

Hanfried Kerle | Burkhard Corves | Mathias Hüsing

Getriebetechnik

Grundlagen, Entwicklung und Anwendung
ungleichmäßig übersetzender Getriebe

4. Auflage

STUDIUM



**VIEWEG+
TEUBNER**

Hanfried Kerle | Burkhard Corves | Mathias Hüsing

Getriebetechnik

Hanfried Kerle | Burkhard Corves | Mathias Hüsing

Getriebetechnik

Grundlagen, Entwicklung und Anwendung
ungleichmäßig übersetzender Getriebe

4., bearbeitete und ergänzte Auflage

Mit 170 Abbildungen und 23 Tabellen
sowie 14 Praxisbeispielen mit Lösungen

STUDIUM



VIEWEG+
TEUBNER

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Akad. Direktor i.R. Dr.-Ing. Hanfried Kerle, geb. 1941 in Kiel, von 1961 bis 1967 Studium des Maschinenbaus mit dem Schwerpunkt Mechanik und Werkstoffkunde an der Technischen Hochschule Braunschweig, von 1967 bis 1973 wissenschaftlicher Assistent am Institut für Getriebelehre und Maschinendynamik der umbenannten Technischen Universität Braunschweig, 1973 Promotion mit einer Dissertation über Kurvengetriebe, von 1973 bis 1990 Oberingenieur bzw. Akadem. Oberrat am selben Institut, von 1990 bis 1999 am neu errichteten Institut für Fertigungsautomatisierung und Handhabungstechnik, von 1999 bis 2004 Leiter der Abteilung „Fertigungsautomatisierung und Werkzeugmaschinen“ am Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der TU Braunschweig, von 1994 bis 2004 Lehrauftrag für das Fach „Getriebelehre (Mechanismen)“ an der TU Braunschweig.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Burkhard Corves, geb. 1960 in Kiel; von 1979 bis 1984 Studium des Maschinenbaus, Fachrichtung Kraftfahrwesen, an der RWTH Aachen, dort von 1984 bis 1991 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Oberingenieur am Institut für Getriebetechnik und Maschinendynamik, 1989 Promotion auf dem Gebiet Kinematik und Dynamik von Handhabungsgeräten, von 1991 bis 2000 Projektleiter im Bereich Forschung und Entwicklung für Hohlglasproduktionsanlagen bei der Fa. Emhart Glass SA, Schweiz, 2000 Berufung zum Universitätsprofessor und Direktor des Instituts für Getriebetechnik und Maschinendynamik der RWTH Aachen.

Akad. Oberrat Dr.-Ing. Mathias Hüsing, geb. 1961 in Cloppenburg, von 1981 bis 1988 Studium des Maschinenbaus an der Universität Hannover mit der Studienrichtung „Konstruktiver Maschinenbau“, von 1988 bis 1995 wissenschaftlicher Mitarbeiter und seit 1991 Oberingenieur am Institut für Getriebetechnik und Maschinendynamik (IGM) der RWTH Aachen, 1995 Promotion auf dem Gebiet der Toleranzuntersuchung von ungleichmäßig übersetzenden Getrieben, seit 1995 akademischer Rat bzw. Oberrat am IGM, seit 2010 Lehrauftrag für das Fach „Maschinendynamik starrer Systeme“ an der RWTH Aachen.

Bis zur 3. Auflage erschien dieses Werk unter dem Titel „Einführung in die Getriebelehre“

1. Auflage 1998
2. Auflage 2002
- 3., bearbeitete und ergänzte Auflage 2007
- 4., bearbeitete und ergänzte Auflage 2011

Alle Rechte vorbehalten

© Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2011

Lektorat: Ewald Schmitt | Elisabeth Lange

Vieweg+Teubner Verlag ist eine Marke von Springer Fachmedien.

Springer Fachmedien ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

www.viewegteubner.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Druck und buchbindnerische Verarbeitung: AZ Druck und Datentechnik, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in Germany

ISBN 978-3-8348-0961-2

Vorwort zur 1. Auflage

Als mit dem raschen Fortschreiten der Elektronik und der Datenverarbeitung das Zeitalter der Automatisierung anbrach, glaubten viele Ingenieure in der ersten Euphorie, daß der gesteuerte Antrieb und die Leistungen der Rechentechnik die Getriebelehre und ihre Grundlagen überflüssig machen würden wie die mechanische Uhr oder Schreibmaschine. Inzwischen ist man zu einer nüchternen Betrachtung der Dinge zurückgekehrt und hat erkannt, daß der Getriebelehre ein gleichrangiger Platz zwischen der Antriebstechnik und der Konstruktion gebührt. Dies wird auch häufig mit dem Begriff Mechatronik umschrieben.

