

Übersicht über sämtliche Umlauf- und Schwingbewegungen in durchlaufähigen, sechsgliedrigen Getrieben

Von Kurt Hain, Braunschweig-Völkenrode¹⁾

In einer vorangegangenen Untersuchung [1] wurde gezeigt, wie bestimmte Gesetze für die Verteilung von Umlauf- und Schwingpolen auf Polgeraden für sechsgliedrige, kinematische Ketten angewendet werden können. Damit ergeben sich 16 verschiedenartige Ketten dieser Gliederzahl mit unterschiedlicher Verteilung der Umlauf- und Schwinggelenke. Gegenüber dem einfachen Gelenkviereck [2] treten insofern größere Möglichkeiten auf, als es Polgerade mit Doppelumlaufpolen gibt, d. h., in sechsgliedrigen Getrieben können einige Getriebeglieder relativ zueinander zweimalig umlaufen, während andere Relativbewegungen nur durch einmalige Umläufe oder durch Schwingungen gekennzeichnet sind. In sechsgliedrigen Getrieben sind erstmalig Doppelgelenke, d. h. gelenkige Verbindungen dreier Getriebeglieder möglich. Ein solches Doppelgelenk stellt dann eine entartete Polgerade dar, für die die gewonnenen Erkenntnisse der normalen Polgeraden Geltung haben.

Im vorliegenden Aufsatz werden die Ergebnisse der Untersuchungen über sechsgliedrige Ketten systematisch zusammengestellt. Es ist für viele praktische Fälle wichtig zu wissen, welche und wieviele Getriebeglieder relativ zueinander umlaufen oder nur schwingen, wobei sich die Umlauffähigkeit wie auch die Einschränkung auf eine Schwingbewegung vorteilhaft hinsichtlich des Massenausgleiches oder des Platzbedarfes senkrecht zu

In Bild 1 sind zunächst die sechsgliedrigen kinematischen Ketten mit dem Laufgrad $F = +1$ als die Ketten I, II, III, IV ohne Berücksichtigung ihrer Umlauffähigkeit zu erkennen. Die Ketten I und II haben Einfachgelenke, die Kette III hat ein Doppel- und die Kette IV zwei Doppelgelenke. Es gibt 5 Ketten (A) mit zwei Umlaufgelenken, 8 Ketten (B) mit drei und 3 Ketten (C) mit vier Umlaufgelenken. Somit stehen also 16 Ketten mit verschiedenartiger Anordnung der Umlaufgelenke zur Verfügung. Besonders hervorzuheben sind die Ketten II Ca₂ und II Cb₂, bei denen Doppelumläufe zustande kommen können; in der ersten Kette zwischen nicht benachbarten, in der zweiten zwischen benachbarten Gliedern. In den Ketten III Ba und III Bb sind in je einem Doppelgelenk zwei Relativumlauf- und eine Relativschwingbewegung vorhanden.

Übersicht über Pole und Polgerade

Jede sechsgliedrige, zwangsläufige Kette hat 15 Pole, die Umlauf- oder Schwingpole sein können [1], und in einzelnen Ketten können sogar Doppelumlaufpole auftreten. Für jede kinematische Kette in Bild 1 sind jeweils sämtliche 15 Pole hinsichtlich ihrer Eigenart als Doppel-, Einfach- oder Schwingpole zu berücksichtigen. Die Bedeutung der Pole als Umlauf-

Kettenschema	A 2 Umlaufgelenke				B 3 Umlaufgelenke			C 4 Umlaufgelenke			Anzahl d. Ketten
											3
											8
											4
											1
Anzahl d. Ketten	5				8			3			16

Bild 1. Übersicht über die umlaufähigen sechsgliedrigen Ketten mit Einfach- und mit Doppelgelenken.

den Bewegungsebenen auswirken können. Da die Umlauf- und Schwingpole die Art der jeweiligen Relativbewegung zweier Getriebeglieder zueinander kennzeichnen, lassen sich daraus alle möglichen Zuordnungen von Umlauf- zu Umlauf-, Umlauf- zu Schwing- sowie Schwing- zu Schwingbewegungen zusammensetzen. Außerdem ist aus den im folgenden aufgeführten Tafeln zu entnehmen, daß in einem sechsgliedrigen Getriebe gleichzeitig mehrere solcher Zuordnungen ausgenutzt werden können.

¹⁾ Der Verfasser dankt an dieser Stelle Herrn Rudolf Lyk für die wertvolle Mitarbeit bei der Vorbereitung dieses Aufsatzes. Herr Lyk hat die meisten der hier gezeigten Tafeln zusammengestellt.

Ing. Kurt Hain ist Abteilungsleiter im Institut für landtechnische Grundlagenforschung (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Batel) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.

oder Schwingpole soll sich hier auf durchschnittliche Relativbewegungen während einer Bewegungsperiode einer solchen kinematischen Kette beziehen, d. h. wenn eine Umlaufbewegung durch eine augenblickliche oder längere Rast, oder durch einen Pilgerschritt unterbrochen wird, sollen diese Unterbrechungen vorläufig noch unberücksichtigt bleiben. Die Bezeichnungen des Poles als Umlauf- oder Schwingpol gelten in jedem Falle für die Gesamtbewegung während einer Periode, die bei den sechsgliedrigen Ketten durch einen Umlauf eines Einfachumlaufpoles oder durch zwei Umläufe eines Doppelumlaufpoles gekennzeichnet ist.

Aus Tafel 1 ist ersichtlich, welche Art von Polen jede der 16 kinematischen Ketten enthält. Für die Pole der kinematischen Ketten werden folgende Symbole gewählt: Für reelle Pole gelten durchgehende, für ideelle Pole gestrichelte Linien; Schwingpole

Tafel 1. Die Polarten der 16 Ketten in Bild 1.

Zeichenerklärung	reelle Pole (Gelenke)						Schwing-	Einfach-	Doppel-						
							pole	Umlaufpole	Umlaufpole						
							---	==	===						
ideelle Pole															
Pol	12	13	14	15	16	23	24	25	26	34	35	36	45	46	56
I Aa	==	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
I Ba	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
I Bb	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
II Aa	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
II Ab	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
II Ac	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
II Ba	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
II Bb	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
II Ca ₁	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
II Ca ₂	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
II Cb ₂	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
III Aa	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
III Ba	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
III Bb	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
III Bc	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
IV Ba	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==

sind durch eine, Einfachumlaufpole durch zwei, Doppelumlaufpole durch drei parallele Linien gekennzeichnet worden.

In **Tafel 2** ist dargestellt, wieviel Pole der verschiedenen Art in jeder Kette vorkommen, wobei die Gesamtsumme der Pole in jeder Kette 15 betragen muß. Die Verteilung der reellen Pole, d. h. der Gelenke als Umlauf- oder Schwinggelenke, wurde der Getriebeschemazusammenstellung in Bild 1 angepaßt. Darüber hinaus ist es aber wertvoll zu wissen, wie die Verteilung der ideellen Pole in diesen Ketten zustande kommt. Es gibt 5 Ketten mit zwei reellen, 8 Ketten mit drei und 3 Ketten mit vier Umlaufgelenken. Man findet aber 6 Ketten mit zwei ideellen, 4 Ketten mit drei und keine einzige Kette mit vier Umlaufpolen, dafür entsteht aber 1 Kette mit fünf, 3 Ketten mit sechs und

Tafel 2. Zahl der reellen und ideellen Umlauf- und Schwingpole in sechsgliedrigen, zwangläufigen kinematischen Ketten.

