

# Analyse von Koppel- und Kurvengetriebe mit Mechanism Developer (MechDev)

Agnes Beckermann\*, Mathias Hüsing\*, Mario Müller\*, Vincent Brünjes\*  
und Burkhard Corves\*

\* RWTH Aachen University, Institut für Getriebetechnik, Maschinendynamik und Robotik,  
Aachen, {beckermann;huesing;bruenjes;corves}@igmr.rwth-aachen.de

## Kurzfassung

Die Software "Mechanism Developer" (kurz: MechDev) hat als Ziel, den Konstrukteur bei der Auslegung von Mechanismen zu unterstützen. Die intuitive grafische Oberfläche der Software ermöglicht eine effiziente und benutzerfreundliche Anwendung. Bisherige Schwerpunkte sind die kinematische und kinetostatische Analyse von Koppelgetrieben mit Dreh- und Schubgelenken sowie die Synthese und Analyse von Kurvengetrieben. Dieser Beitrag fasst die aktuell integrierten Funktionalitäten zusammen. Darüber hinaus werden diese in verschiedenen Anwendungsfällen vorgestellt. Insbesondere wird eine Optimierung des Übertragungswinkels und der Krümmung von Kurvengetrieben vorgestellt.

## Abstract

The software "Mechanism Developer" (abbr. MechDev) aims to support the design engineer during the mechanism design process. The dynamically interactive application of the software allows an efficient and user-friendly design. So far, it focuses on kinematic and kinetostatic analysis of linkages with revolute and prismatic joints as well as synthesis and analysis of cam mechanisms. This paper sums up the functionalities that have been integrated in the software so far. In addition, it presents the functionalities in different use cases, especially focusing on the optimization of the transmission angle and the curvature of cam mechanisms.

## 1 Einführung

Die Auslegung von ungleichmäßig übersetzenden Mechanismen erfordert ein umfangreiches Fachwissen im Bereich Getriebetechnik. Hierzu existieren viele Softwarelösungen, um Konstrukteure im Auslegungsprozess zu unterstützen. Die Autoren sind der Auffassung, dass solche Software intuitiv zugänglich und auch ohne

# Effiziente Getriebesynthese – Entwicklung einer neuen Kinematik zum konturflexiblen kraftminimierten Hochgeschwindigkeits-schneiden

Maik Berger \*, Stefan Heinrich\*\*, und Rainer Wallasch\*\*\*

\* TU Chemnitz, Professur für Montage- und Handhabungstechnik  
maik.berger@mb.tu-chemnitz.de

\*\* Zürich, ehemaliger Mitarbeiter der Professur Montage- und Handhabungstechnik  
stefanheinrich@gmx.ch

\*\*\* TU Chemnitz, Professur Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung,  
rainer.wallasch@mb.tu-chemnitz.de

## Kurzfassung

Im vorliegenden Beitrag werden, ausgehend von der Projektidee, die Bewegung eines Schnittwerkzeuges für textile Zuschnitte so zu gestalten, dass der negative Vorschubeinfluss an der Wirkpaarung während des Schnittes kompensiert werden kann und die bisher erforderliche aufwändige Fixierung des Verarbeitungsgutes entfällt, die einzelnen Entwicklungsschritte gezeigt. Durch das Parallelisieren von Arbeitsschritten gelang es, in kürzester Zeit ein komplexes und variabel verstellbares 12-gliedriges Koppelgetriebe als schnellläufigen und an technologische Parameter, wie Materialdicke, -festigkeit oder Vorschubgeschwindigkeit, anpassbaren Mechanismus zu entwickeln. Die Funktionsfähigkeit der Lösung konnte durch einen ersten Prototyp, hergestellt im 3D-Druckverfahren, nachgewiesen werden.

## Abstract

In this article, the individual development stages are shown, based on the project idea of designing the movement of a cutting tool for textile blanks in such a way that the negative feed influence on the mating pair can be compensated during the cut and the previously required time-consuming fixing of the material to be processed is no longer necessary. By parallelizing the work steps, it was possible to develop a complex and variably adjustable 12-bar linkage as a fast-running mechanism that can be adapted to technological parameters such as material thickness, strength or feed rate in a very short time. The functionality of the solution was proven by a first prototype, produced by 3D printing.

