

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEUREEbene Gelenkgetriebe  
Übertragungsgünstige Umwandlung einer  
Antriebs-Drehschwingbewegung in eine  
Abtriebs-Drehschwingbewegung

VDI 2123

Planar mechanisms

Transfer of an input rocker motion  
into an output rocker motion with regard  
to optimum transmission angleAusg. 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
Vorbemerkung .....	3
Einleitung .....	3
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	5
<b>2 Formelzeichen und Indizes</b> .....	6
<b>3 Problembeschreibung</b> .....	6
3.1 Totlagen und Aufgabevarianten .....	6
3.2 Konfigurationstypen und Lösungsvarianten .....	8
3.3 Mathematische Grundlagen .....	10
<b>4 Vorgehensweise</b> .....	12
<b>5 Gleichläufige Lösungsvarianten</b> .....	14
5.1 Mit zwei Totlagen .....	14
5.2 Mit einer Totlage, Bereich I .....	16
5.3 Mit einer Totlage, Bereich II .....	17
5.4 Mit einer Totlage, Bereich III .....	18
5.5 Mit einer Totlage, Bereich IV .....	20
5.6 Ohne Totlagen, Bereich I .....	22
5.7 Ohne Totlagen, Bereich II .....	23
5.8 Ohne Totlagen, Bereich III .....	24
5.9 Ohne Totlagen, Bereich IV .....	26
<b>6 Gegenläufige Lösungsvarianten</b> .....	27
6.1 Mit zwei Totlagen .....	27
6.2 Mit einer Totlage, Bereich I .....	29
6.3 Mit einer Totlage, Bereich II .....	30
6.4 Ohne Totlagen .....	32
<b>Anhang A Diagramme</b> .....	33
A1 Diagramm des gleichläufigen Viergelenkgetriebes mit zwei Totlagen (E2) .....	33
A2 Diagramm des gleichläufigen Viergelenkgetriebes mit einer Totlage (E1) .....	34
A3 Diagramm des gleichläufigen Viergelenkgetriebes ohne Totlagen (Übersicht E0) .....	35

Contents	Page
Preliminary note .....	3
Introduction .....	3
<b>1 Scope</b> .....	5
<b>2 Symbols and indices</b> .....	6
<b>3 Problem description</b> .....	6
3.1 Dead positions and task variants .....	6
3.2 Configuration types and solution variants .....	8
3.3 Mathematical basics .....	10
<b>4 Procedure</b> .....	12
<b>5 Co-rotating solution variants</b> .....	14
5.1 With two dead positions .....	14
5.2 With one dead position, area I .....	16
5.3 With one dead position, area II .....	17
5.4 With one dead position, area III .....	18
5.5 With one dead position, area IV .....	20
5.6 Without dead positions, area I .....	22
5.7 Without dead positions, area II .....	23
5.8 Without dead positions, area III .....	25
5.9 Without dead positions, area IV .....	26
<b>6 Counter-rotating solution variants</b> .....	27
6.1 With two dead positions .....	27
6.2 With one dead position, area I .....	29
6.3 With one dead position, area II .....	30
6.4 Without dead positions .....	32
<b>Annex A Diagrams</b> .....	33
A1 Diagram of the co-rotating four- member mechanism with two dead positions (E2) .....	33
A2 Diagram of the co-rotating four- member mechanism with one dead position (E1) .....	34
A3 Diagram of the co-rotating four- member mechanism without dead positions (overview E0) .....	35

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)

Fachbereich Getriebe und Maschinenelemente

VDI-Handbuch Getriebetechnik I: Ungleichförmig übersetzende Getriebe

<b>Inhalt</b>	Seite
A4 Diagramm des gleichläufigen Viergelenkgetriebes ohne Totlagen (E0-III) .....	36
A5 Diagramme des gegenläufigen Viergelenkgetriebes mit zwei Totlagen (C2) .....	37
A6 Diagramm des gegenläufigen Viergelenkgetriebes mit einer Totlage (C1) .....	38
A7 Diagramm des gegenläufigen Viergelenkgetriebes ohne Totlagen (C0) .....	39
<b>Anhang B</b> Kennzeichnung der Lösungen (Übersicht) .....	40
<b>Anhang C</b> Analyseberechnungen .....	41
Schrifttum .....	43

<b>Contents</b>	Page
A4 Diagram of the co-rotating four-member mechanism without dead positions (E0-III) .....	36
A5 Diagrams of the counter-rotating four-member mechanism with two dead positions (C2) .....	37
A6 Diagram of the counter-rotating four-member mechanism with one dead position (C1) .....	38
A7 Diagram of the counter-rotating four-member mechanism without dead positions (C0) .....	39
<b>Annex B</b> Labelling of the solutions (overview) .....	40
<b>Annex C</b> Analysis calculations .....	41
Bibliography .....	43

## 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](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

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

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/2123](http://www.vdi.de/2123).