Kette	reelle Pole			ideelle Pole			Pole insgesamt		
	Doppelumlaufpole	Einfachumlaufpole	Schwingpole	Doppelumlaufpole	Einfachumlaufpole	Schwingpole	Doppelumlaufpole	Einfachumlaufpole	Schwingpole
I Aa	—	2	5	—	3	5	—	5	10
I Ba	—	3	4	—	2	6	—	5	10
I Bb	—	3	4	—	6	2	—	9	6
II Aa	—	2	5	—	3	5	—	5	10
II Ab	—	2	5	—	3	5	—	5	10
II Ac	—	2	5	—	6	2	—	8	7
II Ba	—	3	4	—	6	2	—	9	6
II Bb	—	3	4	—	2	6	—	5	10
II Ca ₁	—	4	3	—	5	3	—	9	6
II Ca ₂	—	4	3	2	5	1	2	9	4
II Cb ₂	1	3	3	1	6	1	2	9	4
III Aa	—	2	6	—	3	4	—	5	10
III Ba	—	3	5	—	2	5	—	5	10
III Bb	—	3	5	—	2	5	—	5	10
III Bc	—	3	5	—	2	5	—	5	10
IV Ba	—	3	6	—	2	4	—	5	10

2 Ketten sogar mit sieben ideellen Umlaufpolen; im letzteren Falle kommen sogar ein oder zwei Doppelumläufe vor. Es ist beachtlich, daß z. B. die Kette II Ac nur zwei reelle Umlaufgelenke hat, daß in ihr aber sechs relative Umlaufbewegungen zwischen nichtbenachbarten Gliedern, also sechs ideelle Umlaufpole, vorhanden sind. Dies bedeutet, daß man mit einer sehr geringen Zahl von Umlaufgelenken, die man in manchen Fällen wegen der aufwendigeren Herstellung gegenüber den Nur-Schwinggelenken möglichst vermeiden sollte, eine wesentlich höhere Zahl von ideellen Umlaufbewegungen erhält, d. h., man kann aufgrund dieser größeren Zahl von Umlaufbewegungen dann auch mit einem günstigeren Massenausgleich rechnen.

In **Tafel 3** ist zusammengestellt, wievielmals die Polgruppen in der Gesamtzahl der sechsgliedrigen kinematischen Ketten überhaupt vorkommen. Daraus ergibt sich, daß die Kombination 0:3:4 viermal mit reellen und einmal mit ideellen Polen erscheint, die Polgruppe 0:2:5 mit reellen Polen viermal und mit ideellen dreimal gefunden werden kann. In der Gesamtzahl der Pole, d. h. ungeachtet der Unterscheidung zwischen reellen und

ideellen Polen, ist die Anordnung 0:5:10 am meisten (zehnmals) vorhanden, während die anderen Gruppen 0:8:7 nur einmal, 0:9:6 dreimal und 2:9:4 zweimal erscheinen.

Die Verteilung der Polgeraden in den einzelnen Ketten ist aus **Tafel 4** ersichtlich. Tafel 4a zeigt, daß es insgesamt 17 verschiedene Arten von Polgeraden in sechsgliedrigen Ketten geben kann, wenn eine Unterteilung in Schwingpole, Einfachumlaufpole und Doppelumlaufpole sowie in reelle und ideelle Pole erfolgt. Von den Polgeraden kommen sehr viele nur einmal vor; am meisten, nämlich siebenmal, erscheint in der Kette II Ba die Polgerade mit einem reellen und einem ideellen Umlaufpol sowie mit einer reellen Schwingbewegung. Die Anzahl von 7 wird in keiner anderen Kette erreicht. Bei den Ketten III und IV, also bei den Ketten mit Doppelgelenken, sind die in diesen Doppelgelenken entarteten Polgeraden mit enthalten.

Übersicht über periodische Übertragungen

Welche Arten von periodischen Übertragungen mit Hilfe sechsgliedriger Getriebe sind nun ausführbar? **Tafel 5** zeigt alle Möglichkeiten dieser periodischen Übertragungen; nach **Tafel 5a** gibt es 20 verschiedene Arten solcher Übertragungen, wenn man auch hier, wie in **Tafel 4**, die periodischen Relativbewegungen zwischen je zwei Getriebegliedern zugrunde legt. Jede sechsgliedrige Kette hat 15 Pole, und daraus entstehen insgesamt 105 periodische Übertragungen, d. h. also 105 Quotienten zweier Winkelbewegungen. Von diesen 105 Übertragungen sind in jeder Kette 45 Diagonalübertragungen zu berücksichtigen. Als höchste Form hinsichtlich der vollen Umläufe erscheint die Übertragungsmöglichkeit zweier Umläufe in zwei Umläufe der Abtriebsbewegung, während alle übrigen Relativbewegungen Einfachumläufe oder Schwingbewegungen sind. Diese höchste Übertragungsmöglichkeit erscheint nach **Tafel 5** zweimal, und zwar in den Ketten II Ca₂ und II Cb₂, einmal von einem reellen zu einem ideellen und das andere Mal zwischen zwei ideellen

Tafel 3. Verteilung der Polgruppen in sechsgliedrigen, zwangläufigen kinematischen Ketten.

Polgruppe	Doppelumlaufpole	Einfachumlaufpole	Schwingpole	Zahl der Polgruppen		
				mit reellen Polen	mit ideellen Polen	mit Polen insgesamt
0:2:4	0	2	4	—	1	
0:2:5	0	2	5	4	3	
0:2:6	0	2	6	1	2	
0:3:4	0	3	4	4	1	
0:3:5	0	3	5	3	3	
0:3:6	0	3	6	1	—	
0:4:3	0	4	3	2	—	
0:5:3	0	5	3	—	1	
0:6:2	0	6	2	—	3	
1:3:3	1	3	3	1	—	
1:6:1	1	6	1	—	1	
2:5:1	2	5	1	—	1	
0:5:10	0	5	10			10
0:8:7	0	8	7			1
0:9:6	0	9	6			3
2:9:4	2	9	4			2

Tafel 4. Verteilung verschiedener Arten von Polgeraden in sechsgliedrigen, zwangläufigen kinematischen Ketten.

Tafel 4 a.

Kette \ Polgerade	Polgerade																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
I Aa	—	—	—	—	—	—	—	1	3	3	2	1	—	6	3	1	—
I Ba	—	—	—	—	—	—	—	3	4	2	—	1	—	3	6	1	—
I Bb	—	—	—	—	—	—	—	2	6	2	6	2	—	2	—	—	—
II Aa	—	—	—	—	—	—	—	1	4	2	1	2	—	5	5	—	—
II Ab	—	—	—	—	—	—	—	1	3	3	2	1	—	6	3	1	—
II Ac	—	—	—	—	—	—	—	—	6	2	6	2	—	4	—	—	—
II Ba	—	—	—	—	—	—	—	1	7	3	5	2	—	2	—	—	—
II Bb	—	—	—	—	—	—	—	3	3	3	1	—	—	4	4	2	—
II Ca ₁	—	—	—	—	—	—	—	3	6	4	3	2	—	1	1	—	—
II Ca ₂	—	2	—	2	2	—	1	1	6	2	3	—	—	1	—	—	—
II Cb ₂	2	—	1	3	—	1	—	1	5	—	4	2	—	1	—	—	—
III Aa	—	—	—	—	—	—	—	1	4	2	2	1	1	6	3	—	—
III Ba	—	—	—	—	—	—	—	1	3	3	1	—	—	6	3	1	—
III Bb	—	—	—	—	—	—	—	1	4	2	—	1	—	5	5	—	—
III Bc	—	—	—	—	—	—	—	3	4	2	1	—	—	1	4	4	1
IV Ba	—	—	—	—	—	—	—	1	4	2	1	—	—	1	6	3	—

Polen. Es gibt insgesamt 36 Übertragungen zwischen einem Doppelumlauf und einem Einfachumlauf, davon erscheinen 12 als Diagonalübertragungen, die also die Relativbewegung zwischen nichtbenachbarten Gliedern bedeuten. Die Umwandlung einer Doppelumlaufbewegung in eine Schwingbewegung erscheint 16mal, davon 12mal als Diagonalübertragung. Die Umwandlung zweier Umläufe in zwei Abtriebsumläufe zwischen reellen Polen ist, wie aus Tafel 5 ersichtlich, bei sechsgliedrigen Getrieben nicht möglich.

