

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Bewegungsgesetze für Kurvengetriebe
Theoretische Grundlagen

VDI 2143

Blatt 1

Motion rules for cam mechanisms
Theoretical Fundamentals



Inhalt

	Seite
Vorbemerkung	2
1. Grundüberlegungen für die Auswahl von Bewegungsgesetzen	2
2. Grundlagen	2
3. Bewegungsplan und Bewegungsdiagramm	3
4. Systematik der Bewegungsaufgaben	4
5. Definition der normierten Bewegungsgesetze	4
5.1. Kennwerte der normierten Bewegungsgesetze	5
6. Zusammenstellung normierter Bewegungsgesetze	6
6.1. Normierte Bewegungsgesetze für Rast-in-Rast (R-R)	6
6.2. Normierte Bewegungsgesetze für konstante Geschwindigkeit-in-konstante Geschwindigkeit (G-G)	8
6.3. Normierte Bewegungsgesetze für Umkehr-in-Umkehr (U-U)	10
6.4. Normiertes Bewegungsgesetz für Bewegung-in-Bewegung (B-B)	11
6.5. Normiertes Bewegungsgesetz für Rast-in-konstante Geschwindigkeit (R-G) bzw. konstante Geschwindigkeit-in-Rast (G-R)	12
6.6. Normiertes Bewegungsgesetz für Rast-in-Umkehr (R-U) bzw. Umkehr-in-Rast (U-R)	12
6.7. Normiertes Bewegungsgesetz für Rast-in-Bewegung (R-B) bzw. Bewegung-in-Rast (B-R)	16
6.8. Normiertes Bewegungsgesetz für konstante Geschwindigkeit-in-Umkehr (G-U) bzw. Umkehr-in-konstante Geschwindigkeit (U-G)	16
6.9. Normiertes Bewegungsgesetz für konstante Geschwindigkeit-in-Bewegung (G-B) bzw. Bewegung-in-konstante Geschwindigkeit (B-G)	17
6.10. Normiertes Bewegungsgesetz für Umkehr-in-Bewegung (U-B) bzw. Bewegung-in-Umkehr (B-U)	17
7. Formelzeichen und Einheiten	17
Schrifttum	18
Anhang: Werttabellen für normierte R-R-Bewegungsgesetze	20
Polynom 5. Grades	20
Geneigte Sinuslinie (Helling-Bestehorn)	22
Modifiziertes Beschleunigungstrapez	24
Modifizierte Sinuslinie (Neklutin)	26

Vorbemerkung

Die vorliegende Richtlinie VDI 2143 soll dem Anwender Grundlagen der Bestimmung von Bewegungsgesetzen für Kurvengetriebe vermitteln, die es ihm ermöglichen, Bewegungspläne und Bewegungsdiagramme in Abhängigkeit von den geforderten Bewegungsaufgaben zu erstellen.

Die angeführten Kombinationen von Bewegungsaufgaben sind hier durch normierte Bewegungsgesetze mathematisch begründet.

Das in dieser Richtlinie angegebene umfangreiche Schrifttumsverzeichnis ermöglicht ein tieferes Eindringen in das Gebiet der Kurvengetriebe.

Die Richtlinie VDI 2143 wurde in einer mehrjährigen Gemeinschaftsarbeit im Ausschuß Ebene Kurvengetriebe unter der Obmannschaft von Herrn Dr.-Ing. *H. Rückert*, Düsseldorf, erarbeitet. Ihm und den folgenden Herren, die sich maßgeblich an der Erarbeitung der Richtlinie beteiligten, gebührt Dank für ihre ehrenamtliche Tätigkeit:

P. Bauer, Göppingen

Dipl.-Ing. *C. van den Berg*, Delft/NL

Prof. Dr.-Ing. *F.-J. Gierse*, Siegen

Prof. Dr.-Ing. *L. Hagedorn*, Wuppertal

Dipl.-Ing. *W. Hahn*, Siegen

Dr.-Ing. *E.h. K. Hain*, Braunschweig

Dr.-Ing. *H. Kerle*, Braunschweig

Ir. *J.B.M. Lucassen*, Eindhoven/NL

Ing. (grad.) *G. Nolte*, Bielefeld

Dr.-Ing. *E. Petersen*, Hannover

Dipl.-Ing. *J. Schaffarczyk*, Düsseldorf

Prof. Dr.-Ing. *H. Seitz*, Reutlingen

Dipl.-Ing. *B. Steinbrecher*, Karlsruhe

Von der VDI-Geschäftsstelle:

Ing. (grad.) *H. Redder*, Düsseldorf

1. Grundüberlegungen für die Auswahl von Bewegungsgesetzen

Die im folgenden behandelten Bewegungsgesetze ermöglichen eine Auswahl nach verschiedenen Gesichtspunkten.

Vorrangig ist das Streben nach einer hohen Laufgüte, die durch Herabsetzen schädlicher Schwingungsscheinungen, durch Verminderung des Geräusches und des Verschleißes gekennzeichnet ist.

Stoßzustände sind unbedingt zu vermeiden, wenn sie nicht durch die Aufgabenstellung (wie z.B. bei Ventilsteuerungen) bedingt sind. Als Stoß bezeichnet man einen theoretisch *unendlichen* Beschleunigungssprung, welcher dann auftritt, wenn die Wegkurve einen Knick und die Geschwindigkeitskurve einen Sprung aufweisen, Bild 1.

Ruckzustände sollten ebenfalls zur Erhöhung der Laufgüte vermieden werden. Als Ruck bezeichnet man einen *endlichen* Beschleunigungssprung¹). Er tritt dann auf, wenn der Geschwindigkeitsverlauf einen Knick hat, wenn also zwei unterschiedlich gekrümmte Wegkurven tangential ineinander übergehen.

Zum besseren Vergleich und für die gezielte Anwendung der Bewegungsgesetze werden Kennwerte verwendet, die sich wie z.B. auf die während der Bewegung des Abtriebsgliedes entstehenden maximalen Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Antriebsdrehmomente beziehen.

¹⁾ Die 3. Ableitung des Weges bzw. des Winkels nach der Zeit heißt 2. Beschleunigung oder Ruckfunktion.

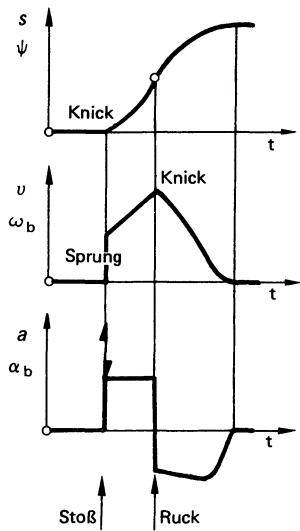


Bild 1. Darstellung stoß- und ruckbehafteter Bewegungen

Damit kann jedes Kurvengetriebe der Aufgabenstellung entsprechend optimal ausgelegt werden und zwar hinsichtlich der kinetischen Energie (geschwindigkeitsabhängig), der Massenkräfte (beschleunigungsabhängig) und des Drehmomentausgleiches.

Symmetrische Bewegungsgesetze werden meistens verwendet, um deren Vorteil kleinerer Maximalbeschleunigungen gegenüber unsymmetrischen Bewegungsgesetzen auszunutzen.

Unsymmetrische Bewegungsgesetze werden empfohlen:

für kraftschlüssige Getriebe, um die Kraft der Rückholfeder möglichst klein zu halten und damit geringe Flächenpressung am Kurvenkörper und geringes Antriebsmoment zu erzielen;

falls der Verlauf der Massenkraft dem Verlauf der Arbeitskraft so angepaßt werden soll, daß die Summe beider Kräfte möglichst gering ist.

Bei einigen Bewegungsaufgaben, z.B. bei U–R, ergeben sich zwangsläufig Unsymmetrien.

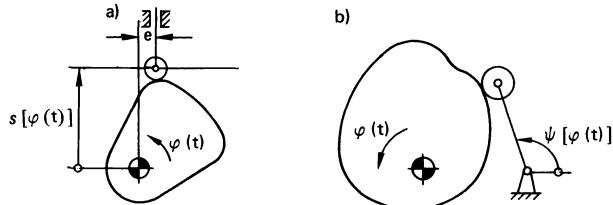
2. Grundlagen

Die Bewegungsgesetze sind analytische Funktionen, welche die Relativbewegung zweier Getriebeglieder beschreiben, im Normalfall die Abtriebsbewegung von Kurvengetrieben in Abhängigkeit von der Antriebsbewegung.

Die Antriebsbewegung wird durch den zeitabhängigen Antriebsdrehwinkel $\varphi(t)$ gekennzeichnet.

Die Abtriebsbewegung wird bei geradlinig geführtem Abtriebsglied (z.B. Stössel) durch den Verlauf des Abtriebsweges $s[\varphi(t)]$ und bei kreisförmig geführtem Abtriebsglied (z.B. Schwinge) durch den Verlauf des Abtriebswinkels $\psi[\varphi(t)]$ beschrieben, Bild 2.