# Zur Einbeziehung zeitoptimierter Bewegungsfunktionen in den abschnittsorientierten Ansatz der VDI-Richtlinie 2143

Burkhard Alpers\*, Maik Berger\*\*, und  
Thorsten Speicher\*\*

\* Hochschule Aalen, Professur für Mathematik und Informatik,  
burkhard.alpers@hs-aalen.de

\*\* TU Chemnitz, Professur für Montage- und Handhabungstechnik,  
{maik.berger,thorsten.speicher}@ mb.tu-chemnitz.de

## Kurzfassung

Im vorliegenden Beitrag werden drei Ansätze zum Bewegungsdesign umrissen: Das kennwertorientierte Vorgehen nach VDI Richtlinie 2143, das taktzeitoptimierte Vorgehen nach Speicher und die Zeitoptimierung durch Nutzung des Doppel-S-Profiles. Ferner wird dargelegt, wie man die in der Neufassung der Richtlinie vorgesehenen normierten „Doppel-S-Profile“ zur Spezifikation zeitoptimaler Bewegungsgesetze nutzen kann. Zudem wird diskutiert, welcher Ansatz unter welchen Bedingungen besonders geeignet ist.

## Abstract

In this contribution three approaches to motion design are outlined: The procedure suggested in VDI Guideline 2143, the identification of a time-optimal motion law according to Speicher and the usage of a Double-S profile. How the latter can be used in the next edition of the VDI Guideline 2143 is also presented. The different approaches are compared and suitable application scenarios are identified.

## 1 Einführung

In der VDI-Richtlinie 2143 (Bewegungsgesetze für Kurvengetriebe) [1], die sich momentan in der Überarbeitung befindet, wird empfohlen, Bewegungen abschnittsweise zusammensetzen, wobei die ersten beiden Randableitungen vorgegeben

# Verfahren und Vorrichtung zum Reduzieren des Antriebsmoments

Miroslav Václavík \*, Petr Jirásko\*\*

\* VÚTS, a.s., Liberec, Tschechische Republik  
miroslav.vaclavik @vuts.cz

\*\* VÚTS, a.s., Liberec, Tschechische Republik  
petr.jirasko@vuts.cz

## Kurzfassung

Der Beitrag beschreibt die Grundlagenforschungsarbeiten ausgehend von der Forderung, die Energieintensität des Antriebs von Maschinengetrieben mit ungleichmäßiger Übersetzung zu reduzieren. In dieser Phase der Lösung handelt es sich um eine Überprüfung einer prinzipiellen Lösung basierend auf dem Entwurf und der Herstellung eines dynamischen Prüfstandes. Auf dem Prüfstand in seinen verschiedenen Konfigurationen wurden zahlreiche Tests und Messungen durchgeführt. In dem Beitrag werden die wichtigsten Ergebnisse vorgestellt, darunter die charakteristischen Rechenschritte, die zum Entwurf eines kommerziell machbaren Kurvenschrittgetriebes führen.

## 1 Gegenstand der Lösung und Definition des Ziels der Lösung

Die kinematische Kette von Getrieben der Produktionsmaschinen besteht aus Gliedern von Getrieben, die Dreh-, Gleit- und allgemeine Bewegung aufweisen. Die Folge dieser Bewegungen von Materialkörpern sind dynamische Trägheitskräfte, die Kraftrückwirkungen in das Maschinengestell und ein ungleichmäßiges Antriebsmoment bewirken, das die erforderliche gleichmäßige Rotation am Eingang gewährleisten soll. Um die Kraftreaktionen in den Rahmen zu begrenzen, werden die Glieder der kinematischen Kette ausgeglichen, was ihr Gewicht erhöht und damit werden die Werte des Antriebsmoments am Eingang gesteigert.