Der Begriff Getriebelehre mag manchem erneuerungsbedürftig erscheinen. Wir haben uns jedoch bewußt an diesen Begriff gehalten, weil er in einer langen Braunschweiger Tradition steht, die eng verknüpft ist mit den Namen Bekir Dizioglu und Kurt Hain und ihren Lehrbüchern „Getriebelehre“ und „Angewandte Getriebelehre“.

Genau genommen existiert zum Fach „Getriebelehre“ bereits eine Reihe guter Lehrbücher. Wir sind dennoch der Meinung, daß für das vorliegende Buch ein Bedarf besteht. Im Zuge der allgemeinen Entwicklung von Rechnern, Rechnerleistung und Rechenprogrammen hat es in den letzten Jahren einen starken Wandel von den zeichnerisch-rechnerischen Methoden und Hilfsmitteln zur vorwiegend rechnergestützten Auswertung mit zusätzlicher grafischer Visualisierung der theoretischen Aussagen und Gleichungen der Getriebelehre gegeben. Diesem Wandel wurde in deutschen Lehrbüchern nur ansatzweise entsprochen. Wir haben deshalb ein ganzes Kapitel dieses Buches den numerischen Methoden gewidmet und begleitend zum Buch ein Programm für die kinematische Analyse ebener Getriebe entwickelt, das gegen eine geringe Versandgebühr auf dem Postweg oder kostenlos über das Internet zu beziehen ist.

Es genügt für ein Lehrbuch aber nicht, nur auf die Produktion numerischer Ergebnisse in Form von Tabellen oder Grafiken hinzuwirken; der Student oder die Studentin müssen erkennen und beurteilen können, ob ihre erreichten Ergebnisse nicht nur plausibel sind, sondern auch mit den Gesetzen der Mechanik übereinstimmen. Daher werden auch in diesem Buch die theoretischen Grundlagen ausführlich dargestellt, jedoch mußten wir einige klassische Verfahren der Getriebelehre auslassen, die heute weitestgehend durch numerische Verfahren abgelöst werden können.

Diese Beschränkung ermöglicht eine kompakte Darstellung der wichtigsten Grundlagen der Getriebelehre zu einem günstigen Preis. Der Inhalt dieses Buches bildet unserer Meinung nach den Grundstock für die Ausbildung im Fach „Getriebelehre“ an Fachhochschulen und Universitäten.

Das Buch ist in 7 Kapitel gegliedert; jedes Kapitel enthält am Anfang eine Übersicht, die den Leser oder die Leserin auf den zu erwartenden Lernstoff vorbereiten soll. Die Kapitel 2 bis 6 enden mit einer Reihe von Übungsaufgaben, die der Lernkontrolle dienen. Die Lösungen zu den Übungsaufgaben finden sich im Anhang; dabei ist der erläuternde Text bewußt knapp gehalten, da die entsprechenden Lösungswege durch eingestreute Lehrbeispiele pro Kapitel bereits ausführlich beschrieben werden.

Das Buch ist nach einigen Jahren Lehr- und Übungserfahrung am Institut für Fertigungsautomatisierung und Handhabungstechnik (IFH) der TU Braunschweig aus einem Vorlesungsskript entstanden. Wir danken dem Leiter des Instituts, Herrn Prof. Dr.-Ing. J. Hesselbach, für seine wohlwollende Unterstützung und Förderung.

Eine engagierte Schar von Studenten hat die Bürde der Arbeit beim Schreiben und Zeichnen sowie bei der Entwicklung des Rechenprogramms mitgetragen: Yannick Bastian, Peter Bohnenstengel, Christoph Herrmann, Nikolai Hille, Uwe Jürgens, Stefan Scholz, Sven Olaf Siems und Gerald Männer als Koordinator. Ihnen allen gilt unser herzlicher Dank für ihre Motivation und Ausdauer.

Dem Teubner-Verlag, vertreten durch Herrn Dr. rer. nat. J. Schlembach, gebührt unser besonderer Dank für die angenehme Zusammenarbeit und gute Ausstattung des Buches.