Wird mit ' (Strich) die Ableitung nach dem Drehwinkel φ des Antriebs, mit · (Punkt) die Ableitung nach der Zeit t bezeichnet, so erhält man durch Ableiten des Bewegungsgesetzes nach der Zeit folgende Bewegungsgleichungen für Abtriebsgeschwindigkeit und -beschleunigung:

Bild 2. Zuordnung von An- und Abtriebsbewegung bei
a) geradlinig geführtem Abtriebsglied
b) kreisförmig geführtem Abtriebsglied

$$\dot{s} = s' \dot{\varphi} \quad (1 \text{ a})$$

$$\dot{\psi} = \psi' \dot{\varphi} \quad (1 \text{ b})$$

$$\ddot{s} = s'' \dot{\varphi}^2 + s' \ddot{\varphi} \quad (2 \text{ a})$$

$$\ddot{\psi} = \psi'' \dot{\varphi}^2 + \psi' \ddot{\varphi} \quad (2 \text{ b})$$

Für den Spezialfall konstanter Winkelgeschwindigkeit des Kurvenkörpers gilt:

$$\dot{\varphi} = \omega_a = \text{konstant}$$

$$\ddot{\varphi} = \alpha_a = 0$$

$$\dot{s} = s' \omega_a \quad (3 \text{ a})$$

$$\dot{\psi} = \psi' \omega_a \quad (3 \text{ b})$$

$$\ddot{s} = s'' \omega_a^2 \quad (4 \text{ a})$$

$$\ddot{\psi} = \psi'' \omega_a^2 \quad (4 \text{ b})$$

Im folgenden werden die Bewegungsgesetze für Kurvengetriebe mit geradlinig geführtem Abtriebsglied hergeleitet. Da für Kurvengetriebe mit kreisförmig geführtem Abtriebsglied dieselben Bewegungsgesetze gelten, lassen sich die Gleichungen und Tabellen auch für diese Getriebe anwenden, wenn der Weg s und seine Ableitungen durch den Drehwinkel ψ und dessen Ableitungen ersetzt werden.

3. Bewegungsplan und Bewegungsdiagramm

Die durch die Funktion der Maschine bestimmten Forderungen an die Abtriebsbewegung werden in dem *Bewegungsplan* dargestellt, Bild 3. Um die Berechnung nach einem bestimmten Schema durchführen zu können, teilt man den Bewegungsplan in einzelne *Bewegungsabschnitte* (z.B. Rast, Übergang usw.) ein. Die Randpunkte dieser Bewegungsabschnitte werden fortlaufend numeriert.

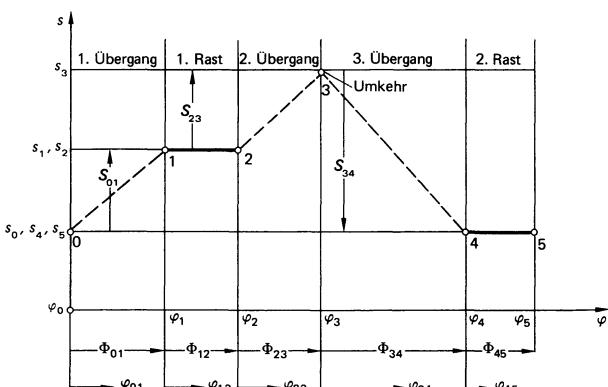


Bild 3. Bewegungsplan

Dabei wird der Gesamtdrehwinkel des Kurvenkörpers in einem Bewegungsabschnitt ik mit Φ_{ik} bezeichnet. Es gilt:

$$\Phi_{ik} = \varphi_k - \varphi_i, \text{ z.B. } \Phi_{23} = \varphi_3 - \varphi_2 \quad (5)$$

Der in einem Bewegungsabschnitt zurückgelegte Gesamtweg des Stößels wird mit S_{ik} bezeichnet.

$$S_{ik} = s_k - s_i, \text{ z.B. } S_{23} = s_3 - s_2 \quad (6)$$

Die laufenden Koordinaten innerhalb des Bewegungsabschnittes ik errechnen sich nach

$$\varphi_{ik} = \varphi - \varphi_i, \text{ z.B. } \varphi_{23} = \varphi - \varphi_2 \quad (7)$$

$$s_{ik} = s - s_i, \text{ z.B. } s_{23} = s - s_2 \quad (8)$$

Der Bewegungsplan wird durch Wahl von Bewegungsgesetzen gemäß nachfolgend beschriebenen Auswahlkriterien zum **Bewegungsdiagramm** ergänzt, Bild 4.

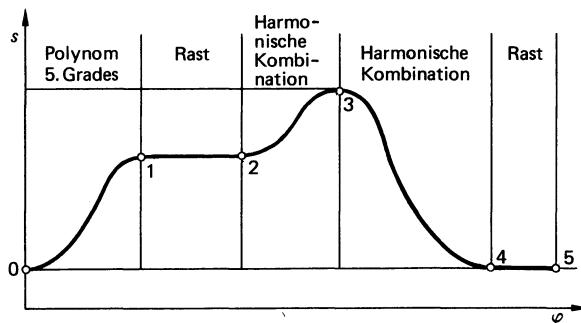


Bild 4. Bewegungsdiagramm

4. Systematik der Bewegungsaufgaben

Im Bewegungsplan sind die Randpunkte der Bewegungsabschnitte durch den jeweiligen Weg s und Drehwinkel φ festgelegt. Darüber hinaus lassen sich in jedem dieser Randpunkte je nach Geschwindigkeit und Beschleunigung die folgenden vier Bewegungsaufgaben festlegen:

Geschwindigkeit v und Beschleunigung a am Randpunkt eines Bewegungsabschnittes	Bewegungsaufgabe	Abkürzung
$v = 0; a = 0$	Rast	R
$v \neq 0; a = 0$	konstante Geschwindigkeit	G
$v = 0; a \neq 0$	Umkehr	U
$v \neq 0; a \neq 0$	Bewegung	B

Für die zwei Randpunkte in einem Bewegungsabschnitt ergeben sich damit sechzehn verschiedene Kombinationen von Bewegungsaufgaben, die in Tafel 1 dargestellt sind.

Für jede Kombination ist in Tafel 1 ein Hinweis enthalten, in welchem Textabschnitt günstige Bewegungsgesetze zu finden sind, die einen stoß- und ruckfreien Anschluß in den Randpunkten gewährleisten.

5. Definition der normierten Bewegungsgesetze

Die Bewegungsgesetze, die mit Kurvengetrieben verwirklicht werden, können in drei Gruppen eingeteilt werden:

Potenzgesetze

$$f(z) = A_0 + A_1 z + A_2 z^2 + \dots + A_i z^i;$$

Trigonometrische Gesetze

$$f(z) = A \cos(\nu z) + B \sin(\nu z);$$

Kombinationen von Potenzgesetzen und trigonometrischen Gesetzen.

Um eine Vergleichsmöglichkeit zwischen den Bewegungsgesetzen zu haben und um allgemeingültige Funktions-tafeln aufstellen zu können, wird eine dimensionslose Schreibweise eingeführt. Dabei wird in den jeweiligen Bewegungsabschnitten ik (Bild 3) der Drehwinkel φ_{ik} des Kurvenkörpers auf den Gesamtdrehwinkel Φ_{ik} des Bewegungsabschnittes bezogen.

Der bezogene oder normierte Drehwinkel eines Bewegungsabschnittes wird mit z_{ik} bezeichnet, Bild 5.

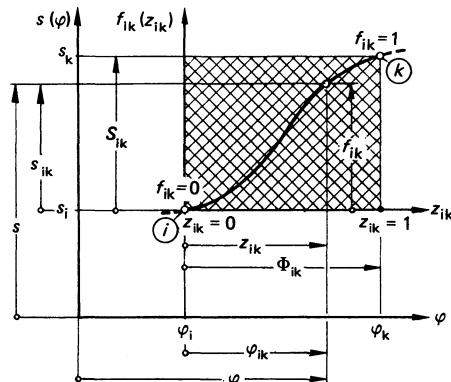


Bild 5. Zusammenhang zwischen realem und normiertem Bewegungsgesetz

Es gilt

$$z_{ik} = \frac{\varphi_{ik}}{\Phi_{ik}} \quad (9)$$

$$\text{z.B. } z_{23} = \frac{\varphi_{23}}{\Phi_{23}}$$

Der Weg s des Abtriebsgliedes wird im Bewegungsabschnitt ik auf den Gesamtweg S_{ik} bezogen. Der bezogene oder normierte Weg wird mit f_{ik} bezeichnet.

Es gilt

$$f_{ik} = \frac{s_{ik}}{S_{ik}} \quad (10)$$

$$\text{z.B. } f_{23} = \frac{s_{23}}{S_{23}}$$

Man erhält das normierte Bewegungsgesetz, indem man f_{ik} als Funktion des normierten Kurvenkörperdrehwinkels z_{ik} darstellt.