Die Übertragung zwischen zwei Einfachumlaufbewegungen dient im allgemeinen zur Erzeugung ungleichförmiger Umlaufbewegungen [3]. Nach Tafel 5 gibt es zwischen reellen Polen insgesamt 44 Möglichkeiten solcher „Doppelkurbelübertragungen“, wovon 12 als Diagonalübertragungen erscheinen. Insgesamt gibt es aber 298 Doppelkurbelübertragungen, wenn auch die Relativbewegungen nichtbenachbarter Glieder berücksichtigt werden. Welche Möglichkeiten im einzelnen hier bestehen, mit den aufgeführten kinematischen Ketten außerdem noch Umlaufrasten oder Pilgerschritte zu erzeugen, muß späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Als „Kurbelschwinggetriebe“ sollen solche Anordnungen verstanden werden, bei denen die Umwandlung einer Umlaufbewegung in eine Schwingbewegung durchgeführt werden kann.

Von dieser Übertragungsform gibt es nach Tafel 5 insgesamt 790 verschiedene Anordnungen (Übertragungen 14 bis 17). Zwischen reellen Polen erscheinen 196, wovon 118 Diagonalübertragungen sind (Übertragung 14). Es bleiben also 79 Möglichkeiten übrig, mit Hilfe von sechsgliedrigen Getrieben eine Umlaufbewegung in eine hin- und hergehende Bewegung zwischen paarweise benachbarten Gliedern durchzuführen. Wie weit in allen diesen Einzelfällen die Grenzen des einfachen Gelenkviereckes überschritten werden können, bedarf noch weiterer Forschungsarbeiten; insbesondere ist vielfach noch zu klären, welche Übertragungswinkel bei diesen Übertragungen zu berücksichtigen sind, in welcher Weise man also schon beim Entwurf solcher Getriebe die Gefahren des Klemmens übersehen kann. Es ist weiterhin zu untersuchen, welche größten Schwingwinkel erreichbar sind, welche Rasten mit welcher Rastdauer und Güte zu verwirklichen sind und vor allem auch,

Übertragung	Übertragung			
	1	2	3	4
E	—	—	—	—
F	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
G	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
H	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
I	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
K	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—

Tafel 5 a. Bedeutung der Symbole siehe Tafel 1

Tafel 5. Umlauf- und Schwingübertragungen in sechsgliedrigen Ketten (in Klammern: Diagonalübertragungen).

Übertragung \ Kette	Übertragung																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I Aa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	6	3	10	10	15	15	10	25	10
I Ba	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(—)	(—)	(—)	(7)	(5)	(8)	(10)	(4)	(7)	(4)
I Bb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	6	1	12	18	8	12	6	24	15
II Aa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(—)	(—)	(—)	(8)	(10)	(4)	(8)	(3)	(6)	(6)
II Ab	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	18	15	12	6	24	12	6	8	1
II Ac	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(1)	(10)	(7)	(6)	(—)	(6)	(6)	(4)	(4)	(1)
II Ba	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	6	3	10	10	15	15	10	25	10
II Bb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(—)	(—)	(—)	(7)	(5)	(8)	(10)	(4)	(7)	(4)
II Ca ₁	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	12	15	10	4	30	12	10	10	1
II Ca ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(1)	(4)	(7)	(4)	(2)	(12)	(6)	(6)	(2)	(1)
II Cb ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	18	15	12	6	24	12	6	8	1
III Aa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(2)	(8)	(8)	(5)	(1)	(7)	(5)	(4)	(4)	(1)
III Ba	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	6	1	12	18	8	12	6	24	15
III Bb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(—)	(—)	(—)	(9)	(3)	(9)	(2)	(8)	(5)	(5)
III Bc	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	20	10	12	12	15	15	3	9	3
IV Ba	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(3)	(10)	(5)	(6)	(2)	(3)	(7)	(2)	(5)	(2)
Summe	1	1	3	6	11	16	3	1	9	3	44	156	98	196	166	247	181	133	287	108
	(—)	(—)	(1)	(2)	(2)	(7)	(2)	(1)	(6)	(3)	(12)	(50)	(40)	(118)	(75)	(99)	(110)	(62)	(83)	(47)

Tafel 6. Anzahl der Pole, Polgeraden und periodischen Übertragungen in sechsgliedrigen Getrieben.

Kette	Anzahl der						Anzahl der				Anzahl der periodischen					
	Doppel- umlauf- pole	reellen Einfach- umlauf- pole	Schwing- pole	ideellen Doppel- umlauf- pole	Einfach- umlauf- pole	Schwing- pole	Polgeraden	A	B	C	D	E	F	G	H	I
I Aa	0	2	5	0	3	5	—	—	10	10	—	—	—	10	50	45
I Ba	0	3	4	0	2	6	—	—	10	10	—	—	—	(0)	(30)	(15)
I Bb	0	3	4	0	6	2	—	—	18	2	—	—	—	36	54	15
II Aa	0	2	5	0	3	5	—	—	10	10	—	—	—	(18)	(18)	(9)
II Ab	0	2	5	0	3	5	—	—	10	10	—	—	—	10	50	45
II Ac	0	2	5	0	6	2	—	—	16	4	—	—	—	(0)	(30)	(15)
II Ba	0	3	4	0	6	2	—	—	18	2	—	—	—	28	56	21
II Bb	0	3	4	0	2	6	—	—	10	10	—	—	—	(12)	(24)	(9)
II Ca ₁	0	4	3	0	5	3	—	—	18	2	—	—	—	36	54	15
II Ca ₂	0	4	3	2	5	1	6	1	12	1	1	18	8	(18)	(18)	(9)
II Cb ₂	1	3	3	1	6	1	6	1	12	1	(0)	(6)	(6)	36	36	6
III Aa	0	2	6	0	3	4	—	—	10	10	—	—	—	(0)	(30)	(15)
III Ba	0	3	5	0	2	5	—	—	10	10	—	—	—	(0)	(30)	(15)
III Bb	0	3	5	0	2	5	—	—	10	10	—	—	—	(0)	(30)	(15)
III Bc	0	3	5	0	2	5	—	—	10	10	—	—	—	10	50	45
IV Ba	0	3	6	0	2	4	—	—	10	10	—	—	—	(0)	(30)	(15)
														(0)	(30)	(15)

*) Die Bedeutung der Spalten A bis K siehe Tafel 4 und 5. Bei den periodischen Übertragungen ist die Gesamtzahl der Übertragungen angegeben; in Klammern steht die jeweilige Anzahl der Diagonalübertragungen.

wie weit die Getriebeteile während ihrer gesamten Bewegung auf engstem Raum untergebracht werden können. Eine besondere Rolle spielen dabei die Verstellmöglichkeiten, die eine Anpassung einer Maschine an veränderliche technologische Arbeitsbedingungen ermöglichen [4 bis 9].

Eine große Gruppe bilden noch die Doppelschwingübertragungen, d. h. das Verhältnis aller Schwingbewegungen in den kinematischen Ketten zueinander. Bei den vorliegenden Untersuchungen ist besonders darauf zu achten, daß solche Doppelschwingübertragungen in allen Fällen mit anderen in diesen Übertragungen nicht unmittelbar gekennzeichneten Umlaufbewegungen verbunden sind, d. h., es werden Doppelschwingübertragungen in umlaufähigen Ketten betrachtet. Neben den umlaufähigen Getrieben gibt es die große Gruppe der nichtumlaufähigen Getriebe, der sogenannten totalschwingenden Getriebe, die, wie am Beispiel des Gelenkviereckes gezeigt werden konnte [10], auch von einer umlaufenden zusätzlich angeordneten Kurbel angetrieben werden können. Bei den sechsgliedrigen Ketten müssen auch hier höhere Möglichkeiten vorhanden sein, die jedoch späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben müssen.