Braunschweig, im November 1997

Hanfried Kerle

Reinhard Pittschellis

Vorwort zur 4. Auflage

Für die vorliegende vierte Auflage haben Verlag und Autoren ein neues Konzept gewählt. Die bereits in der dritten Auflage vorgenommenen Erweiterungen bzw. Ergänzungen des Lehrstoffes, insbesondere hinsichtlich der Mehrlagen-Synthese für viergliedrige Gelenkgetriebe und der ebenen Kurvengetriebe, ließen es ratsam erscheinen, den Titel „Einführung in die Getriebelehre“ abzuändern. Es liegt inzwischen ein kleines Lehrbuch vor, dessen Inhalt auf eine zweisemestrige Vorlesung zugeschnitten ist. Mit dem neuen Titel „Getriebetechnik“ und dem ebenfalls neu gewählten Untertitel soll der Anwendungsbezug der Theorie ungleichmäßig übersetzender Getriebe für Aufgabenstellungen auf Fachgebieten des Maschinenbaus, bei denen die Erzeugung mechanischer Bewegungen im Mittelpunkt steht, stärker betont werden. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, ist ein neuer Anhang „Praxisbeispiele mit Lösungen“ hinzugefügt worden, der anhand vieler praktischer Beispiele die Lösungsfindung von der Aufgabenstellung über die Hinweise auf die entsprechenden Kapitel des Buches bis zum Aufstellen, Anpassen und Lösen der Gleichungen nachvollziehbar darstellt. Falls notwendig und hilfreich, werden auch Zeichnungen und Diagramme präsentiert. Verlag und Autoren kommen damit dem Wunsch zahlreicher Leser nach, die als Lehrer oder Studierende an den Technischen Universitäten und Hochschulen dem Fach „Getriebetechnik“ im Sinne einer Bewegungstechnik verbunden sind. Die „alten“ Übungsaufgaben und die dazugehörigen Lösungen im „alten“ Anhang sind nicht verschwunden, sondern können weiterhin auf der entsprechenden Webseite unter

<http://www.igm.rwth-aachen.de/index.php?id=lehrbuch>

des Instituts für Getriebetechnik und Maschinendynamik (IGM) an der RWTH Aachen eingesehen werden.

Herr Dr.-Ing. Mathias Hüsing vom IGM hat inzwischen Herrn Dr.-Ing. Reinhard Pittschellis im Autorenteam abgelöst. Herrn Hüsing's langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Getriebetechnik ging nachhaltig in die fachliche Gestaltung und Ausarbeitung der neuen Praxisbeispiele ein. Darüber hinaus sei an dieser Stelle folgenden wissenschaftlichen Mitarbeitern des IGM für ihren Einsatz bei der Entstehung und Berechnung der Praxisbeispiele gedankt, nämlich den Herren Dipl.-Ing. Felix Allmendinger, Dipl.-Ing. Martin Barej, Dipl.-Ing. Ivan Ivanov, Dipl.-Ing. Thomas Kölling, Dipl.-Ing. Guido Lonij, Dr.-Ing. Marwene Nefzi, Dipl.-Ing. Martin Riedel, Dipl.-Ing. Mathias Schumacher und Dipl.-Ing. Martin Wahle. Herr Peter Markert, Techniker am IGM, hat erneut die mühsame Arbeit bei der Korrektur und besseren

Darstellung der alten Zeichnungen und beim Erstellen der neuen Zeichnungen sowie beim endgültigen Layout für die Textgestaltung übernommen, wofür die Autoren ihm besonders danken.

Am IGM haben die Mitarbeiter inzwischen über mehrere Jahre Erfahrungen beim Einsatz des Geometrieprogramms „Cinderella“ für die Lösung getriebetechnischer Probleme sammeln können. So sind beispielsweise auf dem entsprechenden Link der zuvor genannten Webseite des IGM fast alle „alten“ Übungsaufgaben für die Kapitel 3, 5, 6 und 7 der 3. Auflage ebenfalls mit Hilfe des „Cinderella“-Programms gelöst worden. Die Autoren haben deswegen entschieden, das „Cinderella“-Programm auch für die Praxisbeispiele der 4. Auflage zu berücksichtigen.