Es gilt

$$f_{ik} = f_{ik}(z_{ik}) \quad (11)$$

Tafel 1. Mögliche Kombinationen von Bewegungsaufgaben

<u>Übergang</u> in von	Rast	konstante Geschwindigkeit	Umkehr	Bewegung
Rast				
	Siehe Abschnitt 6.1	Siehe Abschnitt 6.5	Siehe Abschnitt 6.6	Siehe Abschnitt 6.7
konstante Geschwindigkeit				
	Siehe Abschnitt 6.5	Siehe Abschnitt 6.2	Siehe Abschnitt 6.8	Siehe Abschnitt 6.9
Umkehr				
	Siehe Abschnitt 6.6	Siehe Abschnitt 6.8	Siehe Abschnitt 6.3	Siehe Abschnitt 6.10
Bewegung				
	Siehe Abschnitt 6.7	Siehe Abschnitt 6.9	Siehe Abschnitt 6.10	Siehe Abschnitt 6.4

Die Ableitungen des normierten Bewegungsgesetzes werden als normiertes Bewegungsgesetz erster, zweiter und dritter Ordnung bezeichnet.

$$\frac{df_{ik}}{dz_{ik}} = f'_{ik} \quad (12)$$

$$\frac{d^2 f_{ik}}{dz_{ik}^2} = f''_{ik} \quad (13)$$

$$\frac{d^3 f_{ik}}{dz_{ik}^3} = f'''_{ik} \quad (14)$$

Aus den normierten Bewegungsgesetzen erhält man die wirkliche Abtriebsbewegung und deren Ableitungen nach dem Drehwinkel φ des Kurvenkörpers mittels folgender Beziehungen:

Für geradlinig geführtes Abtriebsglied:

$$s_{ik} = f_{ik} S_{ik} \quad (15a)$$

$$s'_{ik} = f'_{ik} \frac{S_{ik}}{\Phi_{ik}} \quad (16a)$$

$$s''_{ik} = f''_{ik} \frac{S_{ik}}{\Phi_{ik}^2} \quad (17a)$$

$$s'''_{ik} = f'''_{ik} \frac{S_{ik}}{\Phi_{ik}^3} \quad (18a)$$

Für schwingendes Abtriebsglied:

$$\psi_{ik} = f_{ik} \Psi_{ik} \quad (15b)$$

$$\psi'_{ik} = f'_{ik} \frac{\Psi_{ik}}{\Phi_{ik}} \quad (16b)$$

$$\psi''_{ik} = f''_{ik} \frac{\Psi_{ik}}{\Phi_{ik}^2} \quad (17b)$$

$$\psi'''_{ik} = f'''_{ik} \frac{\Psi_{ik}}{\Phi_{ik}^3} \quad (18b)$$

Die Größen s' , s'' , s''' bzw. ψ' , ψ'' , ψ''' werden Übertragungsfunktionen 1., 2. und 3. Ordnung genannt. Die Größen f' , f'' und f''' werden deshalb auch als normierte Übertragungsfunktionen bezeichnet.

In die Gl. (16) bis (18) müssen die Winkelwerte Φ und Ψ im Bogenmaß eingesetzt werden:

Liegen diese Größen in Grad vor, so müssen sie nach folgender Vorschrift umgerechnet werden.

$$\Phi \text{ im Bogenmaß} = \Phi \text{ in Grad} \cdot \frac{\pi}{180} \quad (19)$$

$$\Psi \text{ im Bogenmaß} = \Psi \text{ in Grad} \cdot \frac{\pi}{180} \quad (20)$$

5.1. Kennwerte der normierten Bewegungsgesetze

Die Maximalwerte der normierten Bewegungsgesetze ($f'(z)$, $f''(z)$, $f'''(z)$ und $f'(z) \cdot f''(z)$ in Abschn. 6.1.1) können

als Kriterien zur vergleichenden Bewertung der Bewegungsgesetze herangezogen werden. Es sind

Geschwindigkeitskennwert C_v = Maximalwert des normierten Bewegungsgesetzes 1. Ordnung (normierte Geschwindigkeit)
 Beschleunigungskennwert C_a = Maximalwert des normierten Bewegungsgesetzes 2. Ordnung (normierte Beschleunigung)
 Ruckkennwert C_j = Maximalwert des normierten Bewegungsgesetzes 3. Ordnung (normierte Ruckfunktion)

Der Antriebsmomentenverlauf infolge statischer Belastungen des Abtriebsgliedes – wie Federkraft, Schwerkraft und statisches Abtriebsmoment – hängt von der ersten Ableitung $f'(z)$ des Bewegungsgesetzes ab. Als statische Momentenkennwerte können daher die Maximalwerte der normierten Geschwindigkeit herangezogen werden.

Statischer Momentenkennwert

$$C_{M\text{ stat}} = \text{Geschwindigkeitskennwert } C_v$$

Der Antriebsmomentenverlauf infolge dynamischer Belastungen durch abtriebsseitige Trägheitskräfte hängt von dem Produkt $f'(z) \cdot f''(z)$ ab. Man definiert deshalb als dynamische Momentenkennwerte die Maximalwerte dieses Produktes.

Dynamischer Momentenkennwert

$$C_{M\text{ dyn}} = \text{Maximalwert der Funktion } f'(z) \cdot f''(z)$$

Es gelten im allgemeinen folgende vereinfachte Aussagen:

Kennwert	Aussage
$ C_v = C_{M\text{ stat}} $ kleiner	erforderliches Antriebsmoment infolge statischer Belastung (Federkraft, Schwerkraft, Nutzkraft) kleiner
$ C_{M\text{ dyn}} $ kleiner	erforderliches Antriebsmoment infolge abtriebsseitiger Trägheitskräfte kleiner
$ C_a $ kleiner	Massenkräfte geringer
$ C_j $ kleiner	Neigung zur Schwingungserregung geringer

Bei unsymmetrischen Bewegungsgesetzen sind mit Ausnahme von C_v jeweils zwei – in der Regel dem Betrage nach unterschiedliche Kennwerte – zu berücksichtigen (z.B. C_a , C_a^*). Als Maximalwerte werden hier sowohl Extremwerte als auch Randwerte angesehen, d.h. die Kennwerte können sowohl positiv als auch negativ sein.

6. Zusammenstellung normierter Bewegungsgesetze

6.1. Normierte Bewegungsgesetze für Rast-in-Rast (R–R)

6.1.1. Normierte symmetrische Bewegungsgesetze für Rast-in-Rast (R–R)

Ruckbehaftet

Im allgemeinen wird für R–R Stoß- und Ruckfreiheit gefordert (Abschn. 1).

In Sonderfällen werden jedoch auch bestimmte, nicht ruckfreie Bewegungsgesetze für R–R verwendet bzw. mit anderen Bewegungsgesetzen kombiniert. So wird z.B. die einfache Sinuslinie für solche R–R angewendet, bei denen die Bewegung sehr langsam abläuft (geringe Massenkräfte), die aber mit hohen Arbeitskräften am Abtrieb belastet sind. Hier führt das sehr günstige Bewegungsgesetz 1. Ordnung der einfachen Sinuslinie zu geringsten Antriebsmomenten, Tafel 2.

Gerade:

$$0 \leq z \leq 1 \quad f = z \quad (21)$$

$$f' = 1 \quad (22)$$

$$f'' = 0 \quad (23)$$

Quadratische Parabel:

$$0 \leq z \leq 0,5 \quad f_1 = 2z^2 \quad (24)$$

$$f'_1 = 4z \quad (25)$$

$$f''_1 = 4 \quad (26)$$

$$0,5 \leq z \leq 1 \quad f_2 = 1 - 2(z-1)^2 \quad (27)$$

$$f'_2 = -4(z-1) \quad (28)$$

$$f''_2 = -4 \quad (29)$$

Einfache Sinuslinie:

$$0 \leq z \leq 1 \quad f = \frac{1}{2} [1 - \cos(\pi z)] \quad (30)$$

$$f' = \frac{\pi}{2} \sin(\pi z) \quad (31)$$

$$f'' = \frac{\pi^2}{2} \cos(\pi z) \quad (32)$$

Ruckfrei:

Polynom 5. Grades:

$$0 \leq z \leq 1 \quad f = 10z^3 - 15z^4 + 6z^5 \quad (33)$$

$$f' = 30z^2 - 60z^3 + 30z^4 \quad (34)$$

$$f'' = 60z - 180z^2 + 120z^3 \quad (35)$$

Geneigte Sinuslinie:

$$0 \leq z \leq 1 \quad f = z - \frac{1}{2\pi} \sin(2\pi z) \quad (36)$$

$$f' = 1 - \cos(2\pi z) \quad (37)$$

$$f'' = 2\pi \sin(2\pi z) \quad (38)$$

Modifiziertes Beschleunigungs trapez:

$$0 \leq z \leq \frac{1}{8} \quad f_1 = \frac{2}{\pi+2} \left[z - \frac{1}{4\pi} \sin(4\pi z) \right] \quad (39)$$