# Approximative Getriebetechnik – eine Gratwanderung zwischen Vereinfachung und Genauigkeit bei der kinematischen Analyse

Hanfried Kerle

vormals Technische Universität Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, h.kerle@t-online.de

## Kurzfassung

Um den rechnerischen Aufwand bei der kinematischen Analyse ebener Getriebe zu verringern, wird im vorliegenden Beitrag eine besondere Methode vorgestellt: Mit Hilfe des Geometrieprogramms *GeoGebra* wird für drei Beispiele jeweils ein *virtuelles* Messgetriebe aufgebaut, so dass Übertragungsfunktionen und Koppelkurven des Getriebes in Tabellenform vorliegen und mit Hilfe von *Interpolationsformeln* näherungsweise dargestellt werden können. Die Frage nach der Genauigkeit der erzielten Ersatzlösungen wird anhand der exakten Lösungen beantwortet.

## Abstract

In order to reduce the mathematical expense when dealing with the kinematic analysis of plane mechanisms, this paper introduces a special method based on the geometry programme *GeoGebra*. Regarding three different mechanism examples *GeoGebra* helps to design three *virtual* measuring mechanisms and thus provides transmission functions and coupler curves of the mechanisms in form of tables. These tables are transformed into substitute functions by using *interpolation formulas*. The comparison between substitute functions and exact solutions reveals the kind and magnitude of errors.

## 1 Einführung

Die mathematische Herleitung von Übertragungsfunktionen und Koppelkurven ist bekanntlich schon bei den einfachen viergliedrigen Getrieben mit großem Aufwand verbunden. So stellt beispielsweise die Koppelkurve einer Kurbelschwinge eine sog.

# Automatisierte Konstruktion von Gelenklösungen für origamibasierte Faltungen

Markus Huber\*, Dr.-Ing. Franz Irlinger\*, und  
Prof. Dr. Tim C. Lüth\*

\* Technische Universität München – Fakultät für Maschinenwesen  
Lehrstuhl für Mikrotechnik und Medizingerätetechnik  
markus.m.huber@tum.de

## Kurzfassung

In diesem Artikel soll eine Methodik für die automatisierte Auskonstruktion von faltungsbasierten Gelenken präsentiert werden. Der erste Schritt dieser Automatisierung ist das Auswählen eines Faltmusters, welches die gewünschten kinematischen Eigenschaften besitzt. Anschließend wird ausgehend von diesem Faltmuster ein kinematisches Modell erstellt. Mittels dieses Modells, kann für jede Falmlinie ein Winkelbereich bestimmt werden, welchen ein an dieser Stelle platziertes Gelenk erfüllen muss. Anschließend können die einzelnen Falflächen in Körper der gewünschten Dicke extrudiert werden. Diese einzelnen Körper werden dann mittels der automatisch generierten Gelenke verbunden und die gesamte Konstruktion wird im STL-Format exportiert. Abschließend kann der, auf diesem Wege generierte Mechanismus, beispielsweise mittels eines additiven Fertigungsverfahrens hergestellt werden.

## Abstract

In this article, a methodology for the automated design of folding-based joints will be presented. The first step of this automation is to create a folding pattern that has the desired kinematic properties. Then, based on this folding pattern, a kinematic model is created. Using this model, an angular range can be determined for each fold line, which a joint placed at this position must fulfill. Subsequently, the individual folding surfaces can be extruded into bodies of the desired thickness. These individual bodies are then connected by means of the automatically generated joints and the entire construction is exported in STL format. Finally, the mechanism generated in this way can be manufactured using, for example, an additive manufacturing process.

# Eine Methode zum Design von nachgiebigen Systemen mit KI Unterstützung

Marten Zirkel\*, Prof. Dr.-Ing. habil. Alexander Fidlin\*\*, und  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Lena Zentner\*

\* Technische Universität Ilmenau, Nachgiebige Systeme, Ilmenau,  
{marten.zirkel, lena.zentner}@tu-ilmenau.de

\*\* Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technische Mechanik, Karlsruhe,  
alexander.fidlin@kit.edu