Aachen und Braunschweig im Mai 2011

Hanfried Kerle

Burkhard Corves

Mathias Hüsing

Inhalt

1 Einführung.....	1
1.1 Aufgaben und Inhalt der Getriebetechnik	1
1.2 Anwendungsgebiete der Getriebelehre	3
1.3 Beispiel einer getriebetechnischen Aufgabe	10
1.4 Hilfsmittel	11
1.4.1 VDI-Richtlinien.....	11
1.4.2 Arbeitsblätter (Kurzrichtlinien)	13
1.4.3 Getriebetechniksoftware	13
2 Getriebesystematik.....	14
2.1 Grundbegriffe.....	14
2.1.1 Übertragungsgetriebe.....	15
2.1.2 Führungsgetriebe	17
2.1.3 Lage der Drehachsen	17
2.2 Aufbau der Getriebe.....	20
2.2.1 Getriebeglieder	20
2.2.2 Gelenke.....	22
2.3 Getriebefreiheitsgrad (Laufgrad)	25
2.4 Struktursystematik	31
2.4.1 Kinematische Ketten.....	32
2.4.2 Ebene Getriebe	37
2.4.2.1 Getriebe der Viergelenkkette	37
2.4.2.2 Kurvengetriebe.....	46
2.4.3 Räumliche Getriebe	49
2.5 Übungsaufgaben	52

3 Geometrisch-kinematische Analyse ebener Getriebe.....	53
3.1 Grundlagen der Kinematik	54
3.1.1 Bewegung eines Punktes	54
3.1.2 Bewegung einer Ebene	56
3.1.2.1 Geschwindigkeitszustand.....	57
3.1.2.2 Momentan- oder Geschwindigkeitspol	59
3.1.2.3 Beschleunigungszustand	60
3.1.2.4 Beschleunigungspol	62
3.1.3 Graphische Getriebeanalyse	64
3.1.3.1 Maßstäbe	64
3.1.3.2 Geschwindigkeitsermittlung	66
3.1.3.3 Beschleunigungsermittlung.....	69
3.1.3.4 Rastpolbahn und Gangpolbahn	70
3.2 Relativkinematik	72
3.2.1 Geschwindigkeitszustand	73
3.2.2 Beschleunigungszustand.....	76
3.3 Krümmung von Bahnkurven.....	80
3.3.1 Grundlagen	80
3.3.2 Polbahntangente und Polbahnnormale	82
3.3.3 Gleichung von EULER-SAVARY	83
3.3.4 Satz von BOBILLIER	84
3.3.5 Polwechselgeschwindigkeit und HARTMANNsche Konstruktion.....	85
3.3.6 Wendepunkt und Wendekreis.....	88
3.4 Übungsaufgaben	92
4 Numerische Getriebeanalyse.....	93
4.1 Vektorielle Methode	94
4.1.1 Iterative Lösung der Lagegleichungen	96
4.1.2 Erweiterung auf den mehrdimensionalen Fall	97
4.1.3 Berechnung der Geschwindigkeiten	98
4.1.4 Berechnung der Beschleunigungen	100

4.1.5 Berechnung von Koppel- und Vektorkurven.....	103
4.1.6 Die Bedeutung der JACOBI-Matrix.....	104
4.2 Modulmethode	106
4.3 Übungsaufgaben	112
5 Kinetostatische Analyse ebener Getriebe.....	113
5.1 Einteilung der Kräfte.....	113
5.1.1 Trägheitskräfte.....	115
5.1.2 Gelenk- und Reibungskräfte	116
5.2 Grundlagen der Kinetostatik	119
5.2.1 Gelenkkraftverfahren.....	120
5.2.1.1 Kraft- und Seileckverfahren.....	122
5.2.1.2 CULMANN-Verfahren.....	123
5.2.1.3 Kräftegleichgewicht an der Elementargruppe II. Klasse	124
5.2.1.4 Kräftegleichgewicht an der Elementargruppe III. Klasse	125
5.2.2 Synthetische Methode (Schnittpunktprinzip)	130
5.2.3 Prinzip der virtuellen Leistungen (Leistungssatz)	134
5.2.3.1 JOUKOWSKY-Hebel.....	135
5.3 Übungsaufgaben	138
6 Grundlagen der Synthese ebener viergliedriger Gelenkgetriebe.....	139
6.1 Totlagenkonstruktion	139
6.1.1 Totlagenkonstruktion nach ALT	142
6.1.2 Schubkurbel.....	145
6.1.3 Auswahlkriterien	147
6.1.3.1 Übertragungswinkel.....	147
6.1.3.2 Beschleunigungsgrad	151
6.2 Lagensynthese	154
6.2.1 Wertigkeitsbilanz.....	155
6.2.2 Zwei-Lagen-Synthese	156
6.2.2.1 Beispiel eines Führungsgetriebes.....	156
6.2.2.2 Beispiel eines Übertragungsgetriebes	158