$$f'_1 = \frac{2}{\pi+2} [1 - \cos(4\pi z)] \quad (40)$$

$$f''_1 = \frac{8\pi}{\pi+2} \sin(4\pi z) \quad (41)$$

Tafel 2. Tafel der normierten symmetrischen Bewegungsgesetze für R-R

Bewegungsgesetz	Vorteile	Nachteile	$f'(z)$	$f''(z)$	$f'''(z)$	$f'(z) \cdot f''(z)$
Gerade (2 Stöße)		infolge stoßbehafteter Bewegung Schwingungen, Geräusch, Verschleiß Nicht empfehlenswert				
Quadratische Parabel (3 Rucke)	niedrigster C_v -Wert, d.h. geringste Trägheitskräfte	infolge Beschleunigungssprung Schwingungen, Geräusche, Verschleiß; erfordert stärkere Federn bei Kraftschluß				
Einfache Sinuslinie (2 Rucke)	niedriger C_v -Wert niedriger C_a -Wert niedriger $C_{M\text{ dyn}}$ -Wert	In der Regel nicht empfehlenswert Beschleunigungssprung Schwingungen, Geräusche, Verschleiß				
Polynom 5. Grades (ruckfrei)	niedriger C_v -, C_a -, $C_{M\text{ dyn}}$ -Wert, d.h. geringe Kräfte und Momente	C_i -Wert höher als bei geneigter Sinuslinie				
Geneigte Sinuslinie (ruckfrei)	besonders niedriger C_i -Wert, schwungungsarm, für hohe Drehzahlen gut geeignet	C_v -, C_a -, $C_{M\text{ dyn}}$ -Werte höher als bei Polynom 5. Grades				
Modifiziertes Beschleunigungstrapez (ruckfrei)	besonders niedriger C_a -Wert, geringe Trägheitskräfte	C_i -Wert größer als bei geneigter Sinuslinie				
Modifizierte Sinuslinie (ruckfrei)	für hohe Drehzahlen gut geeignet niedriger C_v , C_a , $C_{M\text{ dyn}}$ -Wert	C_i -Wert größer als bei geneigter Sinuslinie				

$$\frac{1}{8} \leq z \leq \frac{3}{8}$$

$$f_2 = \frac{1}{\pi+2} \left[4\pi z^2 + (2-\pi)z + \frac{\pi^2-8}{16\pi} \right] \quad (42)$$

$$f'_2 = \frac{1}{\pi+2} (8\pi z + 2 - \pi) \quad (43)$$

$$f''_2 = \frac{8\pi}{\pi+2} \quad (44)$$

$$\frac{3}{8} \leq z \leq 0,5 \quad (45)$$

$$f_3 = \frac{2}{\pi+2} \left\{ (\pi+1)z - \frac{1}{4\pi} \sin \left[4\pi \left(z - \frac{1}{4} \right) \right] - \frac{\pi}{4} \right\} \quad (46)$$

$$f'_3 = \frac{2}{\pi+2} \left\{ \pi+1 - \cos \left[4\pi \left(z - \frac{1}{4} \right) \right] \right\} \quad (47)$$

$$f''_3 = \frac{8\pi}{\pi+2} \sin \left[4\pi \left(z - \frac{1}{4} \right) \right] \quad (48)$$

$$0,5 \leq z \leq \frac{5}{8} \quad (49)$$

$$f_4 = 1 - f_3(1-z) \quad (50)$$

$$f'_4 = f'_3(1-z) \quad (51)$$

$$f''_4 = -f''_3(1-z) \quad (52)$$

$$\frac{5}{8} \leq z \leq \frac{7}{8}$$

$$f_5 = 1 - f_2(1-z) \quad (53)$$

$$f'_5 = f'_2(1-z) \quad (54)$$

$$f''_5 = -f''_2(1-z) \quad (55)$$

$$\frac{7}{8} \leq z \leq 1 \quad (56)$$

$$f_6 = 1 - f_1(1-z) \quad (57)$$

$$f'_6 = f'_1(1-z) \quad (58)$$

$$f''_6 = -f''_1(1-z) \quad (59)$$

wobei $f(1-z)$ bedeutet: f an der Stelle $(1-z)$, und f' Ableitung nach z an der Stelle $(1-z)$ usw.

Modifizierte Sinuslinie:

$$0 \leq z \leq \frac{1}{8} \quad f_1 = \frac{\pi}{4+\pi} \left[z - \frac{1}{4\pi} \sin(4\pi z) \right] \quad (60)$$

$$f'_1 = \frac{\pi}{4+\pi} [1 - \cos(4\pi z)] \quad (61)$$

$$f''_1 = \frac{4\pi^2}{4+\pi} \sin(4\pi z) \quad (62)$$

$$\frac{1}{8} \leq z \leq \frac{7}{8} \quad f_2 = \frac{\pi}{4+\pi} \left\{ \frac{2}{\pi} + z - \frac{9}{4\pi} \sin \left[\frac{\pi}{3}(1+4z) \right] \right\} \quad (63)$$

$$f'_2 = \frac{\pi}{4 + \pi} \left\{ 1 - 3 \cos \left[\frac{\pi}{3} (1 + 4z) \right] \right\} \quad (61)$$

$$f''_2 = \frac{4\pi^2}{4 + \pi} \sin \left[\frac{\pi}{3} (1 + 4z) \right] \quad (62)$$

$$\frac{7}{8} \leq z \leq 1 \quad f_3 = \frac{\pi}{4 + \pi} \left[\frac{4}{\pi} + z - \frac{1}{4\pi} \sin(4\pi z) \right] \quad (63)$$

$$f'_3 = \frac{\pi}{4 + \pi} [1 - \cos(4\pi z)] \quad (64)$$

$$f''_3 = \frac{4\pi^2}{4 + \pi} \sin(4\pi z) \quad (65)$$

6.1.2. Normierte unsymmetrische Bewegungsgesetze für Rast-in-Rast (R-R)

Ein unsymmetrisches Bewegungsgesetz lässt sich aus einem bekannten symmetrischen Bewegungsgesetz durch Verschiebung des Wendepunktes W , z.B. durch Verschieben auf der Geraden $f(z) = z$ entwickeln, Bild 6.

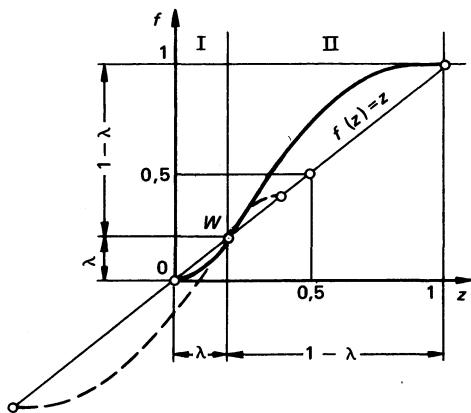


Bild 6. Ermittlung eines normierten unsymmetrischen Bewegungsgesetzes aus einem normierten symmetrischen Bewegungsgesetz

Ein solches unsymmetrisches Bewegungsgesetz hat entsprechend der unterschiedlichen Aufteilung der Phasen positiver und negativer Beschleunigung unterschiedliche Beschleunigungsmaximalwerte C_a und C_a^* . Außerdem verschiebt sich die Lage des Maximalwertes der Geschwindigkeit mit dem Wendepunkt.

Man verwendet für die Bereiche $0 \leq z \leq \lambda$ und $\lambda \leq z \leq 1$ jeweils die Hälfte eines vergrößerten bzw. verkleinerten symmetrischen normierten Bewegungsgesetzes.

Bezeichnet man mit $f(\bar{z}), f'(\bar{z}), f''(\bar{z}), f'''(\bar{z})$ die normierten symmetrischen Bewegungsgesetze mit den Kennwerten $C_{\bar{a}}, C_{\bar{a}}^*, C_{\bar{M} \text{ dyn}}$, so erhält man das unsymmetrische Bewegungsgesetz $f(z)$ und die Ableitungen $f'(z), f''(z), f'''(z)$ nach folgenden Beziehungen:

Bereich I $0 \leq z \leq \lambda$

$$\bar{z} = \frac{z}{2\lambda} \quad (66)$$

$$f(z) = 2\lambda f(\bar{z}) \quad (67)$$

$$f'(z) = f'(\bar{z}) \quad (68)$$

$$f''(z) = f''(\bar{z}) \frac{1}{2\lambda} \quad (69)$$

$$f'''(z) = f'''(\bar{z}) \left[\frac{1}{2\lambda} \right]^2 \quad (70)$$

Bereich II $\lambda \leq z \leq 1$

$$\bar{z} = 0,5 + \frac{z - \lambda}{2(1 - \lambda)} \quad (71)$$

$$f(z) = \lambda + 2(1 - \lambda) [f(\bar{z}) - 0,5] \quad (72)$$

$$f'(z) = f'(\bar{z}) \quad (73)$$

$$f''(z) = f''(\bar{z}) \frac{1}{2(1 - \lambda)} \quad (74)$$

$$f'''(z) = f'''(\bar{z}) \left[\frac{1}{2(1 - \lambda)} \right]^2 \quad (75)$$

Die Verschiebung des Wendepunktes hat auf die Kennwerte folgende Auswirkung:

a) Geschwindigkeitskennwert

Der Kennwert C_v bleibt konstant.

b) Beschleunigungskennwerte

$$0 \leq z \leq \lambda: C_a = C_{\bar{a}} \frac{1}{2\lambda} \quad (76)$$

$$\lambda \leq z \leq 1: C_a^* = C_{\bar{a}} \frac{1}{2(1 - \lambda)} \quad (77)$$

c) Rückkennwerte

$$0 \leq z \leq \lambda: C_j = C_{\bar{j}} \left(\frac{1}{2\lambda} \right)^2 \quad (78)$$

$$\lambda \leq z \leq 1: C_j^* = C_{\bar{j}} \left[\frac{1}{2(1 - \lambda)} \right]^2 \quad (79)$$

d) dynamische Momentenkennwerte

$$0 \leq z \leq \lambda: C_{M \text{ dyn}} = C_{\bar{M} \text{ dyn}} \frac{1}{2\lambda} \quad (80)$$

$$\lambda \leq z \leq 1: C_{M \text{ dyn}}^* = C_{\bar{M} \text{ dyn}} \frac{1}{2(1 - \lambda)} \quad (81)$$