## Kurzfassung

In diesem Beitrag wird eine Methode vorgestellt, mit deren Hilfe ein nachgiebiges System mit einem gewünschten qualitativen Momentenverlauf erstellt werden kann. Die Methode basiert auf einem neuronalen Netz, das auf Grundlage dieses Verlaufes ein System vorschlägt. Ein nachgiebiges System besteht aus der Kombination von maximal zwei nachgiebigen Elementen (NE) mit vier Randbedingungen, welche immer mit zwei Starrkörpern verbunden sind. Die Starrkörper teilen sich ein Drehgelenk. Durch die Kombination von zwei NE und vier Randbedingungen lassen sich bis zu 168 verschiedene nachgiebige Systeme bilden. Die Berechnung des Momentenverlaufs beruht auf der Theorie großer nichtlinearer Verformungen stabförmiger Strukturen. Es wird gezeigt, dass KI-basierte Methoden zum Design von nachgiebigen Systemen erfolgreich eingesetzt werden können.

## Abstract

In this paper, a method is presented that can be used to create a compliant system with a desired qualitative moment progression. The method is based on a neural network that proposes a system based on this progression. A compliant system consists of the combination of at most two compliant elements (NE) with four boundary conditions, which are always connected with two rigid bodies. The rigid bodies share a pivot joint. By combining two NE and four boundary conditions, up to 168 different compliant systems can be formed. The calculation of the moment response is based on the theory of large nonlinear deformations of rod-like structures. It is shown that AI-based methods can be successfully used to design compliant systems.

# Umsetzung eines einfachen Seilroboteraufbaus in zwei Prototypen unterschiedlicher Konfiguration

Jonas Bieber\*, David Bernstein\*, Micha Schuster\* und  
Michael Beitelschmidt\*

\* Technische Universität Dresden, Professur für Dynamik und Mechanismentechnik, Dresden,  
jonas.bieber@tu-dresden.de

## Kurzfassung

Ziel des Projekts *RopeBot* ist die Umsetzung von Seilrobotern mit einfachem Systemaufbau. Zwei entsprechende Prototypen sind bisher entstanden. Sie unterscheiden sich in ihrer Konfigurationen, basieren jedoch auf dem gleichen Systemaufbau und werden mithilfe der gleichen Regelstruktur angesteuert. Es werden Aspekte des einfachen Systemaufbaus vorgestellt sowie die konkreten Prototypen und deren Ansteuerung beschrieben.

## Abstract

Aim of the *RopeBot* project is to implement cable-driven robots with a simple setup. Two corresponding prototypes have been realized. Even though they differ in their configurations, they are based on the same system design and are driven by the same control structure. They differ in their configurations, but are based on the same system design and are controlled using the same control structure. Aspects of the simple setup are presented and the prototypes as well as their control are described.

## 1 Einführung

Seilroboter sind parallelkinematische Systeme, bei denen flexible Seile statt starrer Verbindungselemente zum Einsatz kommen. Im Vergleich zu herkömmlichen Manipulatoren können mit Seilrobotern große Arbeitsräume abgedeckt werden und hohe Beschleunigungen und Geschwindigkeiten erreicht werden. Seilroboter lassen sich

# Kinematische Betrachtung des Schleppverhaltens von Fahrzeugen mittels vektorieller Mechanismenanalyse

Demetrius Lorenz\*, Stefan Gössner\*

\* Fachhochschule Dortmund, Fachbereich Maschinenbau,  
{demetrius.lorenz,stefan.goessner}@fh-dortmund.de

## Kurzfassung

Im Rahmen dieses Beitrags wird das Schleppverhalten von Fahrzeugen mittels ebener Starrkörperkinematik untersucht. Zur kinematischen Analyse des Einspurmodells eines Fahrzeugs wird ein numerisches Verfahren auf Grundlage der Bewegungsanalyse eines ebenen Viergelenkmechanismus vorgestellt.

Das Fahrverhalten bildet die schlupffreie (langsame) Bewegung von Fahrzeugen mit gelenkter Vorderachse und starrer Hinterachse nach. Die erzeugten Schleppkurven werden der analytischen Traktrix im Sinne einer Fehleranalyse gegenübergestellt.

