

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Bewegungsübertragung durch viergliedrige
ebene Gelenkgetriebe
Maßsynthese für allgemeine Lagenzuordnungen
Getriebebauformen mit zwei
Drehgelenken am Koppelglied
Motion transmission through four-member plane
articulated gearboxes
Dimensional synthesis for general layer assignments
Gear unit designs with two swivel joints
at the coupling link

VDI 2121

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung.....	3	Preliminary note.....	3
Einleitung.....	3	Introduction	3
1 Anwendungsbereich.....	4	1 Scope	4
2 Normative Verweise	5	2 Normative references	5
3 Behandelte Getriebebauformen und deren Übertragungsfunktion	5	3 Mechanism types treated and their transfer function.....	5
3.1 Übersicht.....	5	3.1 Overview.....	5
3.2 Getriebebauform R-RR-R.....	6	3.2 Mechanism type R-RR-R.....	6
3.3 Getriebebauform R-RR-P	8	3.3 Mechanism type R-RR-P	8
3.4 Getriebebauform P-RR-R	10	3.4 Mechanism type P-RR-R	10
3.5 Getriebebauform P-RR-P.....	12	3.5 Mechanism type P-RR-P.....	12
4 Aufgabenstellung der Maßsynthese, Lösungsmerkmale und praktische Anwendungsaspekte	14	4 Task of dimensional synthesis, solution features, and practical application aspects	14
5 Grafische Maßsynthese für zwei und drei Lagenzuordnungen	16	5 Graphical dimensional synthesis for two and three position assignments.....	16
5.1 Übersicht.....	16	5.1 Overview.....	16
5.2 Getriebebauform R-RR-R.....	17	5.2 Mechanism type R-RR-R.....	17
5.3 Getriebebauform R-RR-P	20	5.3 Mechanism type R-RR-P	20
5.4 Getriebebauform P-RR-R	22	5.4 Mechanism type P-RR-R	22
5.5 Getriebebauform P-RR-P.....	23	5.5 Mechanism type P-RR-P.....	23
5.6 Sonderfälle.....	23	5.6 Special cases.....	23
6 Rechnerische Maßsynthese für zwei und drei Lagenzuordnungen	27	6 Computational dimensional synthesis for two and three position assignments.....	27
6.1 Anwendungsvoraussetzungen.....	27	6.1 Application requirements	27
6.2 Bereitstellung der Vorgabelagen des An- und des Abtriebsglieds.....	27	6.2 Provision of the specified positions of the input and output links.....	27
6.3 Entwicklung des Gleichungssystems.....	30	6.3 Development of the equations system.....	30
6.4 Lösungsspektrum	31	6.4 Solution spectrum.....	31
6.5 Auflösung des Gleichungssystems.....	32	6.5 Resolution of the equations system.....	32
6.6 Auflösungsreihenfolge.....	35	6.6 Resolution order	35

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)

Fachbereich Getriebe und Maschinenelemente

VDI-Handbuch Getriebetechnik I: Ungleichförmig übersetzende Getriebe

Inhalt	Seite
6.7 Berechnung von Lösungen für vorgegebene Übersetzungsverhältnisse ...	37
6.8 Rechnerische Auswirkungen geometrischer Sonderfälle	38
7 Ausblick auf die Erfüllung von vier und fünf Lagenzuordnungen	40
Anhang Zahlenbeispiele als Kontrollwerte.....	43
A1 Kinematische Analyse – Getriebebauform R-RR-R.....	43
A2 Kinematische Analyse – Getriebebauform R-RR-P	44
A3 Kinematische Analyse – Getriebebauform P-RR-R	44
A4 Kinematische Analyse – Getriebebauform P-RR-P.....	45
A5 Rechnerische Maßsynthese – Getriebebauform R-RR-R.....	46
Schrifttum.....	48

Contents	Page
6.7 Calculation of solutions for predetermined transmission ratios	37
6.8 Computational effects of special geometric cases.....	38
7 Outlook on the fulfilment of four and five position assignments.....	40
Annex Numerical examples as control values.....	43
A1 Kinematic analysis – Mechanism type R-RR-R.....	43
A2 Kinematic analysis – Mechanism type R-RR-P	44
A3 Kinematic analysis – Mechanism type P-RR-R	44
A4 Kinematic analysis – Mechanism type P-RR-P.....	45
A5 Computational dimensional synthesis – Mechanism type R-RR-R.....	46
Bibliography	48

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Weitere aktuelle Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2121.