In **Tafel 6** sind noch einmal alle Ketten hinsichtlich der Anzahl ihrer Pole und der Arten der periodischen Übersetzungen herausgestellt worden. So zeigt sich, daß es nur 4 Arten von Polgeraden gibt, wenn man die Verteilung von reellen und ideellen Polen unberücksichtigt läßt. Für die Ketten, die Einfachumläufe aufweisen, gibt es nur 3 verschiedene Gruppen von Polgeraden mit der Zuordnung von Umlaufpolen zu Schwingpolen, nämlich mit den Verhältnissen 10:10; 16:4 und 18:2. Auch bei den Vergleichen der periodischen Übertragungen gibt es in den beiden Ketten (II Ca₂ und II Cb₂) mit Doppelumläufen nur je eine Verteilungsform, während bei den Ketten mit Einfachumläufen drei verschiedene Gruppen von Doppelkurbel-, Kurbelschwingen- und Doppelschwingenübertragungen erkannt werden können, nämlich die Verhältnisse 10:50:45; 28:56:21 und 36:54:15.

Die aus den kinematischen Ketten entstehenden sechsgliedrigen umlaufähigen Getriebe

Die in Bild 1 enthaltenen sechsgliedrigen kinematischen Ketten unterscheiden sich hinsichtlich der Umlaufähigkeit ihrer Gelenke. Aus jeder dieser Kette entstehen so viele Getriebe, wie diese Kette Glieder hat, wenn man nacheinander jedes Getriebeglied als Gestellglied bestimmt. So erhält man im **Bild 2** aus der Kette IAa sechs verschiedene Getriebe mit den Gestellgliedern 1 bis 6. Jedes dieser Getriebe läßt sich im einzelnen erklären, so z. B. das Getriebe 1 als ein zusammengesetztes Getriebe aus einem Erstgelenkviereck als Kurbelschwinge und aus einem zweiten nachgeschalteten Gelenkviereck mit nur schwingenden Relativbewegungen. Das Getriebe 2 ist eine Doppelkurbel, d. h., die im Gestell 2 gelagerten Glieder 1 und 3 vollführen Umlaufbewegungen, während ein überlagertes Gelenkviereck mit dem Zweischlag 5—6 in seinen Gelenken nur Schwingbewegungen ausführen kann. Das Getriebe 5 hat eine höhere Koppelebene 2, die relativ zu ihren benachbarten Gliedern 1 und 3 Umlaufbewegungen ausführt, während alle übrigen Gelenke, auch die Gestellgelenke im Gestell 5, nur Schwingbewegungen beschreiben.

In der Kette I Ba, Bild 2, ist zu erkennen, daß z. B. die Getriebeglieder 2 und 6 einander gleichwertig sind, denn sie führen beide vom Gestell 1 von einem Umlaufgelenk zu einem binären Glied, das dann mit einem ternären Glied 4 wieder über ein Schwinggelenk in Verbindung steht. In der gleichen Weise sind in dieser Kette auch die Glieder 3 und 5 einander gleichwertig. Diese Gleichwertigkeit bedeutet, daß bei der Wahl der Glieder 2 oder 6 zum Gestell gleichartige Getriebebauformen entstehen. Es hat keinen Sinn, diese gleichartigen Bauformen in einer Systematik nebeneinander bestehen zu lassen. Aus diesem Grunde sind in den folgenden Zusammenstellungen alle solche gleichartigen Getriebe nur einmal aufgeführt worden, und deshalb muß auch für jede Kette eine besondere Untersuchung angestellt werden, wie z. B. auch bei der Kette I Bb in Bild 2, aus der wegen der Gliedgleichwertigkeit von 1 = 4, 2 = 5 und 3 = 6 nur drei verschiedenartige Getriebe 11, 12 und 13 entstehen.

Bild 2

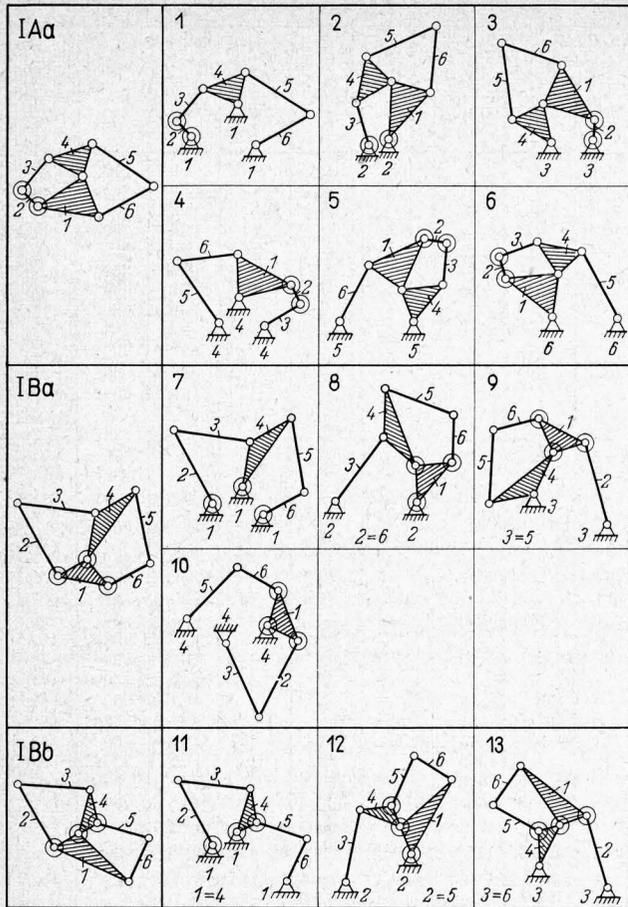


Bild 3

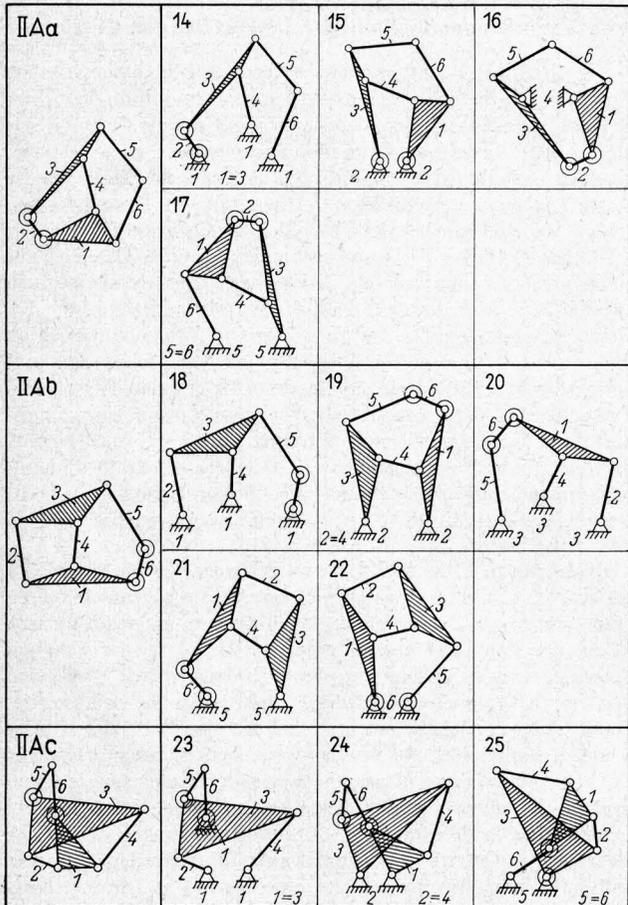


Bild 2. Sechsgliedrige umlauffähige Getriebe aus der Watt'schen Kette I.