Die Ergebnisse dienen der Entwicklung einer interaktiven Webanwendung, die es erlaubt, Fahrzeuge bzw. Fahrzeugverbände unterschiedlicher Abmessungen interaktiv entlang einer beliebigen Bahn zu führen, um etwa die notwendigen Fahrwege zu dimensionieren.

## Abstract

In this paper, the dragging behavior of vehicles is investigated using planar rigid-body kinematics. A numerical method based on the motion analysis of a planar four-bar mechanism is presented for the kinematic analysis of the single-track model of a vehicle.

The driving behavior reproduces the slip-free (slow) motion of vehicles with a steered front-wheel and a fixed rear-wheel. The generated trajectories are compared to the analytical tractrix in terms of an error analysis.

The results are used to develop an interactive web application, which allows to interactively guide vehicles or vehicle groups of different dimensions along an arbitrary track, for example to dimension the necessary driving paths.

# Konzeption eines Hybridantriebs für Transportfahrzeuge

Prof. Dr.-Ing. Jörg Adrian; Dr.-Ing. Franz-Werner Adrian

Technische Hochschule Nürnberg – Georg-Simon-Ohm,  
Professur für Maschinenelemente  
joerg.adrian@th-nuernberg.de

Adrian Technologies GmbH, Dortmund  
Geschäftsführer  
info-a.tech.gmbh@t-online.de

## Kurzfassung

Das betrachtete Fahrzeug fährt bislang rein mit einem Verbrennungsmotor und soll zukünftig zumindest teilweise geräusch- und emissionsreduziert betrieben werden. Da als Randbedingung weiterhin eine gleichbleibende Reichweite bei geringer Volumen- und Gewichtszunahme gefordert sind, scheidet ein reiner Elektroantrieb aus. Deshalb wird die Auslegung eines Hybridantriebs verfolgt. Dazu werden Konzepte erarbeitet und beurteilt sowie der erforderliche elektrische Leistungsumfang ermittelt. Die Vorgehensweise ist in diesem Beitrag dargestellt.

## Abstract

The vehicle has so far been operated purely with a combustion engine and is to be operated at least partially with reduced noise and emissions in the future. Since a constant range with a small increase in volume and weight is a requirement, a purely electric drive is not suitable. That is why a hybrid drive is being pursued. To this end, concepts are developed and assessed, and the required electrical scope is determined. The procedure is shown in this article.

## 1 Einführung

Das betrachtete vierrädrige, allradgetriebene Transportfahrzeug mit Off-Road-Gängigkeit wird aktuell rein mit einem Diesel-Verbrennungsmotor betrieben. Damit werden hohe Reichweiten bei einem annehmbaren Fahrzeuggewicht erreicht.

# Untersuchungen von Effizienzpotentialen der Getriebeschaltaktuatorik bei Off-Highway-Nutzfahrzeugen

Leon Stütz\*, Patrick Beck\* und Markus Kley\*

\* Hochschule Aalen, Institut für Antriebstechnik, Aalen,  
{leon.stuetz, patrick.beck, markus.kley}@hs-aalen.de

## Kurzfassung

Für eine ganzheitliche Beurteilung des Getriebewirkungsgrads müssen die Energieverluste der Schaltaktuatorik in die Energiebilanz miteinbezogen werden. Um die Leistungsaufnahme der Schaltaktuatorik zu validieren, werden die elektrischen Kenngrößen für ein hydraulisches und ein elektromechanisches System empirisch im Prüfbetrieb bzw. rechnerisch ermittelt. Der Innovationsgrad der Forschungsarbeit liegt in der Ermittlung der Effizienzpotentiale beider Getriebeschaltaktuatoriksysteme für Off-Highway-Nutzfahrzeuge. Durch den Einsatz des elektromechanischen Systems können auf Basis der gezeigten Berechnungen ca. 82 % des Energieverbrauchs der Schaltaktuatorik pro Fahrzyklus eingespart werden.