Einleitung

In vielen Bereichen des Maschinen- und Gerätebaus – insbesondere z.B. in Verarbeitungs- und Verpackungsmaschinen sowie in Handhabungssystemen – werden nach wie vor zur Erzeugung, Wandlung und Weiterleitung ungleichmäßiger Bewegungsverläufe häufig einfache Mechanismen in Form kinematisch ebener, viergliedriger Gelenkgetriebe mit Dreh- und Schubgelenken (auch als Koppelgetriebe oder Kurbelgetriebe bezeichnet) eingesetzt. Da diese Getriebe in ihren kinematisch relevanten Abmessungen jedem Einsatzfall individuell angepasst werden müssen, besteht breiter Bedarf an praxishilfreichen Auslegungshilfen. Während für spezielle Bewegungs- und Eigenschaftsanforderungen bereits verschiedene VDI-Richtlinien vorliegen (z.B. VDI 2123 bis VDI 2126 und VDI 2130), wird hier die sogenannte „Maßsynthese“ für die Erfüllung allgemeiner Bewegungsvorgaben behandelt.

Dabei wird eine bestimmte Anzahl von einander zugeordneten Stellungen des Antriebs- und des Abtriebsglieds vorgegeben und es werden die kinematisch relevanten Abmessungen von Getrieben ermittelt, die diese sogenannten „Lagenzuordnungen“ erfüllen. Eine genauere Abgrenzung der in dieser Richtlinie behandelten Aufgabenstellungen folgt in Abschnitt 4.

Diese Richtlinie und eine (Folge-)Richtlinie VDI 2122 (in Vorbereitung) umfassen zusammen alle Bauformen viergliedriger ebener Gelenkgetriebe, die sich aus den in der Richtlinie VDI 2145 definierten viergliedrigen kinematischen Ketten mit bis zu zwei Schubgelenken ableiten lassen. Je nach Lagerung des Antriebs- und des Abtriebsglieds mit einem Dreh- oder einem Schubgelenk im Gestell werden somit alle vier prinzipiell möglichen Übertragungskombinationen „Drehung in

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

Further current information is available on the Internet at www.vdi.de/2121.

Introduction

In many areas of mechanical engineering and equipment design – especially, for example, in processing and packaging machines and also in handling systems – simple mechanisms in the form of kinematically planar, four-bar linkages with revolute and prismatic joints (also known as coupler mechanisms or crank mechanisms) are still used for the generation, conversion, and transmission of uneven movements. Since these mechanisms must be individually adapted to each application in their kinematically relevant dimensions, there is a broad need for practical design aids. While various VDI Standards already exist for special movement- and characteristic-related requirements (e.g. VDI 2123 to VDI 2126, and VDI 2130), so-called “dimensional synthesis” for fulfilling of general movement requirements is dealt with here.

A certain number of mutually assigned positions of the input and output links are prescribed here and the kinematically relevant mechanism dimensions which meet these so-called “position assignments” are determined. A more precise delimitation of the tasks covered in this standard follows in Section 4.

This standard and a (follow-up) standard, VDI 2122 (in preparation), together cover all types of four-bar planar linkages which can be derived from the four-bar kinematic chains with up to two prismatic joints that are defined in standard VDI 2145. Depending on the mounting of the input and output links with a revolute or a prismatic joint in the frame, all four transmission combinations that are in principle possible are thus covered, namely “rotation into rotation”, “rotation into

Drehung“, „Drehung in Schub“, „Schub in Drehung“ und „Schub in Schub“ abgedeckt. Die vorliegende Richtlinie behandelt dabei diejenigen Bauformen, bei denen das Koppelglied sowohl mit dem Antriebs- als auch mit dem Abtriebsglied durch ein Drehgelenk verbunden ist. In der Richtlinie VDI 2122 (in Vorbereitung) folgt dann die Behandlung der weiteren Bauformen, die ein Dreh- und ein Schubgelenk am Koppelglied aufweisen.