Bild 3. Sechsgliedrige umlauffähige Getriebe mit zwei Umlaufgelenken aus der Stephenson'schen Kette II.

Bild 4

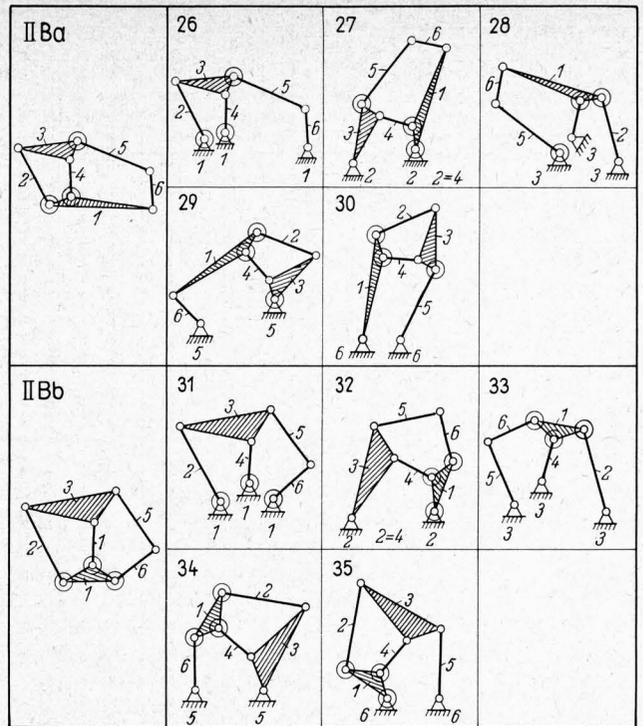


Bild 5

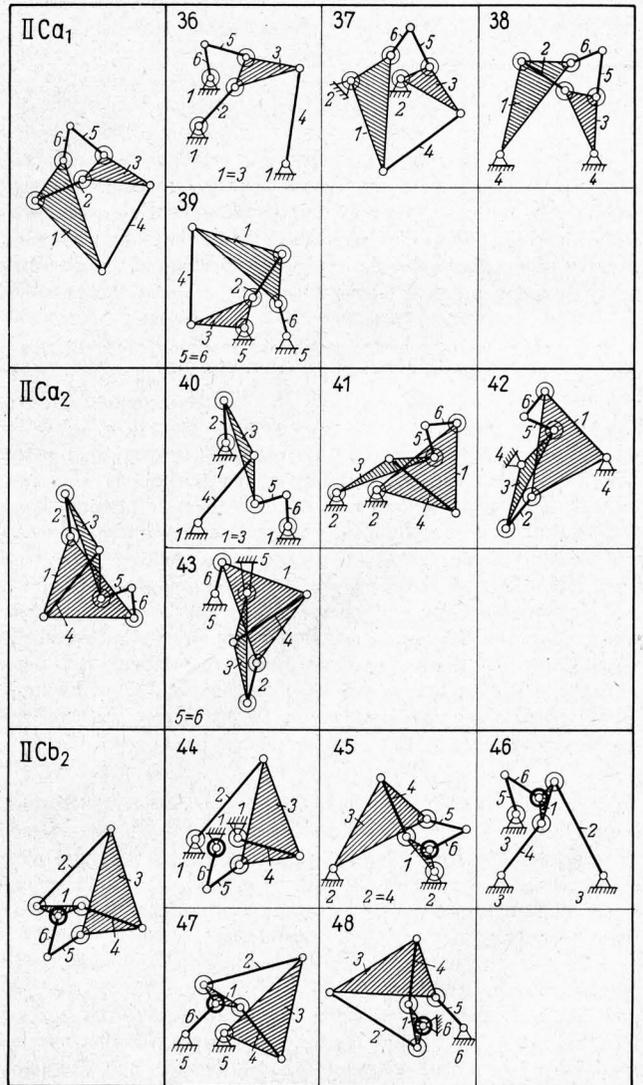


Bild 4. Sechsgliedrige umlauffähige Getriebe mit drei Umlaufgelenken aus der Stephenson'schen Kette II.

Bild 5. Sechsgliedrige umlauffähige Getriebe mit vier Umlaufgelenken aus der Stephenson'schen Kette II.

Bild 6

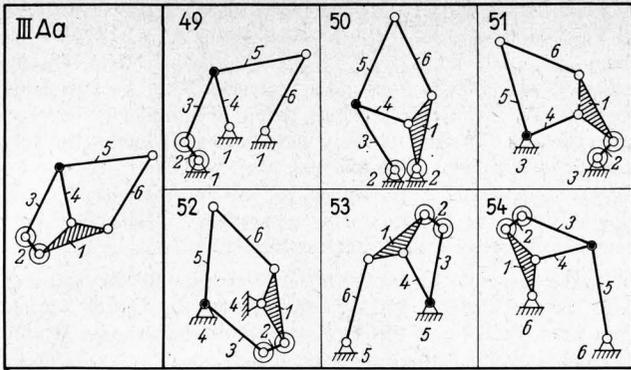


Bild 7

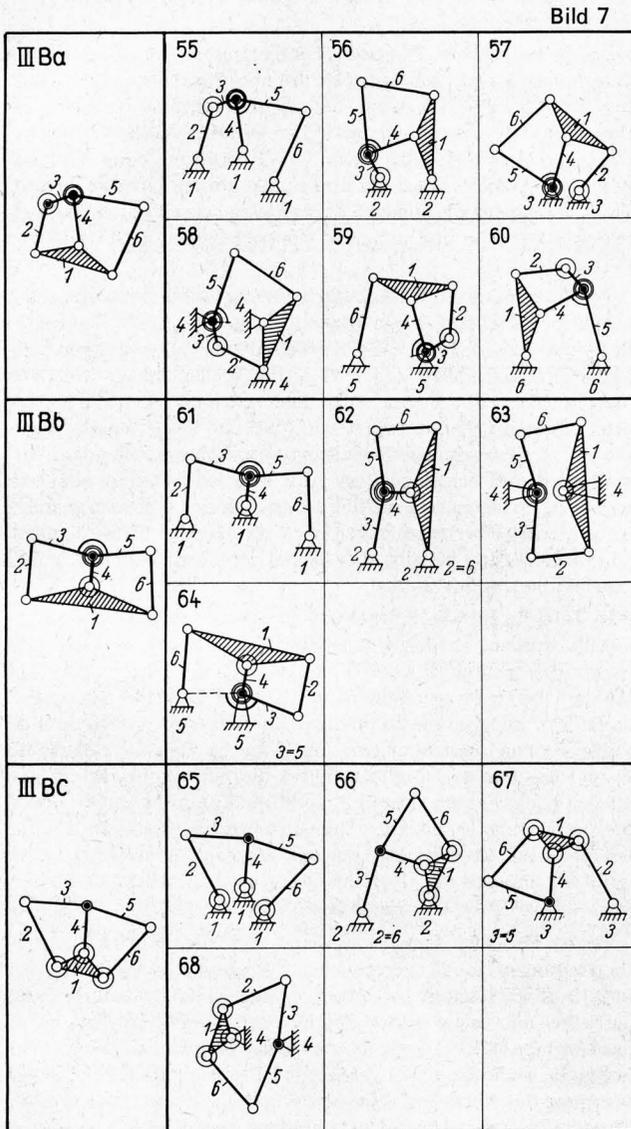


Bild 8

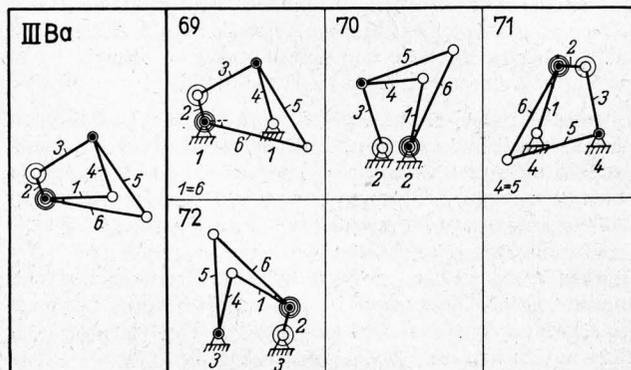


Bild 9

In **Bild 3** entstehen die Getriebe 14 bis 25 aus der *Stephenson*-schen Kette II mit je zwei Umlaufgelenken. Die Getriebe 26 bis 35 in **Bild 4** können aus der *Stephenson*-schen Kette II mit je drei Umlaufgelenken gefunden werden, während aus der Kette II mit vier Umlaufgelenken die Getriebe 36 bis 48 in **Bild 5** zur Verfügung stehen.