## Abstract

For a holistic assessment of the transmission efficiency, the energy losses of the shift actuator must be included in the energy balance. In order to verify the power consumption of the shift actuator, the electrical parameters for the hydraulic and electro-mechanical system are determined empirically on the test rig and by calculation. The degree of innovation of the research work lies in the determination of the efficiency potentials of both transmission shift actuator systems for off-highway commercial vehicles. Based on the calculations shown, the implementation of the electromechanical system can save approx. 82 % of the energy consumption of the shift actuator per driving cycle.

# Entwicklung von Bremsalgorithmen mittels Hardware-in-the-Loop-Entwicklungsplattform

Jonas Brauer, Andreas Koch, Gabrielius Jakstas und Jens Falkenstein

Universität Rostock, Lehrstuhl für Getriebe- und Antriebstechnik, Rostock,  
{jonas.brauer, andreas.koch2, gabrielius.jakstas, jens.falkenstein}@uni-rostock.de

## Kurzfassung

Elektrifizierte Fahrzeugantriebsstränge verfügen mit den elektrischen Antriebsmaschinen über zusätzliche Aktuatorik, die Bremsdrehmomente auf die Räder einprägen kann. Die Aufteilung des gewünschten Bremsdrehmomentes auf die konventionellen ABS/ESP-Bremssysteme und die Antriebsmaschinen erfordert sichere Steuerungsalgorithmen, eine Optimierung der Betriebspunkte von Bremsenkomponenten sowie die Anpassung konventioneller ABS- und ESP-Funktionen.

Hierfür dient eine Hardware-in-the-Loop-Entwicklungsplattform, die in diesem Beitrag vorgestellt wird. Es wird auf einen ABS-Fahrzeugalgorithmus sowie die Steuerung des ESP-Hydroaggregates eingegangen und die Nachbildung eines Bremszykluses präsentiert.

## Abstract

Electrified vehicle powertrains include electric motors that can apply braking torque on the wheels. The distribution of the desired braking torque between the conventional ABS/ESP braking systems and the electric motors requires safe control algorithms, the optimization of operating points of the braking systems' hardware components, and the adaptation of conventional ABS and ESP functions.

This paper presents a hardware-in-the-loop development platform that is being developed for this purpose. An ABS vehicle algorithm as well as the control of the ESP hydraulic unit are discussed and the simulation of a braking cycle is presented.

# Demonstrator für elektrische Fahrzeugantriebe zur Entwicklung von Sensor- und Steuerungssystemen

Andreas Koch, Jonas Brauer, Gabrielius Jakstas und Jens Falkenstein

Universität Rostock, Lehrstuhl für Getriebe- und Antriebstechnik, Rostock,  
{andreas.koch2, jonas.brauer, gabrielius.jakstas, jens.falkenstein}@uni-rostock.de

## Kurzfassung

Mit der zunehmenden Elektrifizierung von Antriebssystemen ergeben sich hinsichtlich der Systemoptimierung eine Vielzahl von Herausforderungen. Im Fokus stehen hierbei vor allem die Entwicklung, Optimierung und Integration von Steuerungskonzepten/-algorithmen sowie dazugehörigen Sensorsystemen. Zur Untersuchung dieser Thematiken und als Basis für Neuentwicklungen verfügt der Lehrstuhl für Getriebe- und Antriebstechnik der Universität Rostock über einen eigenentwickelten Demonstrator zur Nachbildung eines Elektrofahrzeugantriebes. Das Demonstrator-konzept ermöglicht eine einfache Integration neuer fahrzeugnaher Sensorsysteme in den Aufbau und in das Steuerungskonzept. Eine Integration und Adaption neuer Fahrzeugsteuerungsalgorithmen ist ohne größeren Aufwand möglich.

## Abstract

With the increasing electrification of drive systems, a multitude of challenges arise with regard to system optimisation. The focus is primarily on the development, optimisation and integration of control concepts/algorithms and associated sensor systems. For the investigation of these topics and as a basis for new developments, the Chair of Transmission and Drive Technology at the University of Rostock has a self-developed demonstrator for the simulation of an electric vehicle drive. The demonstrator concept enables simple integration of new vehicle-related sensor systems into the structure and the control concept. The integration and adaptation of new vehicle control algorithms is possible without major effort.