6.2.3 Drei-Lagen-Synthese	159
6.2.3.1 Getriebeentwurf für drei allgemeine Gliedlagen.....	159
6.2.3.2 Getriebeentwurf für drei Punkte einer Koppelkurve.....	161
6.2.3.3 Getriebeentwurf für drei Punkte einer Übertragungsfunktion	162
6.2.3.4 Beispiel eines Drehgelenkgetriebes als Übertragungsgtriebe	164
6.2.3.5 Beispiel eines Schubkurbelgetriebes als Übertragungsgtriebe.....	165
6.2.4 Mehrlagen-Synthese	166
6.2.4.1 Getriebeentwurf für vier allgemeine Gliedlagen (Kreis- und Mittelpunktkurve)	166
6.2.4.2 Getriebeentwurf für fünf allgemeine Gliedlagen (BURMESTERsche Kreis- und Mittelpunkte)	169
6.3 Mehrfache Erzeugung von Koppelkurven	172
6.3.1 Ermittlung der ROBERTSschen Ersatzgetriebe	173
6.3.2 Ermittlung fünfgliedriger Ersatzgetriebe mit zwei synchron laufenden Kurbeln	177
6.3.3 Parallelführung eines Gliedes entlang einer Koppelkurve	179
6.4 Übungsaufgaben	182
7 Ebene Kurvengetriebe	183
7.1 Vom Bewegungsplan zum Bewegungsdiagramm.....	184
7.1.1 Kennwerte der normierten Bewegungsgesetze.....	186
7.1.2 Anpassung der Randwerte	187
7.2 Bestimmung der Hauptabmessungen	189
7.2.1 Hodographenverfahren	190
7.2.2 Näherungsverfahren von FLOCKE	194
7.3 Ermittlung der Führungs- und Arbeitskurve der Kurvenscheibe	195
7.3.1 Graphische Ermittlung der Führungs- und Arbeitskurve	197
7.3.2 Rechnerische Ermittlung der Führungs- und Arbeitskurve	198
7.4 Übungsaufgaben	206
8 Räumliche Getriebe	207
8.1 Der räumliche Geschwindigkeitszustand eines starren Körpers	208
8.2 Der relative Geschwindigkeitszustand dreier starrer Körper	211

8.3 Vektorielle Iterationsmethode	214
8.4 Koordinatentransformationen	219
8.4.1 Elementardrehungen	219
8.4.2 Verschiebungen	223
8.4.3 Kombination mehrerer Drehungen	223
8.4.4 Homogene Koordinaten	228
8.4.5 HARTENBERG-DENAVIT-Formalismus (HD-Notation)	229
Anhang	236
Praxisbeispiele mit Lösungen	236
A1 Radaufhängungen	238
A2 Scheibenwischer	244
A3 Pkw-Verdeckmechanismen	249
A4 Schaufellader	254
A5 Hubarbeitsbühnen	259
A6 Hebebühnen	264
A7 Schmidt-Kupplung	269
A8 Mechanische Backenbremsen	275
A9 Schritt(schalt)getriebe	279
A10 Rastgetriebe	285
A11 Pflugschar mit Schlepperanlenkung	289
A12 Scharniermechanismen	293
A13 Zangen	297
A14 Übergabevorrichtung	302
Literaturverzeichnis	307
Sachverzeichnis	311

Formelzeichen und Einheiten

In diesem Buch werden Vektoren als gerichtete Größen, wie z.B. Kräfte \vec{F} , Geschwindigkeiten \vec{v} und Beschleunigungen \vec{a} , mit einem obenliegenden Pfeil gekennzeichnet; gelegentlich verbindet ein solcher Pfeil zwei Punkte A und B und gibt dadurch Anfangs- und Endpunkt des Vektors an: \overrightarrow{AB} . Mit \overline{AB} ist dann der Betrag dieses Vektors (Strecke zwischen A und B) gemeint. Matrizen werden durch Fettdruck hervorgehoben. Für Matrizen und Vektoren bedeutet ein „T“ als Hochindex, z.B. \mathbf{J}^T , die transponierte oder Zeilenform; mit \mathbf{J}^{-1} wird die Inverse (Kehrmatrix) von \mathbf{J} bezeichnet.