In Abschnitt 3 werden zunächst die hier verwendeten Abmessungsdaten der behandelten Getriebebauformen definiert und die Gleichungen angegeben, die zur (nachträglichen) rechnerischen kinematischen Analyse der jeweiligen Bauform bei einem bereits vorliegenden oder vorab ermittelten kompletten Satz von Abmessungsdaten erforderlich sind.

Im Hauptteil der Richtlinie werden, einleitend in Abschnitt 4, zunächst grundlegende Aspekte der Maßsynthese von Gelenkgetrieben und der praktischen Anwendung entsprechender Verfahren diskutiert. Abschnitt 5 behandelt dann die zeichnerische Maßsynthese für grundlegende Aufgabenstellungen. Die gezeigten grafischen Konstruktionen können zum schnellen Durchspielen möglicher Lösungsvarianten auch direkt in verfügbaren Programmen zur rechnerunterstützten Geometrieverarbeitung mit variablen Vorgaben umgesetzt werden. Die rein rechnerische Lösung der gleichen Aufgabenstellungen wird im Abschnitt 6 gezeigt. Die dafür angegebenen, programmierfertig aufbereiteten Syntheseformeln können direkt in eigene Programmentwicklungen oder verfügbare Mathematiksoftware übernommen und dort dann auch mit den Analyseformeln aus Abschnitt 3 für eine unmittelbar anschließende vollständige kinematische Analyse jeder durchgespielten Auslegungsvariante kombiniert werden.

Abrundend gibt Abschnitt 7 einen Ausblick auf Lösungsansätze für anspruchsvollere Bewegungsanforderungen, die praxisgerecht nicht mehr zeichnerisch, sondern nur noch rechnerisch lösbar sind, im erforderlichen Rechenaufwand aber über den hier gesetzten Rahmen hinausgehen.

Letztlich enthält der Anhang Kontrollzahlenwerte für alle angegebenen Analyse- und Syntheseformeln zur schnellen Überprüfung der korrekten Übernahme in eigene Softwareentwicklungen.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie kann genutzt werden bei der Entwicklung und Auslegung von einfachen viergliedrigen Gelenkgetrieben, die in verschiedenen Bereichen des Maschinen- und Gerätebaus zum Einsatz kommen, insbesondere z.B. in Verarbeitungs- und

thrust“, “thrust into rotation” and “thrust into thrust”. The present standard deals with those types in which the coupling link is connected to both the input and the output link by a revolute joint. Standard VDI 2122 (in preparation) will then deal with the other types which have a revolute and a prismatic joint on the coupling link.

First of all, Section 3 defines the dimensional data used here for the mechanism types and provides the equations that are used for the (subsequent) computational kinematic analysis of the particular type when a complete set of dimensional data is already available or has been determined in advance.

In the main part of the standard fundamental aspects of the dimensional synthesis of linkages and of the practical application of the corresponding methods are first discussed by way of introduction in Section 4. Section 5 then deals with graphical dimensional synthesis for basic tasks. For a rapid run-through of possible solution variants the graphical designs shown can also be implemented directly in such programs as are available for computer-aided geometry processing with variable parameters. The purely computational solution to the same problems is presented in Section 6. The synthesis formulas that are provided for this and are ready for programming can be taken directly into one's own program developments or into available mathematics software where they can also be combined with the analysis formulas from Section 3 for an immediately subsequent complete kinematic analysis of each design variant.

Rounding off, Section 7 gives an outlook on approaches to solutions for more demanding movement requirements, which from the practical point of view can no longer be solved graphically but only computationally, still within the necessary limits of computing effort but nevertheless going beyond the remit set here.

Finally, the annex contains check numerical values for all specified analysis and synthesis formulas in order to afford a quick verification of the correct transfer into one's own software developments.

1 Scope

This standard can be used in the development and designing of simple four-bar linkages, which are used in various areas of mechanical engineering and equipment design, in particular e.g. in processing and packaging machines or in handling systems.

Verpackungsmaschinen oder bei Handhabungssystemen.

2 Normative Verweise

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 2145:1980-12 Ebene viergliedrige Getriebe mit Dreh- und Schubgelenken; Begriffserklärungen und Systematik

2 Normative references

The following referenced document is indispensable for the application of this standard:

VDI 2145:1980-12 Planar, four-bar linkages; Terminology, systematic approach