Die Kette III mit einem Doppelgelenk führt nach **Bild 6** und **7** zu den Getrieben 49 bis 68, die Kette IV mit zwei Doppelgelenken zu den Getrieben 69 bis 72 nach **Bild 8**.

Aus den 16 umlauffähigen kinematischen Ketten in Bild 1 erhält man also 72 verschiedene sechsgliedrige umlauffähige Getriebe, aus denen man für jeden beabsichtigten Zweck die günstigste Bauform auswählen kann. Bei den angeführten praktischen Beispielen [1] wurde mehrfach auf Gesichtspunkte für eine solche zweckmäßige Auswahl hingewiesen.

Tafel 7. Entstehung der sechsgliedrigen umlauffähigen Getriebe aus den zugehörigen kinematischen Ketten.

Kette		Gestellglied						Anzahl der Getriebe	
		1	2	3	4	5	6		
I	Aa	1	2	3	4	5	6	6	13
	Ba	1	2 = 6	3 = 5	4	—	—	4	
	Bb	1 = 4	2 = 5	3 = 6	—	—	—	3	
II	Aa	1 = 3	2	4	5 = 6	—	—	4	35
	Ab	1	2 = 4	3	5	6	—	5	
	Ac	1 = 3	2 = 4	5 = 6	—	—	—	3	
	Ba	1	2 = 4	3	5	6	—	5	
	Bb	1	2 = 4	3	5	6	—	5	
	Ca ₁	1 = 3	2	4	5 = 6	—	—	4	
	Cb ₂	1 = 3	2	4	5 = 6	—	—	4	
III	Aa	1	2	3	4	5	6	6	20
	Ba	1	2	3	4	5	6	6	
	Bc	1	2 = 6	3 = 5	4	—	—	4	
IV	Ba	1 = 6	2	3	4 = 5	—	—	4	4

In **Tafel 7** ist übersichtlich zusammengestellt, wie sich die 72 umlauffähigen sechsgliedrigen Getriebe aus den einzelnen Ketten ableiten lassen. Es gibt nur 3 Ketten, die zu je insgesamt 6 Getrieben führen, während aus 12 Ketten nur je 3 Getriebe entstehen können. Man erhält 12 Getriebe aus der Kette I, 35 Getriebe aus der Kette II, 20 Getriebe aus der Kette III und schließlich 4 Getriebe aus der Kette IV. Es ist auch zu erkennen, daß es 24 Getriebe (A) mit zwei Umlaufgelenken, 35 Getriebe (B) mit drei und 13 Getriebe (C) mit vier Umlaufgelenken gibt.

Zur Systematik periodischer Übertragungen

An Hand der Tafeln 5 und 6 wurde eine Übersicht über sämtliche periodische Übertragungen in den sechsgliedrigen Ketten gegeben. Hierbei kam es darauf an, in jeder Kette alle überhaupt möglichen Bewegungsanordnungen zu erfassen. Es kam nicht darauf an, ob die Bewegungseinleitung und die Bewegungsabnahme vom Gestell aus erfolgt oder nicht. Da sämtliche Möglichkeiten der sechsgliedrigen Ketten zu betrachten waren, wurde kein Unterschied zwischen gleichartigen Bewegungsübertragungen in der gleichen Kette gemacht.

Im folgenden sollen die vom Gestell aus übertragbaren Bewegungen im Vordergrund stehen. Deshalb werden für solche systematischen Betrachtungen nicht mehr die kinematischen Ketten, sondern die aus ihnen abgeleiteten Getriebe zugrunde gelegt. Außerdem sollen gleichartige Übertragungen zwischen in gleicher Weise im Getriebe angeordneten Gliedern nicht mehrfach, sondern nur einmal angeführt werden.

Nachdem in den sechsgliedrigen Ketten die Verteilung der Umlauf- und Schwingpole bekannt ist, muß die Frage geklärt

werden, welche grundsätzlich verschiedenen Zuordnungen der Umlaufpole zueinander vorhanden sind. In ungleichförmig übersetzenden Getrieben wird im allgemeinen eine gleichförmig umlaufende in eine ungleichförmig umlaufende Bewegung umgewandelt. Bewegungsbeziehungen dieser Art sollen als „Doppelkurbelübertragungen“ bezeichnet werden. Bei dieser Erzeugung ungleichförmiger Umlaufbewegungen [3] ist es erwünscht, einen bestimmten Ungleichförmigkeitsgrad bei günstigen Übertragungsverhältnissen und bei möglichst maximalen Beschleunigungen zu erhalten. Gegenüber dem als Doppelkurbel laufenden Gelenkviereck können vom sechsgliedrigen Getriebe höhere Forderungen erfüllt werden; es sind also „höhere“ Doppelkurbelübertragungen.

Im vorliegenden Rahmen sollen zunächst nur Doppelkurbelübertragungen zwischen im Gestell gelagerten Gliedern betrachtet werden. Deshalb braucht man von den Getrieben in Bild 2 bis 8 nur diejenigen Bauformen herauszusuchen, bei denen Umlaufgestellgelenke vorhanden sind. Das ist z. B. im Getriebe 2, Bild 2, der Fall. Die im Gestell 2 gelagerten Glieder 1 und 3 sind unmittelbar durch das Glied 4 verbunden, und die Glieder 5 und 6 nehmen nicht an der Übertragung von 1 nach 3 teil; es liegt also keine höhere Doppelkurbelübertragung vor, und es muß die Bedingung gestellt werden, daß sämtliche bewegten Getriebeglieder an der Übertragung zwischen den im Gestell gelagerten Umlaufgliedern teilnehmen.

Als nächste Möglichkeit bietet sich Getriebe 7 mit seinen drei Umlaufgestellgelenken an. Es besteht aus zwei hintereinander geschalteten Gelenkvierecken; deshalb sind die Übertragungen zwischen den Gliedern 2 bzw. 4 und 6 nicht als höhere Zuordnungen anzusehen, wohl aber die Übertragung zwischen den Gliedern 2 und 6 (2—6). Ähnliches trifft auch für die Getriebe 15, 26 und 50 zu.

In **Tafel 8** sind alle höheren Doppelkurbelübertragungen der sechsgliedrigen Getriebe zwischen Umlaufgestellgelenken zusammengestellt worden. Eine echte höhere Doppelkurbelübertragung zwischen den Gliedern 1 und 5 stellt das Getriebe 22 dar. Im Getriebe 31 stellt die Zuordnung der Glieder 2 und 4 keine höhere Übertragung dar, weil die Glieder 5 und 6 nicht gebraucht werden. Zwischen den Gliedern 2 und 6 ist aber eine höhere Übertragung gewährleistet. Im Gesamtgetriebe sind die binären Glieder 2 und 4 einander gleichwertig. Sie verbinden beide in der gleichen Weise das Gestell mit der Koppel 3, und beide übertragen ihre Bewegung über die Koppel 3 und das binäre Glied 5 auf das umlaufende Abtriebsglied 6. Solche Gleichwertigkeiten sind im folgenden durch Klammerschreibweise kenntlich gemacht worden. Für Getriebe 31 gilt also: 2(4)—6. Das Getriebe 44 ermöglicht als einziges sechsgliedriges Getriebe die Zuordnung einer Umdrehung der im Gestell 1 gelagerten Glieder 2 oder 4 zu zwei Umdrehungen des ebenfalls im Gestell gelagerten Gliedes 6, wobei die Glieder 2 und 4 einander gleichwertig sind. Es heißt also: 2(4)—6.

