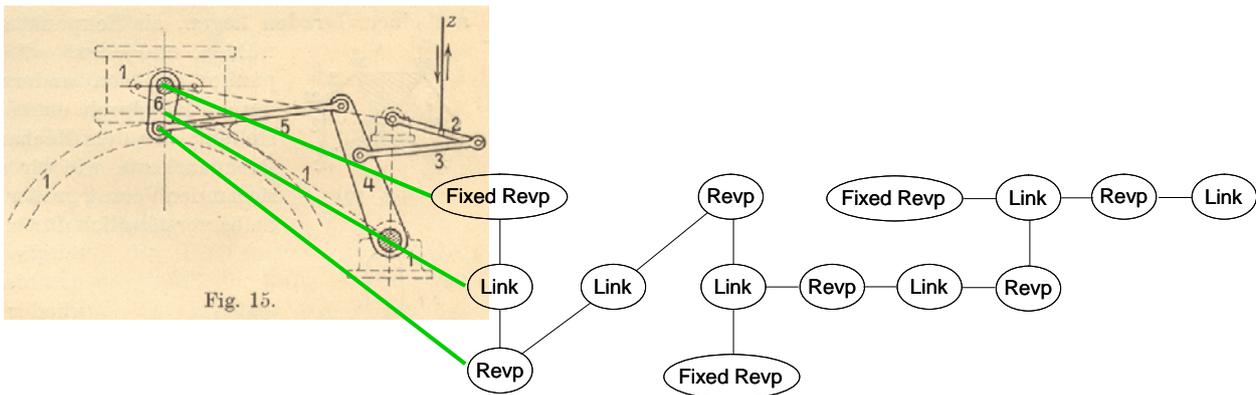


Bild 4: Struktur des Graphen zur Beschreibung des technischen Prinzip aus Bild 2

(Revp – Drehgelenk, Fixed Revp – gestellfestes Drehgelenk, Link – Getriebeglied)

Metadaten

- Stichworte
- Originale Quelle
- Beschreibung
- Verweise auf andere Inhalte der Datenbank