## Einleitung

Diese Richtlinie behandelt die nachfolgend beschriebene Entwurfsaufgabe eines Viergelenkgetriebes.

Das Getriebe soll gemäß Bild 1 beim Durchlauf von einer Anfangsstellung 1 in eine Endstellung 2 einem vorgegebenen Hubwinkel  $\varphi_H$  am Antriebsglied einen ebenfalls vorgegebenen Hubwinkel  $\psi_H$  am Abtriebsglied zuordnen. Dabei kann die Bewegungsübertragung vom Antrieb auf den Abtrieb entweder mit gleicher Drehrichtung (gleichläufig, Bild 1a) oder mit entgegengesetzter Drehrichtung (gegenläufig, Bild 1b) erfolgen. Die Umwandlung dieser Drehschwingbewegung soll übertragungsgünstig sein und keinen Rücklauf aufweisen.

Varianten der Aufgabenstellung entstehen durch Totlagen in der Anfangs- und/oder Endstellung des Bewegungsbereichs: Je nach Anwendung kann gefordert oder zugelassen sein, dass in der Anfangslage und/oder Endlage eine Totlage erreicht wird. Mit der Unterscheidung in „gleichläufig“ und „gegenläufig“ und mit zwei, einer oder keiner Totlage entstehen somit sechs Hauptvarianten der Aufgabe.

Wie bekannt [1], kann mithilfe des Übertragungswinkels  $\mu$  ein Maß für die Übertragungsgüte definiert werden<sup>1)</sup>. Das übertragungsgünstigste Getriebe liegt vor, wenn der kleinste Übertragungswinkel ( $\mu_{\min}$ ) im durchlaufenden Bewegungsbereich so groß wie möglich ist.

## 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](http://www.vdi.de/richtlinien)) specified in the VDI Notices.

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

A catalogue of all available parts of this series of standards and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at [www.vdi.de/2123](http://www.vdi.de/2123).

## Introduction

This standard deals with the design task of a four-member mechanism described below.

According to Figure 1, when passing from an initial position 1 to an end position 2, the mechanism should assign a predetermined stroke angle  $\varphi_H$  at the input member to a likewise predetermined stroke angle  $\psi_H$  at the output member. The motion transmission from the input to the output can either take place with the same direction of rotation (co-rotating, Figure 1a) or with the opposite direction of rotation (counter-rotating, Figure 1b). The conversion of this rotational oscillating movement should be most favourable in terms of transmission and should not have any reverse motion.

Variants of the task arise from dead positions in the initial and/or final position of the movement range: Depending on the application, it can be required or permitted that a dead position is reached in the initial position and/or final position. With the differentiation into “co-rotating” and “counter-rotating” and with two, one or no dead position, six main variants of the task thus arise.

As is known [1], the transmission angle  $\mu$  can be used to define a measure of the transmission quality<sup>1)</sup>. The transmission is most favourable if the smallest transmission angle ( $\mu_{\min}$ ) in the range of motion is as large as possible.

<sup>1)</sup> Beim Viergelenkgetriebe ist der Übertragungswinkel  $\mu$  der spitze Winkel zwischen Koppel  $b$  und Abtriebsglied  $c$ . /  
In a four-member mechanism, the transmission angle  $\mu$  is to be the acute angle between coupler  $b$  and output member  $c$ .

Es hat sich gezeigt, dass bei der übertragungsgünstigsten Lösung dieser Aufgabe das Antriebsglied immer eine Streck- oder eine Decklage mit dem Steg  $A_0B_0$  durchläuft. In dieser Zwischenlage 3 tritt ein lokales Minimum  $\mu_3 = \mu_{\min}$  des Übertragungswinkels auf, das bei der übertragungsgünstigsten Lösung immer kleiner oder maximal gleich dem Übertragungswinkel in der Anfangs- und in der Endstellung (Benennung:  $\mu_1$  und  $\mu_2$ ) ist.