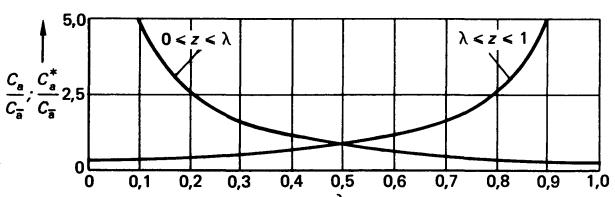


Bild 7. Einfluß der Wendepunktverschiebung auf das Verhältnis $C_a/C_{\bar{a}}$ bzw. $C_a^*/C_{\bar{a}}$

6.2. Normierte Bewegungsgesetze für konstante Geschwindigkeit-in-konstante Geschwindigkeit (G-G)

Für stoß- und ruckfreie Übergänge zwischen zwei Bereichen konstanter Geschwindigkeit sind solche Bewegungsgesetze geeignet, bei denen die Beschleunigungsrandwerte Null sind und die Geschwindigkeitsrandwerte angepaßt

werden können. Bei konstanter Antriebwinkelgeschwindigkeit ω_a müssen dazu gemäß Gln. (3) und (4) in den Randwerten die Übertragungsfunktion 2. Ordnung Null und die Übertragungsfunktion 1. Ordnung anpaßbar sein²⁾. Für normierte Bewegungsgesetze in dem Bewegungsabschnitt ik ergeben sich dann die bezogenen Randwerte, Bild 8, nach folgenden Beziehungen:

$$z_{ik} = 0: \quad (82)$$

$$f_{ik}(0) = 0 \quad (83)$$

$$\dot{f}'_{ik}(0) = s'_i \frac{\Phi_{ik}}{S_{ik}} \quad (84)$$

$$f''_{ik}(0) = 0 \quad (85)$$

$$z_{ik} = 1: \quad (86)$$

$$f_{ik}(1) = 1 \quad (87)$$

$$\dot{f}'_{ik}(1) = s'_k \frac{\Phi_{ik}}{S_{ik}} \quad (88)$$

$$f''_{ik}(1) = 0 \quad (89)$$

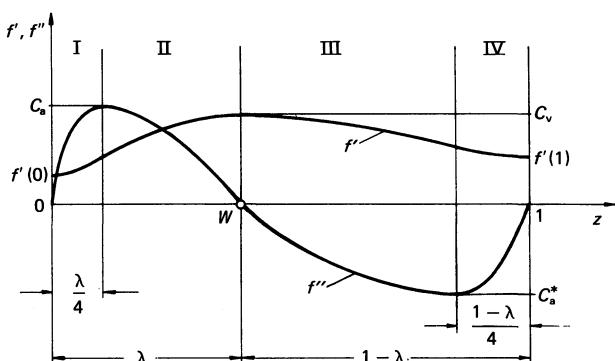


Bild 8. Modifizierte Sinuslinie für G–G; normiertes Bewegungsgesetz 1. und 2. Ordnung

6.2.1. Polynom 5. Grades für konstante Geschwindigkeit-in-konstante Geschwindigkeit (G–G)

Der hier betrachtete Fall (G–G) ist ein Sonderfall des allgemeineren nach Abschn. 6.4 (B–B). Dementsprechend kann als normiertes Bewegungsgesetz das dort behandelte Polynom 5. Grades verwendet werden, wenn in die Gln. (142) bis (150) die normierten Randwerte $f'_{ik}(0) = f'_{ik}(1) = 0$ sowie $f''_{ik}(0)$ und $f''_{ik}(1)$ gemäß Gl. (84) bzw. Gl. (88) eingesetzt werden. Das Polynom 5. Grades ist zu empfehlen für solche Kombinationen der Randwerte $f'_{ik}(0)$ und $f'_{ik}(1)$, die im Bild 9 durch Schraffur gekennzeichnet sind. In diesen Fällen tritt kein Wendepunkt im Bewegungsabschnitt $0 < z_{ik} < 1$ auf.

Bei Randwertkombinationen außerhalb des schraffierten Bereichs kann in verschiedenen Fällen das normierte Bewegungsgesetz unerwünscht überschwingen.

²⁾ Ist die Antriebwinkelgeschwindigkeit ω_a nicht konstant, so ist gemäß Gl. (2) die Übertragungsfunktion 2. Ordnung im allgemeinen nicht Null, auch wenn die Abtriebsbeschleunigung gleich Null ist. Dieser Fall läßt sich nach Abschn. 6.4 behandeln.

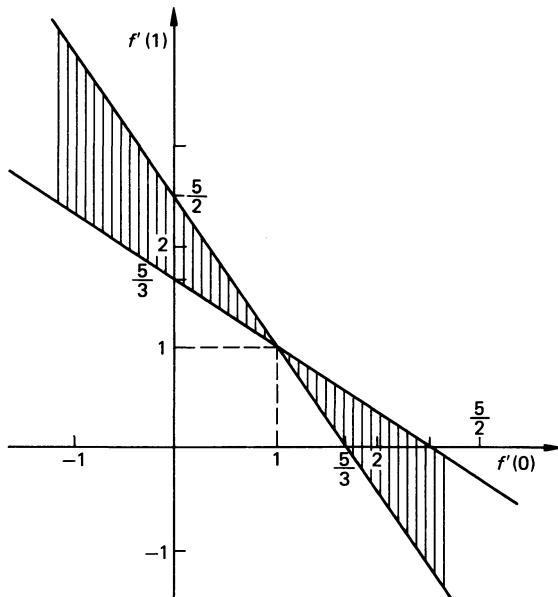


Bild 9. Randwertkombinationen des Polynom 5. Grades für G–G

6.2.2. Modifizierte Sinuslinie für konstante Geschwindigkeit-in-konstante Geschwindigkeit (G–G)

Bei Randwertkombinationen, die einen Wendepunkt im Bewegungsabschnitt $0 < z_{ik} < 1$ erfordern, ist die Modifizierte Sinuslinie für G–G wegen ihrer günstigen Kennwerte dem Polynom 5. Grades im allgemeinen vorzuziehen.

Außer den Randwerten $f'_{ik}(0)$ und $f'_{ik}(1)$ ist entweder der Wendepunktparameter λ oder der Beschleunigungs kennwert C_a^* , Bild 8, vorzugeben. Ist mit λ die Lage des Wendepunktes gegeben, so erhält man C_a^* bzw. C_a aus:

$$C_a^* = \frac{-2\pi^2 \left[1 - f'(1) - \left(f'(0) - f'(1) \right) \left(\frac{3}{4} - \frac{1}{\pi} \lambda \right) \right]}{(1-\lambda)(\pi+4)} \quad (90)$$

$$C_a = \left(f'(1) - f'(0) \right) \frac{\pi}{2\lambda} - C_a^* \frac{1-\lambda}{\lambda} \quad (91)$$

Der Geschwindigkeitskennwert C_v ergibt sich aus:

$$C_v = C_a \frac{2\lambda}{\pi} + f'(0) = f'(1) - C_a^* \frac{2(1-\lambda)}{\pi} \quad (92)$$

Ist ein bestimmter C_a^* -Wert vorgegeben, so ergibt sich λ aus:

$$\lambda = \frac{2\pi^2 [1 - f'(1)] + C_a^*(\pi+4)}{2\pi^2 \left(f'(0) - f'(1) \right) \left(\frac{3}{4} - \frac{1}{\pi} \lambda \right) + C_a^*(\pi+4)} \quad (93)$$

Soll nun gelten $|C_a| = |C_a^*|$, so ergibt sich λ nach

$$\lambda = -D \pm \sqrt{D^2 + D + \frac{\pi}{(3\pi-4)}} \quad (94)$$

wobei:

$$D = \frac{4\pi \left[\frac{1-f'(1)}{f'(1)-f'(0)} \right] - \pi + 4}{2(3\pi-4)} \quad (94a)$$

Gl. (94) ist nur dann gültig, wenn das Ergebnis zwischen 0 und +1 liegt.