Tafel 8. Höhere Doppelkurbelübertragungen zwischen Umlaufgestellgelenken in sechsgliedrigen Getrieben.

Laufende Nr.	Getriebe Nr.	Zuordnung zweier umlaufender, im Gestell gelagerter Glieder	
1	7	2—6	Einfachgelenke
2	22	1—5	
3	31	2(4)—6	
4	40	2—6	
5	44	2(4)—6 (Doppelumlauf)	
6	57	2—5	1 Doppelgelenk
7	57	4—5 R	
8	63	3—5 R	
9	65	2—6	
10	70	1—6 R	2 Doppelgelenke

Das Getriebe 57, Bild 7, hat ein Gestellgelenk, d. h., im Gestell 3 sind im selben Lagerpunkt die Glieder 4 und 5 gelagert. Beide Glieder laufen relativ zum Glied 3 voll um, wie Tafel 1 zeigt. Die reellen Pole 34 und 35 sind in der Kette III Ba Umlaufpole (doppelt und durchgehend unterstrichen). Die Übertragung von 2 nach 4 erfolgt in einem Gelenkviereck, muß also hier unberücksichtigt bleiben. Dafür stellt aber die Bewegungsbeziehung der Glieder 2 und 5 eine höhere Doppelkurbelüber-

tragung dar. Außerdem gibt es noch die Übertragung zwischen den Gliedern 4 und 5. Wird die Bewegung in 4 eingeleitet und in 5 abgenommen, so liegt ein „rückkehrendes“ Getriebe vor; denn beide Glieder 4 und 5 sind im gleichen Gestellpunkt gelagert, was in Tafel 8 mit dem Vermerk „R“ gekennzeichnet werden soll. Das Getriebe 57 ist damit aber auch das einzige sechsgliedrige Getriebe mit zwei verschiedenen höheren Doppelkurbelübertragungen. Benutzt man also das Glied 5 als gleichförmig umlaufendes Antriebsglied, so läuft ein Abtriebsglied 2 in einem Einfachgestellgelenk und ein zweites Abtriebsglied 4 in einem Doppelgestellgelenk ungleichförmig um.

Das Getriebe 63 hat nur die höhere Doppelkurbelübertragung 3—5. Beide Glieder 3 und 5 laufen relativ zum Gestell 4 um; denn nach Tafel 1 sind für die Kette III Bb die Gelenke 34 und 45 reelle Umlaufgelenke (durchgehend und doppelt unterstrichen). Im Getriebe 65 ist die höhere Doppelkurbelübertragung 2—6 sofort zu erkennen.

Als letzte höhere Doppelkurbelübertragung ergibt sich die Zuordnung 1—6R im Getriebe 70 mit zwei Doppelgelenken. Aus Tafel 8 ist zu erkennen, daß es insgesamt 10 verschiedene Doppelkurbelübertragungen zwischen Gestellgelenken in 9 sechsgliedrigen Getrieben gibt, davon eine Zuordnung eines Einfach- zu einem Doppelumlauf und drei rückkehrende Übertragungen. Mit Einfachgelenken stehen 5 dieser Getriebe, mit einem Doppelgelenk 3 Getriebe und mit zwei Doppelgelenken 1 Getriebe zur Verfügung.

Die Zuordnung eines Umlaufgelenkes zu einem Schwinggelenk ergibt die Möglichkeit zur Umwandlung einer umlaufenden in eine Schwingbewegung. Alle Kurbelschwingübertragungen zwischen Gestellgelenken sollen nun für sechsgliedrige Getriebe zusammengestellt werden. Auch hier soll eine höhere Übertragung dadurch gekennzeichnet sein, daß alle bewegten Getriebeglieder zur Bewegungsweiterleitung zwischen umlaufendem Antriebsglied und schwingendem Abtriebsglied beteiligt sind. So liegt z. B. im Getriebe 1 in Bild 2 zwischen den Gliedern 2 und 4 keine höhere Übertragung vor, weil die Glieder 5 und 6 nicht gebraucht werden. Es gibt aber im Getriebe 1 die höhere Kurbelschwingübertragung 2—6.

In **Tafel 9** sind alle Kurbelschwingübertragungen zusammengestellt worden. In den Getrieben 18, 23, 26, 28 und 46 sind jeweils die binären Glieder 2 und 4 einander gleichwertig, so daß die Übertragungsmöglichkeiten für beide Glieder nur einmal aufgeführt zu werden brauchen. Es gibt drei rückkehrende Kurbelschwingübertragungen, und zwar in den Getrieben 58, 59 und 69. Für das Getriebe 59 ist die Schwingbewegung des Gliedes 4 relativ zum Gestell 5 nicht ohne weiteres zu erkennen. Die Bestätigung ergibt aber Tafel 1, in der für die Kette III Ba der reelle Pol 45 als Schwinggelenk erscheint. Das Getriebe 59 ergibt als einziges die Möglichkeit für zwei verschiedene höhere Kurbelschwingübertragungen 3—4 R und 3—6.

Es gibt also nach Tafel 9 insgesamt 26 höhere Kurbelschwingübertragungen in 25 verschiedenen sechsgliedrigen Getrieben und 19 Möglichkeiten in Getrieben mit Einfachgelenken, 6 in Getrieben mit einem und 1 Getriebe mit zwei Doppelgelenken. Das Getriebe 48, Bild 5, ergibt die einzige Möglichkeit, von einem zweimalig umlaufenden Antriebsglied 1 eine einmalige Schwingbewegung des Abtriebsgliedes 5 zu erhalten. In den Getrieben 45, 46 und 47 ist jeweils ein Doppelumlauf zwischen den bewegten Gliedern 1 und 6 vorhanden. Das Getriebe 43 zeichnet sich, wie der dreimal gestrichelt gekennzeichnete Pol der Kette II Ca₂ erkennen läßt, vor allen anderen Getrieben dadurch aus, daß das Koppelglied 2 relativ zum Gestell 5 zweimal umläuft, wenn die Kurbel 3 einen einmaligen Umlauf durchführt.

Sechsgliedrige Getriebe ergeben auch die Möglichkeit, von einer im Gestell umlaufenden Antriebskurbel gleichzeitig zwei ebenfalls im Gestell gelagerte schwingende Hebel antreiben zu lassen. Für diese Bedingung müssen also Getriebe mit drei Gestellgelenken gesucht werden, von denen eines als Umlaufgelenk und zwei als Schwinggelenk erscheinen. Die 16 dafür bestehenden Möglichkeiten zeigt **Tafel 10**. Dabei gibt es vier Anordnungen, bei denen das umlaufende Antriebsglied mit einem der schwingenden Abtriebsglieder fluchtet. Es stehen drei Getriebe mit fluchtenden Abtriebsgliedern zur Verfügung.

Tafel 9. Höhere Kurbelschwingübertragungen zwischen Gestellgelenken in sechsgliedrigen Getrieben.

Laufende Nr.	Getriebe Nr.	Umlaufendes Glied — Schwingendes Glied	
1	1	2-6	Einfachgelenke
2	11	2-6	
3	14	2-6	
4	18	6-2(4)	
5	21	6-3	
6	23	6-2(4)	
7	25	3-6	
8	26	2(4)-6	
9	28	5-2(4)	
10	29	3-6	
11	35	1-5	
12	36	6-4	
13	39	3-6	
14	40	6-4	
15	43	3-6	
16	45	1-3	
17	46	5-2(4)	
18	47	3-6	
19	48	1-5 Doppelumlauf	
20	49	2-6	1 Doppelgelenk
21	50	2-5	
22	58	3-5 R	
23	59	3-4 R	
24	59	3-6	
25	64	4-3	
26	69	2-6 R	2 Doppelgelenke

Tafel 10. Kurbelschwingübertragungen in sechsgliedrigen Getrieben zwischen Gestellgelenken mit einem umlaufenden Antriebsglied und zwei schwingenden Abtriebsgliedern.