Es kommt oft vor, dass die übertragungsgünstigste Lösung eine besondere Eigenschaft hat: Der kleinste Übertragungswinkel tritt auch in der Anfangslage und/oder der Endlage auf ( $\mu_1 = \mu_3 = \mu_{\min}$  oder  $\mu_2 = \mu_3 = \mu_{\min}$ ). Die Lösungsverfahren basieren auf solchen Eigenschaften und so entstanden zu den sechs Hauptvarianten der Aufgabe insgesamt 21 unterschiedliche Lösungsvarianten mit je einem Lösungsbereich im  $(\varphi_H, \psi_H)$ -Feld.

Diese Richtlinie wird die beiden Richtlinien VDI 2123:2008-09 und VDI 2124:2008-09 ersetzen. Mit diesen Richtlinien konnten die Anwendenden bereits mithilfe eines Diagramms feststellen, ob die obenstehende Entwurfsaufgabe lösbar ist, welche Übertragungsgüte höchstens erreichbar ist und mit welchem Verfahren die übertragungsgünstigste Lösung erfolgt. Angegeben waren die zeichnerischen Lösungsverfahren und die Diagramme für die abzulesenden Hilfsgrößen.

Gegenüber diesen Vorgängern ist es gelungen, folgende Verbesserungen aufzunehmen:

- Durch die Unterscheidung der Totlagen in geforderte oder zulässige wird die Aufgabenstellung klarer und ist präziser zu formulieren.
- Neben den zeichnerischen Verfahren werden auch die Formeln für die rechnerischen Verfahren angegeben. Neben einer exakten Ermittlung der Abmessungen ermöglicht das die Erstellung kleiner Programme und somit eine schnellere Variation möglicher Lösungen.
- MS-Excel<sup>®</sup>-Rechenblätter aller Lösungsverfahren wurden ergänzt; mit ihnen sind die Berechnungen einfach durchzuführen und sie zeigen die Abmessungen des Lösungsgetriebes. Zusätzlich werden die Verläufe der Übertragungsfunktion und des Übertragungswinkels dargestellt und die Genauigkeitskriterien zur Nachprüfung der Ergebnisse angegeben. Die Rechenblätter sind frei verfügbar in Deutsch und Englisch [9].
- Bei solchen rechnerischen Lösungsverfahren, die ein iteratives Vorgehen erfordern, können die Hilfsgrößen aus einem Diagramm entnommen werden. Falls notwendig oder erwünscht, kann durch manuelles Variieren die Genauigkeit des Ergebnisses verbessert werden.

It has been shown that in the most favourable transmission solution of this task, the input member always passes through a stretching or a covering position with the frame link  $A_0B_0$ . In this intermediate position 3, a local minimum  $\mu_3 = \mu_{\min}$  of the transmission angle occurs, which is always smaller than or at most equal to the transmission angle in the initial and final position (terms:  $\mu_1$  and  $\mu_2$ ) in the most favourable transmission solution.

It often happens that the most favourable transmission solution has a special property: The smallest transmission angle also occurs in the initial position and/or the final position ( $\mu_1 = \mu_3 = \mu_{\min}$  or  $\mu_2 = \mu_3 = \mu_{\min}$ ). The solution methods are based on such properties and thus a total of 21 different solution variants were created for the six main variants of the task, each with a solution range in the  $(\varphi_H, \psi_H)$  field.

This standard will replace the two standards VDI 2123:2008-09 and VDI 2124:2008-09. With these standards, the user could already determine with the help of a diagram whether the above design task can be solved, which transmission quality is achievable at most and with which method the most favourable transmission solution is achieved. The graphical solution methods and the diagrams for the auxiliary variables to be read off were given.

Compared to these predecessors, it has been possible to include the following improvements:

- By differentiating the dead positions into required or allowed ones, the task becomes clearer and is to be formulated more precisely.
- In addition to the drawing procedures, the formulas for the computational procedures are also given. In addition to an exact determination of the dimensions, this enables the creation of small programmes and thus a faster variation of possible solutions.
- MS-Excel<sup>®</sup> calculation sheets of all solution methods have been added; with them the calculations are easy to perform and they show the dimensions of the solution mechanism. In addition, the curves of the transfer function and the transfer angle are shown and the accuracy criteria for checking the results are given. The calculation sheets are freely available in German and English [9].
- In such computational solution procedures that require an iterative approach, the auxiliary variables can be taken from a diagram. If necessary or desired, the accuracy of the result can be improved by manual variation.