Die Gleichungen des normierten Bewegungsgesetzes lauten dann:

$$\text{Bereich I: } 0 \leq z \leq \frac{\lambda}{4}$$

$$p_1 = 2\pi \frac{z}{\lambda} \quad (95)$$

$$f_1(z) = C_a \frac{\lambda}{2\pi} \left(z - \frac{\lambda}{2\pi} \sin p_1 \right) + f'(0)z \quad (96)$$

$$f'_1(z) = C_a \frac{\lambda}{2\pi} (1 - \cos p_1) + f'(0) \quad (97)$$

$$f''_1(z) = C_a \sin p_1 \quad (98)$$

Bereich II:

$$\frac{\lambda}{4} \leq z \leq \lambda$$

$$p_2 = 2\pi \frac{z + \frac{\lambda}{2}}{3\lambda} \quad (99)$$

$$f_2(z) = C_a \frac{\lambda}{2\pi} \left(z - \frac{9\lambda}{2\pi} \sin p_2 + \frac{4\lambda}{\pi} \right) + f'(0)z \quad (100)$$

$$f'_2(z) = C_a \frac{\lambda}{2\pi} (1 - 3 \cos p_2) + f'(0) \quad (101)$$

$$f''_2(z) = C_a \sin p_2 \quad (102)$$

$$\text{Bereich III: } \lambda \leq z \leq 1 - \frac{1-\lambda}{4}$$

$$p_3 = 2\pi \frac{z + \frac{3-5\lambda}{2}}{3(1-\lambda)} \quad (103)$$

$$f_3(z) = -C_a^* \frac{1-\lambda}{2\pi} \left(z - \frac{9(1-\lambda)}{2\pi} \sin p_3 + \frac{4\lambda}{\pi} \right) + f'(1)z + \left(f'(0) - f'(1) \right) \left(\frac{3}{4} - \frac{1}{\pi} \right) \lambda \quad (104)$$

$$f'_3(z) = -C_a^* \frac{1-\lambda}{2\pi} (1 - 3 \cos p_3) + f'(1) \quad (105)$$

$$f''_3(z) = -C_a^* \sin p_3 \quad (106)$$

Bereich IV:

$$1 - \frac{1-\lambda}{4} \leq z \leq 1$$

$$p_4 = 2\pi \frac{z - \lambda}{1 - \lambda} \quad (107)$$

$$f_4(z) = -C_a^* \frac{1-\lambda}{2\pi} \left(z - \frac{1-\lambda}{2\pi} \sin p_4 - 1 \right) + 1 + f'(1)(z-1) \quad (108)$$

$$f'_4(z) = -C_a^* \frac{1-\lambda}{2\pi} \left(1 - \cos p_4 \right) + f'(1) \quad (109)$$

$$f''_4(z) = -C_a^* \sin p_4 \quad (110)$$

6.3. Normierte Bewegungsgesetze für Umkehr-in-Umkehr (U-U)

Für U-U sind die ruckfreien R-R-Gesetze ungeeignet, da die Beschleunigung in den Umkehrpunkten dann unnötig auf den Wert 0 zurückgeht. Dies kann bezüglich der Lauf-eigenschaften des Getriebes erhebliche Nachteile zur Folge haben. Stattdessen sollten Bewegungsgesetze mit endlichen Beschleunigungen in den Umkehrpunkten verwendet werden.

Die in diesem Abschnitt behandelten Gesetze sind für derartige Bewegungen zu empfehlen. Sie sind in der Regel günstiger als das bei richtiger Randwertanpassung ($f'(0) = f'(1) = 0, f''(0) > 0, f''(1) < 0$) in vielen Fällen ebenfalls brauchbare Polynom 5. Grades (s. Abschn. 6.4).

6.3.1. Sinus-Gerade-Kombination für Umkehr-in-Umkehr (U-U)

Die Sinus-Gerade-Kombination für U-U enthält in ihren Gleichungen die Wendepunkt- und Abschnittsparameter λ und c , von deren Beträgen die Kennwerte und die bezogenen Umkehrrandwerte $f''(0)$ und $f''(1)$ abhängen. Durch geeignete Wahl von λ und c können daher gewünschte Umkehrrandwerte $f''(0)$ und $f''(1)$ eingehalten werden, die entweder von der Aufgabenstellung oder durch die Forderung nach ruckfreier Anpassung an die anschließenden Bewegungsgesetze in gewissen Grenzen gegeben sein können. Andernfalls können vorgegebene Kennwerte und/oder über den Parameter c ein Bereich konstanter Geschwindigkeit verwirklicht werden, Bild 10.

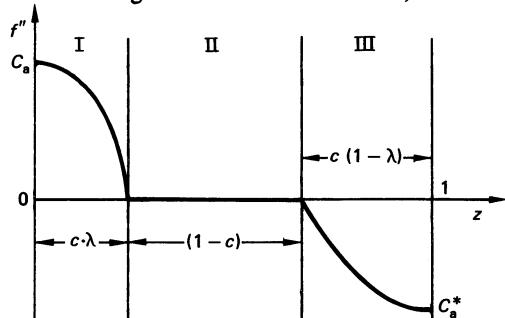


Bild 10. Sinus-Gerade-Kombination für U-U; normiertes Bewegungsgesetz 2. Ordnung

Die Gleichungen des normierten Bewegungsgesetzes lauten:

$$\text{Bereich I: } 0 \leq z \leq c\lambda$$

$$f_1 = C_a \left(\frac{2c\lambda}{\pi} \right)^2 \left[1 - \cos \left(\frac{\pi}{2c\lambda} z \right) \right] \quad (111)$$

$$f'_1 = C_a \frac{2c\lambda}{\pi} \sin \left(\frac{\pi}{2c\lambda} z \right) \quad (112)$$

$$f''_1 = C_a \cos \left(\frac{\pi}{2c\lambda} z \right) \quad (113)$$

$$\text{Bereich II: } c\lambda \leq z \leq 1 - c(1-\lambda)$$

$$f_2 = C_a \frac{2c\lambda}{\pi} \left[z + c\lambda \left(\frac{2}{\pi} - 1 \right) \right] \quad (114)$$

$$f'_2 = C_a \frac{2c\lambda}{\pi} \quad (115)$$

$$f''_2 = 0 \quad (116)$$

Bereich III: $1 - c(1 - \lambda) \leq z \leq 1$

$$f_3 = C_a \frac{2c\lambda}{\pi} \left[\frac{2c(1-\lambda)}{\pi} \sin \left[\frac{\pi}{2c(1-\lambda)} (z - 1 + c(1-\lambda)) \right] + \frac{2c\lambda}{\pi} + 1 - c \right] \quad (117)$$

$$f'_3 = C_a \frac{2c\lambda}{\pi} \cos \left\{ \frac{\pi}{2c(1-\lambda)} [z - 1 + c(1-\lambda)] \right\} \quad (118) \quad \text{Für den Parameter } c \text{ gilt:}$$

$$f''_3 = -C_a \frac{\lambda}{1-\lambda} \sin \left\{ \frac{\pi}{2c(1-\lambda)} [z - 1 + c(1-\lambda)] \right\} \quad (119)$$

Für die Kennwerte und Umkehrrandwerte gilt:

$$C_a = f''_1(0) = \frac{\pi}{2c\lambda \left[1 + c \left(\frac{2}{\pi} - 1 \right) \right]} \quad (120)$$

$$\frac{C_a^*}{C_a} = \frac{f''_3(1)}{f''_1(0)} = -\frac{\lambda}{1-\lambda} \quad (121)$$

$$C_v = \frac{2c\lambda}{\pi} C_a = \frac{1}{1 + c \left(\frac{2}{\pi} - 1 \right)} \quad (122)$$

$$C_j = -\frac{\pi}{2c\lambda} C_a \quad (123)$$

$$C_j^* = -\frac{\pi\lambda}{2c(1-\lambda)^2} C_a \quad (124)$$

$$C_{M\text{dyn}} = \frac{c\lambda}{\pi} C_a^2 \quad (125)$$

$$C_{M\text{dyn}}^* = -\frac{c\lambda}{\pi} \frac{\lambda}{1-\lambda} C_a^2 \quad (126)$$

Der Parameter λ lässt sich u.a. nach folgenden Beziehungen bestimmen:

$$\lambda = \frac{\left| \frac{C_a^*}{C_a} \right|}{\left| \frac{C_a^*}{C_a} \right| + 1} \quad (127)$$

$$\lambda = \frac{\pi}{2c \left[1 + c \left(\frac{2}{\pi} - 1 \right) \right]} \frac{1}{C_a} \quad (128)$$

$$c = 1 - \frac{\frac{\pi}{C_v} - 2}{\pi - 2} \quad (129)$$

$$c = \frac{\pi}{2(\pi-2)} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2(\pi-2)}{\lambda C_a}} \right] \quad (130)$$

6.3.2. Einfache Sinusline für Umkehr-in-Umkehr-Bewegung (U–U)

Aus dem Gesetz nach Abschn. 6.3.1 kann mit dem Parameterwert $c = 1$ die einfache Sinuslinie für U–U gewonnen werden. Diese hat keinen Bereich konstanter Geschwindigkeit mehr, kann aber über den Wendepunktparameter λ symmetrisch ($\lambda = 0,5$) oder unsymmetrisch ausgeführt werden. Es gelten die Bewegungs- und Kennwertgleichungen nach Abschn. 6.3.1, wenn $c = 1$ gesetzt wird.

6.3.3. Vergleichende Darstellung verschiedener Umkehr-in-Umkehr-Bewegungsgesetze (U–U)

In Tafel 3 sind vergleichende Darstellungen von U–U-Bewegungsgesetzen für die einfache Sinuslinie mit $\lambda = 0,5$ und für eine Sinus-Gerade-Kombination mit $\lambda = 0,5$ und $c = 0,5$ sichtbar.