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE dmglib_mechanismus SYSTEM ".../dtds/dmglib_mechanism1_2.dtd">
<Mechanism dmglib_MecID="173">
  <SourceDescription>
    <Origin dmglib_DocID="165" dmglib_LocalImageID="15"/>
    <Keywords>
      Übertragungsmechanismus von Bonjour
      Schiebersteuerung
      Gelenkkette
    </Keywords>
    <Comment lang="DE">
      Änderung der Expansion einer Dampfmaschine
      mit Schiebersteuerung vom Regulator aus.
    </Comment>
  </SourceDescription>
  <ComponentSpaces>
    <ComponentSpace type="planar">
      <Coordinates>
        <PixelLimits left="0" right="800" top="0" bottom="600">
          <ModelLimits left="-0.33829" right="0.959264">
            top="0.0092937" bottom="0.66233"/>
        </ModelLimits>
      </Coordinates>
      <RevolutePair fixed="true" id="Revp1" zIndex="2">
        <Point id="Revp1" x="-0.33829" y="0.66233"/>
      </RevolutePair>
      <RevolutePair id="Revp2" zIndex="2">
        <Point id="Revp2" x="-0.337294" y="0.482427"/>
      </RevolutePair>
      <RevolutePair id="Revp3" zIndex="2">
        <Point id="Revp3" x="0.410585" y="0.585634"/>
      </RevolutePair>
      <RevolutePair fixed="true" id="Revp4" zIndex="2">
        <Point id="Revp4" x="0.589839" y="0.0092937"/>
      </RevolutePair>
      <RevolutePair id="Revp5" zIndex="2">
        <Point id="Revp5" x="0.476891" y="0.372446"/>
      </RevolutePair>
      <RevolutePair id="Revp6" zIndex="2">
        <Point id="Revp6" x="0.959264" y="0.455177"/>
      </RevolutePair>
      <RevolutePair fixed="true" id="Revp7" zIndex="2">
        <Point id="Revp7" x="0.599752" y="0.523544"/>
      </RevolutePair>
    </ComponentSpace>
  </ComponentSpaces>

```

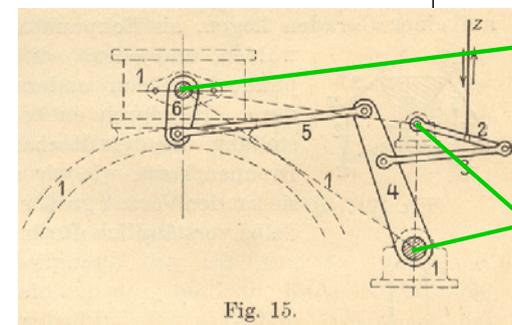


Bild 5: Ausschnitt aus einer XML-Datei für einen Mechanismus aus [3]

Neben der eigentlichen Beschreibung des Mechanismus enthält das XML-Format zusätzliche Informationen, die über die originale Quelle gesammelt wurden und als Metainformationen berücksichtigt werden. Sie sind für die weitere Verarbeitung des Modells in der DMG-Lib notwendig (z.B. für Suchen und Stöbern). So lassen sich beim Überführen der Getriebebeschreibung in das XML-Format beispielsweise die Klassifikation nach einem bestimmten Schema oder die Funktionsbeschreibung berücksichtigen.

ERWEITERTE MÖGLICHKEITEN DER EXTRAHIERTEN MODELLREPRÄSENTATION

Durch die Extraktion des technischen Prinzips aus einer technischen Darstellung ergeben sich eine Reihe von Möglichkeiten, die mit der Ursprungsdarstellung allein nicht möglich wären. Am Beispiel eines extrahierten Mechanismus sollen im Folgenden einige Beispiele hierzu aufgeführt werden:

Strukturanalyse. Durch die explizite Beschreibung der Struktur des Mechanismus (Bild 4) lassen sich Graph- oder Subgraphalgorithmen anwenden, um bereits bekannte Modelle und Submodelle zu erkennen. Weiterhin kann die Struktur des Mechanismus unabhängig von bestimmten Parametern, wie beispielsweise der Länge von Getriebegliedern oder der relativen Position von kinematischen Paaren, analysiert werden.

Bewegungssimulation und -analyse. Dies ist eines der Hauptanwendungsgebiete für extrahierte Modelle. Eine Bewegungssimulation kann sofort nach der Extraktion des technischen Prinzips erfolgen, da das extrahierte Modell constraint-basiert vorliegt. Dies erlaubt neben der oben beschriebenen Erzeugung von Animationen auch die Ermittlung kinematischer Parameter, wie Bahnen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen.

Funktionsanalyse. Basierend auf der Analyse der Bewegung des Mechanismus ist eine Ableitung weiterer Informationen auf einer abstrakteren Ebene möglich. Beispiele für solche funktionalen Aspekte sind Übertragungsfunktionen mit z.B. besonderen Eigenschaften wie das Vorhandensein einer Rast.

Parametervariation. Jeder extrahierte Mechanismus bildet in seiner Struktur die Basis für weitere Mechanismen, die durch Variation der Parameterwerte aus der ursprünglichen Beschreibung hervorgehen. Zusammen mit der Bewegungsanalyse und einer zweckmäßigen Suchstrategie ergibt sich ein leistungsfähiger Optimierungsansatz für technische Prinzipie.

Auslegung und Optimierung. Da die extrahierten Mechanismen als vollparametrisierte Modelle vorliegen, können sie für konkrete Anwendungsfälle auch als Ausgangsmodell für Auslegungs- und Optimierungsrechnungen herangezogen werden.

Suchfunktionen. Ein weiteres Anwendungsgebiet betrifft die Verwendung einer Datenbank, die

alle Informationen zum extrahierten technischen Prinzip enthält und so miteinander verknüpft, das Suchfunktionen zur Verfügung stehen:

- Suche nach funktionellen Merkmalen (Suchworte für analysierte Eigenschaften, grafische Eingabe des Suchkriteriums z. B. durch Angabe einer Führungsbahn),
- direkte Suche nach strukturellen Eigenschaften,
- Vergleich mit anderen Strukturen,
- automatische Erzeugung von Namen für ermittelte Strukturen (z.B. nach IFToMM) auf Grundlage des extrahierten technischen Prinzips.

Zusammenfassung

Der Artikel beschreibt, wie im Rahmen des Projektes „Digitale Mechanismen- und Getriebelibrary“ (DMG-Lib) auf Basis digital vorliegender Bilder von Mechanismen und Getrieben simulationsbasierte Animationen generiert werden können. Dazu erfolgt die Beschreibung der benötigten Arbeitsschritte und der verwendeten Software-Werkzeuge. Im Mittelpunkt steht hierbei das technische Prinzip, das aus den digital vorliegenden Bildern automatisiert ermittelt wird und die Grundlage für die Bewegungssimulation darstellt. Die Ergebnisse der Simulation können in unterschiedlichen Darstellungsstilen in Animationen überführt werden. Zum Abschluss erfolgt die Erörterung weiterer möglicher Einsatzfelder der Simulationsergebnisse.

Literatur- bzw. Quellenhinweise:

- [1] Brix, T., Döring, U., Reeßing, M.: Constraint-based computational kinematics. Proceedings of the International Workshop on Computational Kinematics. Proceeding of Computational Geometry Workshop Cassino - CK2005, Italy, 2005.
- [2] Grübler, M.: Getriebelehre – Eine Theorie des Zwanglaufs und der ebenen Mechanismen. Springer-Verlag, 1917.
- [3] Hülsenberg H. A.: Beitrag zur Theorie des Universalzirkels von Peaucellier, mit besonderer Berücksichtigung seiner Anwendung als vollkommene Geradföhrung. Berlin, Düsseldorf. Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, 1877.

Autorenangaben:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Günter Höhne
Dr.-Ing. Torsten Brix
Dipl.-Inf. Michael Reeßing
TU Ilmenau, Fakultät Maschinenbau, PF 100565
98684, Ilmenau
Tel.: 03677/469025
Fax: 03677/469062
E-mail: torsten.brix@tu-ilmenau.de

Dipl.-Inf. Ulf Döring
TU Ilmenau, Fakultät für Informatik und
Automatisierung, PF 100565
98684, Ilmenau
Tel.: 03677/691211
Fax: 03677/691285
E-mail: ulf.doering@tu-ilmenau.de