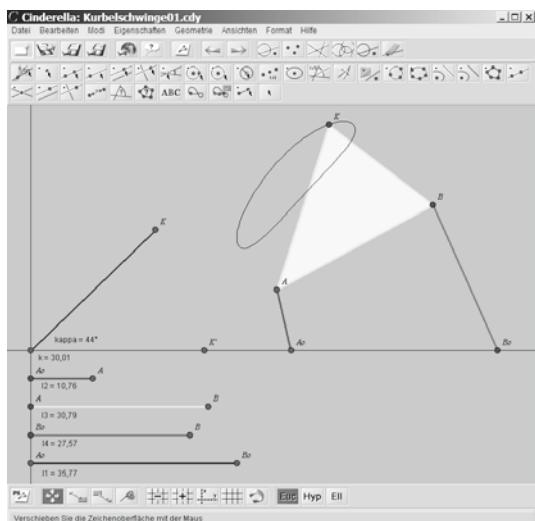
Die Maßeinheiten richten sich nach dem SI-Einheitensystem mit den Grundeinheiten m für die Länge, kg für die Masse und s für die Zeit; abgeleitete kohärente Einheiten sind dann z.B. 1 N(ewton) = 1 kgm/s^2 für die Kraft, 1 Pa(scal) = 1 N/m^2 für den Druck und 1 W(att) = 1 Nm/s für die Leistung.

Geometrieprogramm Cinderella

„Cinderella“ ist ein Programm für Geometrie auf dem Computer, es wurde von Wissenschaftlern der TU München und der PH Schwäbisch Gmünd entwickelt mit dem Anspruch, mathematisch robust und dennoch einfach zu benutzen zu sein [24]. Zur Zeit ist die Version 2.0 erhältlich.

Das Programm „Cinderella“ ist mausgeführt und interaktiv. Es erlaubt auf einfache und intuitive Weise die Erstellung geometrischer Konstruktionen auf dem Rechner. Die Basiselemente der Konstruktionen werden mit der Maus „gegriffen“ und können auf dem Bildschirm bewegt werden. Dabei folgt die ganze Konstruktion der Bewegung in konsistenter Weise, so dass auf sehr anschauliche Art das „dynamische“ Verhalten der geometrischen Konstruktion erkundet werden kann.

Außerdem lassen sich Ortskurven und sonstige kinematische Diagramme darstellen, eine Besonderheit, die gerade für die Anwendung in der Getriebetechnik von großer Bedeutung ist.



Kurbelschwingung auf „Cinderella“-Display

So können mit dieser Funktionalität beispielsweise die Koppelkurven von Getrieben gezeichnet werden. Ein wesentlicher Vorteil des Arbeitens mit dem Geometrieprogramm „Cinderella“ besteht darin, dass auch außerhalb der „Cinderella“-Umgebung wahlweise in einer animierten Version, die die Bewegung des Getriebes zeigt, oder als interaktive Version, die das Verändern verschiedener geometrisch-kinematischer Daten des Getriebes erlaubt, die geometrische Konstruktion als HTML-File gespeichert werden kann.

Der größte Teil der für die vorliegende 4. Auflage entfallenden Übungsaufgaben steht dem Benutzer weiterhin in der Form von Datensätzen für die Aufgabenstellung und für die Musterlösung als „Cinderella“-Files oder als HTML-Files zur Verfügung. Diese Datensätze sind mit der „Cinderella“-Version 1.4 erstellt worden und können auf der Internetseite

<http://www.igm.rwth-aachen.de/index.php?id=cinderella0>

zusammen mit einer kurzen Gebrauchsanleitung heruntergeladen werden. Für die HTML-Files ist lediglich ein üblicher JAVA-fähiger Browser erforderlich. Für die weitergehende Verwendung von Cinderella-Files ist es erforderlich, eine lauffähige Version des „Cinderella“-Programms (Version 1.4 oder 2.0) zu installieren. Informationen hierzu sind unter der Web-Adresse

<http://www.cinderella.de>

zu finden.

Die Lösungsschritte der für den Anhang der vorliegenden 4. Auflage gewählten Praxisbeispiele sind ebenfalls teilweise mit Hilfe des „Cinderella“-Programms umgesetzt worden, auch wenn Einzelheiten dazu nicht immer explizit angegeben werden.