6.4. Normiertes Bewegungsgesetz für Bewegung-in-Bewegung (B–B)

Sollen in den Anschlußpunkten des Bewegungsabschnittes ik Randbedingungen über Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung eingehalten werden, empfiehlt sich wegen einer einfachen Berechnung die Verwendung des Polynoms 5.Grades, mit dem sechs Randbedingungen erfüllt werden können. Das normierte Polynom 5.Grades lautet dann:

$$f(z) = A_0 + A_1 z + A_2 z^2 + A_3 z^3 + A_4 z^4 + A_5 z^5 \quad (131)$$

$$f'(z) = A_1 + 2A_2 z + 3A_3 z^2 + 4A_4 z^3 + 5A_5 z^4 \quad (132)$$

$$f''(z) = 2A_2 + 6A_3 z + 12A_4 z^2 + 20A_5 z^3 \quad (133)$$

Tafel 3. Vergleichende Darstellungen der U–U-Bewegungsgesetze

Bewegungsgesetz	Vorteile	Nachteile	$f'(z)$	$f''(z)$	$f'''(z)$	$f'(z) \cdot f''(z)$
Sinus-/Gerade-Kombination $\lambda=0,5$ $c=0,5$	besonders niedriger C_v -Wert, d.h. geringes Antriebsmoment infolge statischer Belastung	C_a -Wert größer als bei einfacher Sinuslinie	1,22 	7,68 	0 	4,69
Einfache Sinuslinie $\lambda=0,5$	besonders niedriger C_a -Wert, geringe Trägheitskräfte	C_v -Wert größer als bei Sinus-/Gerade-Kombination	1,57 	4,934 	0 	3,88

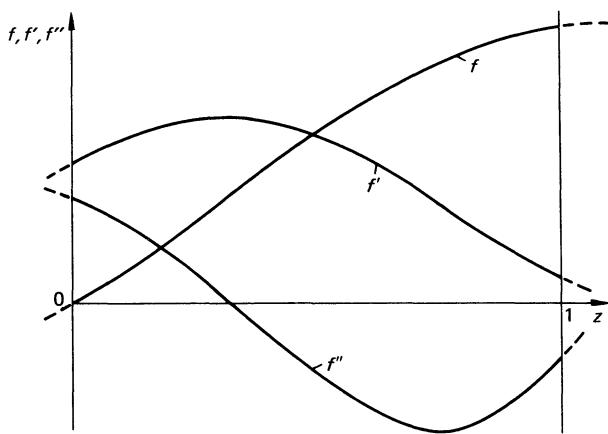


Bild 11. Normiertes Bewegungsgesetz für B-B; normiertes Bewegungsgesetz 0., 1. und 2. Ordnung

Die normierten Randbedingungen an den Anschlußpunkten $z_{ik} = 0$ bzw. $z_{ik} = 1$ des Bewegungsabschnittes ergeben sich gemäß Abschn. 5 und Bild 11

$$z_{ik} = 0: \quad (134)$$

$$f_{ik}(0) = 0 \quad (135)$$

$$f'_{ik}(0) = s'_i \frac{\Phi_{ik}}{S_{ik}} \quad (136)$$

$$f''_{ik}(0) = s''_i \frac{\Phi_{ik}^2}{S_{ik}} \quad (137)$$

$$z_{ik} = 1: \quad (138)$$

$$f_{ik}(1) = 1 \quad (139)$$

$$f'_{ik}(1) = s'_k \frac{\Phi_{ik}}{S_{ik}} \quad (140)$$

$$f''_{ik}(1) = s''_k \frac{\Phi_{ik}^2}{S_{ik}} \quad (141)$$

Die Größen s' und s'' können aus Geschwindigkeit und Beschleunigung gemäß Gln. (1) bis (4) errechnet werden.

Auf Grund dieser Randbedingungen sind die Koeffizienten:

$$A_0 = 0 \quad (142)$$

$$A_1 = f'_{ik}(0) \quad (143)$$

$$A_2 = 0,5 \cdot f''_{ik}(0) \quad (144)$$

$$A_3 = 10 \cdot K_1 - 4 \cdot K_2 + 0,5 \cdot K_3 \quad (145)$$

$$A_4 = -15 \cdot K_1 + 7 \cdot K_2 - K_3 \quad (146)$$

$$A_5 = 6 \cdot K_1 - 3 \cdot K_2 + 0,5 \cdot K_3 \quad (147)$$

mit

$$K_1 = 1 - f'_{ik}(0) - 0,5 \cdot f''_{ik}(0) \quad (148)$$

$$K_2 = f'_{ik}(1) - f'_{ik}(0) - f''_{ik}(0) \quad (149)$$

$$K_3 = f''_{ik}(1) - f''_{ik}(0) \quad (150)$$

Anmerkung: Das Polynom 5. Grades kann grundsätzlich bei entsprechender Randwertanpassung auch für die in Abschn. 6.1 bis 6.3 und 6.5 bis 6.9 behandelten Bewegungsaufgaben verwendet werden. Es weist jedoch zumeist nicht optimale Kennwerte und bei ungünstigen Randbedingungen sogar unerwünschtes Über-schwingen des normierten Bewegungsgesetzes auf.

6.5. Normiertes Bewegungsgesetz für Rast-in-konstante Geschwindigkeit (R-G) bzw. konstante Geschwindigkeit-in-Rast (G-R)

Diese Bewegungsaufgabe kann mit dem Bewegungsgesetz nach Abschn. 6.2 gelöst werden, wenn man $f'(0) = 0$ (R-G) bzw. $f'(1) = 0$ (G-R) setzt.

6.6. Normiertes Bewegungsgesetz für Rast-in-Umkehr (R-U) bzw. Umkehr-in-Rast (U-R)

Für R-U und U-R sind die ruckfreien R-R-Bewegungsgesetze ungeeignet, da die Beschleunigung im Umkehrpunkt dann unnötig auf den Wert 0 zurückgeht. Dies kann besonders bei dynamisch hochbeanspruchten Kurvengetrieben zu störenden Schwingungen und Geräuschen führen. Ebenfalls ungeeignet sind die U-U-Bewegungsgesetze, die einen Ruck im Rastrand bewirken (vgl. Abschn. 6.3). Statt dessen sollten Bewegungsgesetze mit der Beschleunigung Null im Rastrand aber *endlicher Beschleunigung* im Umkehrpunkt verwendet werden.

Die in diesem Abschnitt behandelten Gesetze sind für derartige Bewegungen geeignet. Sie sind in der Regel günstiger als das bei richtiger Randwertanpassung in vielen Fällen ebenfalls brauchbare Polynom 5. Grades (s. Abschn. 6.4). Die Gesetze enthalten den Wendepunktparameter λ , von dessen Betrag die Kennwerte und der bezogene Umkehrrandwert f''_U abhängig sind, Bild 12.

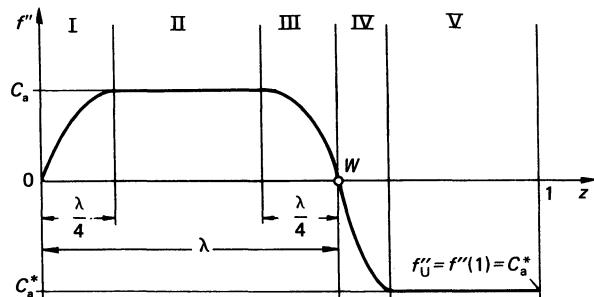


Bild 12. Modifiziertes Beschleunigungstrapez für R-U; normiertes Bewegungsgesetz 2. Ordnung

Durch geeignete Wahl von λ kann daher ein gewünschter Umkehrrandwert f''_U eingehalten werden, der entweder von der Aufgabenstellung oder durch die Forderung nach ruckfreier Anpassung an das anschließende Bewegungsgesetz in gewissen Grenzen vorgegeben sein kann. Ist der Betrag des Umkehrrandwertes f''_U frei wählbar, so kann durch Veränderung von λ statt dessen ein besonders interessanter Kennwert optimiert werden.

6.6.1. Modifiziertes Beschleunigungstrapez für Rast-in-Umkehr (R-U)

Das modifizierte Beschleunigungstrapez für R-U setzt sich im f'' -Verlauf aus Sinus- und Geraden-Stücken zusammen (Bild 12).