Lfd. Nr.	Getriebe Nr.	Antriebsglied umlaufend	Abtriebsglieder schwingend	Antriebsglied mit Abtriebsglied fluchtend	Abtriebsglieder fluchtend	
1	1	2	4	6	—	Einfachgelenke
2	10	1	3	5	—	
3	14	2	4	6	—	
4	18	6	2	4	—	
5	23	6	2	4	—	
6	28	4	2	5	—	
7	46	5	2	4	—	
8	49	2	4	6	—	1 Doppelgelenk
9	51	2	4	5	4-5	
10	58	3	1	5	3-5	
11	59	3	4	6	3-4	
12	61	4	2	6	—	
13	64	4	3	6	4-3	
14	68	1	3	5	—	
15	69	2	4	6	2-6	
16	72	2	4	5	4-5	

Tafel 11. Kurbelschwingübertragungen in sechsgliedrigen Getrieben mit Koppelumlaufantrieb und drei im Gestell gelagerten, schwingenden Abtriebsgliedern.

Lfd. Nr.	Getriebe Nr.	Antriebsglied Koppelumlauf	Abtriebsglieder schwingend	Abtriebsglieder fluchtend		
1	4	2	1	3	5	Einfachgelenke
2	20	6	2	4	5	
3	33	1	2	4	5	
4	52	2	1	3	5	1 Doppelgelenk
5	53	2	3	4	6	
6	55	3	2	4	6	
7	67	1	2	4	5	
8	71	2	1	3	5	2 Doppelgelenke

Sechsgliedrige Getriebe können im höchsten Falle drei im Gestell gelagerte Glieder haben. Für Getriebekonstruktionen ist deshalb die Feststellung wichtig, welche Möglichkeiten bestehen, mit fünf bewegten Getriebegliedern gleichzeitig Schwingbewegungen dreier im Gestell gelagerter Glieder zu erzeugen. Für diese Anforderung kann der Antrieb durch ein relativ zum Gestell umlaufendes Koppelglied erfolgen. Für solche Koppelantriebe eignen sich Kupplungen, die bei Wellenverschiebungen eine winkeltreue Übertragung gewährleisten, wie z. B. die bekannte Oldham-Kupplung oder Gelenkwellen.

Aus den Getriebetafeln, Bild 2 bis 8, muß man also Getriebe mit je einem Gestellglied herausuchen, das drei Schwinggelenke hat. Außerdem muß ein Koppelglied vorhanden sein, das relativ zum Gestell Umlaufbewegungen ausführt. Diese sind aber durch ideale Umlaufpole gekennzeichnet und in Tafel 1 als gestrichelte Doppellinien zu erkennen. Als erstes hat das Getriebe 4 ein ternäres Gestell 4 mit drei Schwinggelenken, in denen die Glieder 1, 3 und 5 gelagert sind. Nach Tafel 1 ist in der Kette I Aa der ideale Pol 24 ein Umlaufpol, so daß also im Getriebe 4 das Koppelglied 2 über eine wellenbewegliche Kupplung vom Gestell 4 aus umlaufend bewegt werden kann. Auf diese Weise ist die **Tafel 11** entstanden, die die 8 verschiedenen Getriebeanordnungen zur Erzeugung dreier Schwingbewegungen enthält. Wie in Tafel 10 sind auch hier fluchtende Abtriebswellen zu erreichen.

Schlußbetrachtungen

Durch systematische Zusammenstellungen der verschiedenen Übertragungsmöglichkeiten in sechsgliedrigen Getrieben ist es möglich, sich einen lückenlosen Überblick über Getriebeanordnungen für einen bestimmten Zweck zu verschaffen. Die Getriebe-systematik, auch als Getriebezahlsynthese bekannt, gibt dem Konstrukteur die Sicherheit, alle überhaupt möglichen getriebetechnischen Lösungen zur Verfügung zu haben und sich daraus für seine speziellen Zwecke die günstigste herauszusuchen bzw. zu erarbeiten. Den hier gezeigten Zusammenstellungen liegen die sechsgliedrigen kinematischen Ketten zugrunde, wobei insbesondere die Relativbewegungen der Getriebe-glieder zueinander hinsichtlich ihrer Umlauffähigkeit oder ihrer Schwingbewegungen während einer Bewegungsperiode charakteristisch sind. Aus 16 sechsgliedrigen kinematischen Ketten mit verschiedener Anordnung von Umlauf- und Schwinggelenken entstehen durch Wahl eines Kettengliedes zum Gestell 72 verschiedene sechsgliedrige Getriebe.

Diese Getriebe wurden im vorliegenden Rahmen zunächst nur hinsichtlich ihrer Relativbewegungen relativ zum jeweiligen Gestellglied näher untersucht. Es bleiben also noch eingehende Betrachtungen über die Relativbewegungen zwischen bewegten Getriebe-gliedern übrig. Auch die zusammengestellten Doppelkurbel- und Kurbelschwingübertragungen bedürfen noch näherer Untersuchungen z. B. über die erreichbaren maximalen Ungleichförmigkeiten, über die Größe der Maximalschwingwinkel und bei mehreren Abtriebs-schwingbewegungen über die Phasenverschiebungen der Schwingungen zueinander. Bei Kurbelschwingübertragungen interessieren außerdem noch die unterschiedlichen Kurbelwinkel, d. h. der Drehwinkelanteil der Antriebskurbel für Hin- und Rückgang des zugehörigen Abtriebs-Schwinghebels.

Schrifttum

- [1] Hain, K.: Ermittlung der Umlauf- und Schwingbewegungen in durchlauffähigen Getrieben. *Grundl. Landtechn.* **16** (1966) Nr. 4, S. 129/39.
- [2] Hain, K.: Übersicht über sämtliche Umlauf- und Schwingbewegungen in Getrieben aus Gelenkvierecken. *Grundl. Landtechn.* **15** (1965) Nr. 4, S. 97/106.
- [3] Hain, K., Freudenstein, G., Kiper, W., Rößner, N., Rosenauer, L., Hagedorn, R., Beyer, K., Schnarbach, J., Volmer: Erzeugung ungleichförmiger Umlaufbewegungen. VDI-Forsch.-Heft 461, Düsseldorf 1957.
- [4] Kraus, R.: Verstellbare Kurbelschwinggetriebe. *Getriebetechn.* **10** (1942) Heft 1, S. 33/36.
- [5] Kraus, R.: Kurbelschwinggetriebe mit Zeitverstellung für Hin- und Rückgang der Schwinde. *Getriebetechn.* **10** (1942) H. 2, S. 81/83.
- [6] Kraus, R.: Kurbeltriebe mit Hub- und Zeitverstellung. *Getriebetechn.* **10** (1942) H. 4, S. 173/75.
- [7] Lohse, P.: Zur Konstruktion von im Lauf verstellbaren Gelenkgetrieben. *Konstruktion* **6** (1954) H. 10, S. 392/99.
- [8] Lohse, P.: Im Lauf verstellbare Gelenkgetriebe. *VDI-Berichte* **29** (1958), S. 153/56.
- [9] Hain, K.: Im Lauf verstellbare Kurbelgetriebe für veränderliche Arbeitsbedingungen. *VDI-Z.* **107** (1965) Nr. 6, S. 293/96.
- [10] Hain, K.: Das Spektrum des Gelenkvierecks bei veränderlicher Gestell-Länge. *Forsch. Ing.-Wes.* **30** (1964) S. 33/42.