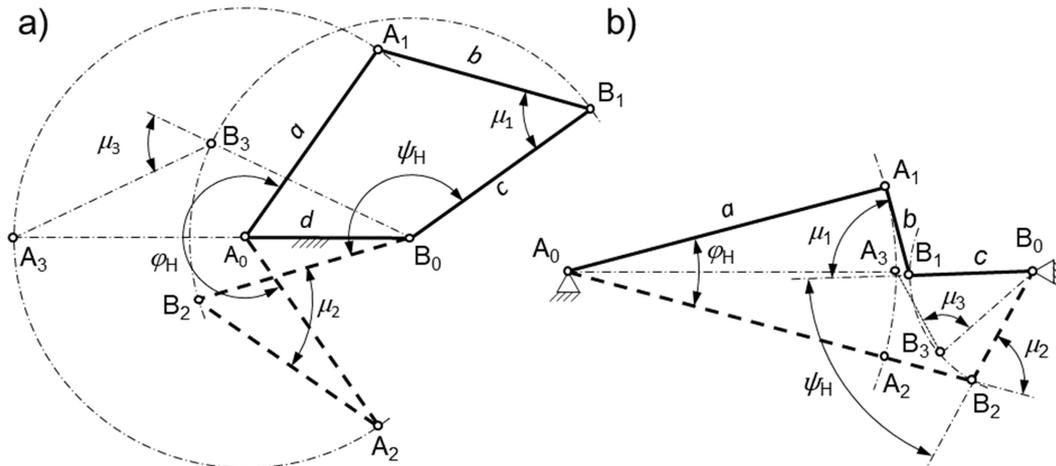


Bild 1. a) Gleichläufiges und b) gegenläufiges Viergelenkgetriebe

- Für die gleichläufige Aufgabe konnten bisher unbekannte Lösungsbereiche erschlossen werden.

Der Verlauf der Übertragungsfunktion selbst ist kein Gegenstand der Richtlinie. Falls weitere Forderungen an den Verlauf gestellt werden, kann man andere Verfahren benutzen (z.B. VDI 2121, VDI 2122 und [8]), allerdings auf Kosten der Übertragungsgüte.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie unterstützt den Entwurf von Maschinen mit einem schwingenden Funktionsglied, wobei die Bewegung aus einer anderen Schwingbewegung in der Maschine abgeleitet werden kann. Das Viergelenkgetriebe eignet sich dazu als die einfachste mechanische Struktur. Bei der Anwendung können unterschiedliche Eigenschaften der Bewegungsübertragung berücksichtigt werden, wie Hubvergrößerung oder Hubverkleinerung, Übertragungsgüte und das Beeinflussen des Verlaufs der Bewegung des Funktionsglieds. Insbesondere können zum Erreichen einer gesicherten Endlage des Funktionsglieds Totlagen eingesetzt werden, eventuell mit einem hohen Abtriebsmoment oder zur Reduzierung der Stoßempfindlichkeit. Anwendungen findet man bei Stellgetrieben (z.B. Fenster schließen), langsamen Bewegungen (z.B. Scheibenwischer), handbetätigten Geräten (z.B. Astschere, Maschinen für den Straßenbau, die Landwirtschaft) und schnelllaufenden Maschinen für die Massenfertigung (z.B. Verpackungsmaschinen).

Figure 1. a) Co-rotating and b) counter-rotating four-member mechanism

- For the co-rotating task, previously unknown solution areas could be opened up.

The course of the transfer function itself is not subject to the standard. If further demands are made on the course, other procedures can be used (e.g., VDI 2121, VDI 2122, and [8]), but at the expense of the transmission quality.

## 1 Scope

This standard supports the draft of machines with an oscillating functional member, where the movement can be derived from another oscillating movement in the machine. The four-member mechanism is suitable for this purpose as the simplest mechanical structure. In the application, different characteristics of the motion transmission can be considered, such as stroke increase or decrease, transmission quality, and influencing the course of the motion of the functional link. In particular, dead positions can be used to achieve a safe end position of the functional element, possibly with a high output torque or to reduce the shock sensitivity. Applications can be found in actuators (e.g., closing windows), slow movements (e.g., windscreen wipers), manually operated devices (e.g., loppers, machines for road construction, agriculture) and high-speed machines for mass production (e.g., packaging machines).