Die normierten Bewegungsgleichungen für R-U lauten:

$$\text{Bereich I: } 0 \leq z \leq \frac{\lambda}{4}$$

$$p_1 = \frac{2\pi}{\lambda} z \quad (151)$$

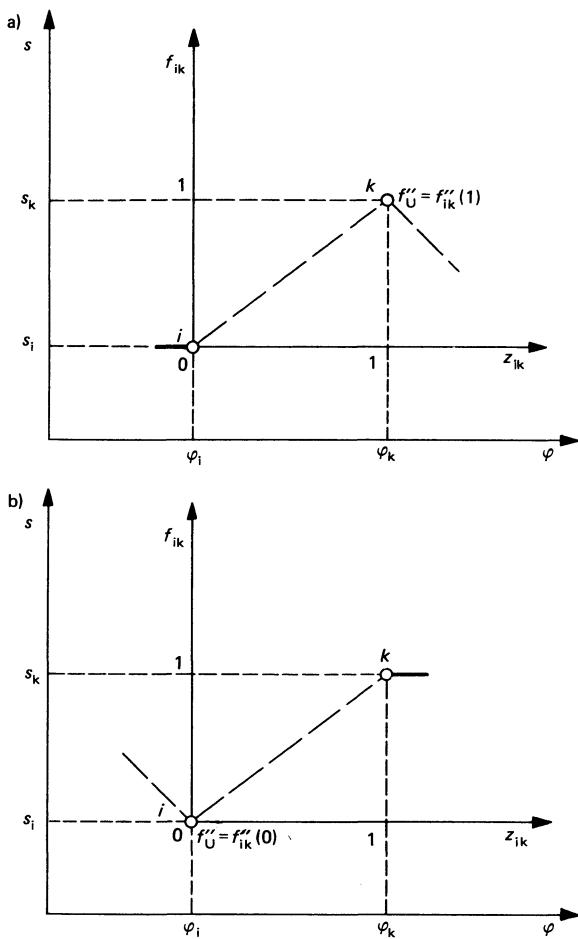


Bild 13. Bewegungsabschnitte mit

- a) R-U
b) U-R

$$f_1 = \frac{\lambda}{2\pi} C_a \left(z - \frac{\lambda}{2\pi} \sin p_1 \right) \quad (152)$$

$$f'_1 = \frac{\lambda}{2\pi} C_a \left(1 - \cos p_1 \right) \quad (153)$$

$$f''_1 = C_a \sin p_1 \quad (154)$$

$$\text{Bereich II: } \frac{\lambda}{4} \leq z \leq \frac{3\lambda}{4}$$

$$f_2 = C_a \left[\frac{\left(z - \frac{\lambda}{4} \right)^2}{2} + \frac{\lambda}{2\pi} z - \frac{\lambda^2}{4\pi^2} \right] \quad (155)$$

$$f'_2 = C_a \left(z - \frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{2\pi} \right) \quad (156)$$

$$f''_2 = C_a \quad (157)$$

$$\text{Bereich III: } \frac{3\lambda}{4} \leq z \leq \lambda$$

$$p_3 = \frac{2\pi}{\lambda} \left(z - \frac{3\lambda}{4} \right) \quad (158)$$

$$f_3 = \frac{\lambda}{2\pi} C_a \left[(1 + \pi) z - \frac{\pi\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2\pi} \cdot \cos p_3 \right] \quad (159)$$

$$f'_3 = \frac{\lambda}{2\pi} C_a \left(1 + \pi + \sin p_3 \right) \quad (160)$$

$$f''_3 = C_a \cos p_3 \quad (161)$$

$$\text{Bereich IV: } \lambda \leq z \leq \frac{3\lambda + 1}{4}$$

$$p_4 = \frac{2\pi}{1-\lambda} (z - \lambda) \quad (162)$$

$$f_4 = \frac{1-\lambda}{2\pi} C_a^* \left(\frac{3\pi-2}{4} \lambda - \frac{3\pi}{2} z - \frac{1-\lambda}{2\pi} \sin p_4 \right) \quad (163)$$

$$f'_4 = -\frac{1-\lambda}{2\pi} C_a^* \left(\frac{3\pi}{2} + \cos p_4 \right) \quad (164)$$

$$f''_4 = C_a^* \sin p_4 \quad (165)$$

$$\text{Bereich V: } \frac{3\lambda + 1}{4} \leq z \leq 1$$

$$f_5 = C_a^* \left[\frac{(z-1)^2}{2} - \frac{1}{|C_a^*|} \right] \quad (166)$$

$$f'_5 = C_a^* (z-1) \quad (167)$$

$$f''_5 = C_a^* \quad (168)$$

In Abhängigkeit vom Wendepunktparameter λ gilt für den Umkehrrandwert f''_U und zugleich den Kennwert C_a^* :

$$f''_U = C_a^* = \frac{-32\pi^2}{15\pi^2 + 8 - 2\lambda(9\pi^2 - 4\pi + 8) + \lambda^2(3\pi^2 - 8\pi + 8)} \quad (169)$$

bzw.

$$f''_U = C_a^* = \frac{1}{-0,49408 + 0,53358 \cdot \lambda - 0,03950 \cdot \lambda^2} \quad (170)$$

Die anderen Kennwerte ergeben sich nach folgenden Beziehungen:

$$C_a = -\frac{1-\lambda}{\lambda} \frac{3\pi+2}{2(2+\pi)} C_a^* \quad (171)$$

bzw.

$$C_a = -1,11102 \frac{1-\lambda}{\lambda} C_a^* \quad (172)$$

$$C_v = (1-\lambda) \frac{3\pi+2}{4\pi} \cdot |C_a^*| \quad (173)$$

bzw.

$$C_v = 0,90915 (1-\lambda) \cdot |C_a^*| \quad (174)$$

$$C_j = \frac{2\pi}{\lambda} C_a \quad (175)$$

$$C_j^* = \frac{2\pi}{1-\lambda} C_a^* \quad (176)$$

$$C_{M\text{dyn}} = 0,6772 \cdot \lambda C_a^2 \quad (177)$$

$$C_{M\text{dyn}}^* = -0,7660 (1-\lambda) C_a^{*2} \quad (178)$$

Es liegen die Kennwerte C_a bei $\frac{\lambda}{4} \leq z \leq \frac{3\lambda}{4}$

$$C_a^* \text{ bei } \frac{3\lambda + 1}{4} \leq z \leq 1$$

C_v bei $z = \lambda$

C_j bei $z = 0$

C_j^* bei $z = \lambda$

$C_{M\text{dyn}}$ bei $z = 0,785 \cdot \lambda$

sowie

$$C_{M\text{dyn}}^* \text{ bei } z = 0,2186 + 0,7814 \cdot \lambda$$

Wird der Umkehrrandwert f''_U vorgegeben, lässt sich mit $f''_U = C_a^*$ der Wendepunktparameter im Bild 14 ablesen oder errechnen nach

$$\lambda = \frac{9\pi^2 - 4\pi + 8}{3\pi^2 - 8\pi + 8} -$$

$$-\sqrt{\left(\frac{9\pi^2 - 4\pi + 8}{3\pi^2 - 8\pi + 8}\right)^2 - \frac{8 + \pi^2 \left(15 - \frac{32}{|f''_U|}\right)}{3\pi^2 - 8\pi + 8}} \quad (179)$$

bzw.

$$\lambda = 6,75373 - \sqrt{33,10545 + 25,31465 \frac{1}{|f''_U|}} \quad (180)$$

Die Werte sind in Abhängigkeit vom Wendepunktparameter λ im Bild 14 aufgetragen.

Der Geschwindigkeitskennwert C_v ist fast konstant. Von den anderen Kennwerten nehmen jeweils einige bei $\lambda \leq 0,25$

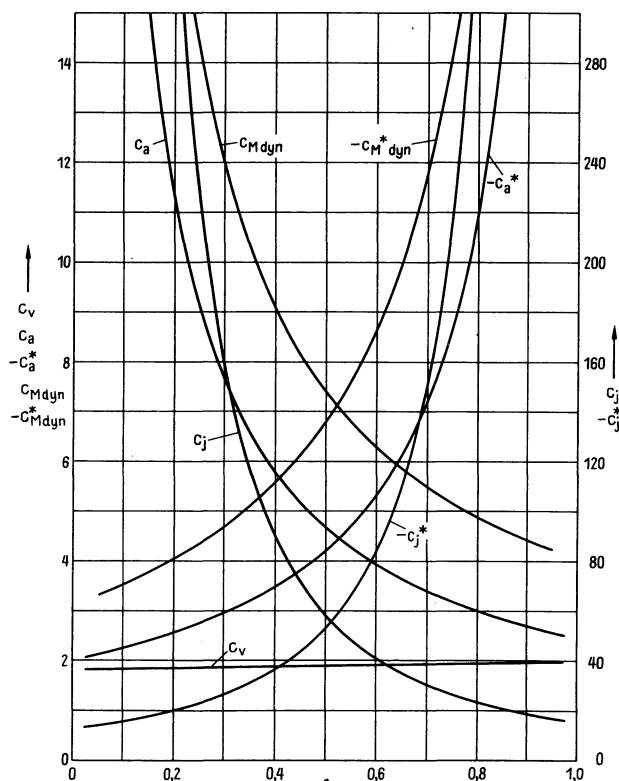


Bild 14. Kennwerte des modifizierten Beschleunigungstrapez für R-U

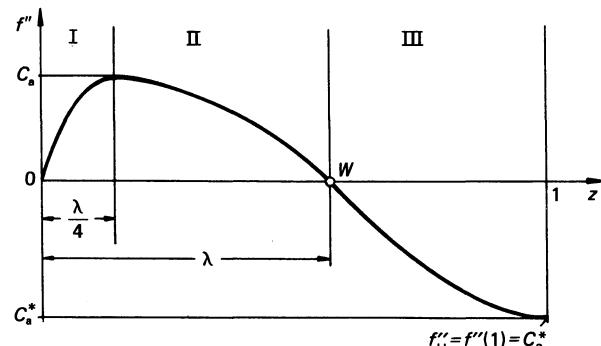


Bild 15. Harmonische Kombination für R-U; normiertes Bewegungsgesetz 2. Ordnung

und $\lambda \geq 0,75$ im allgemeinen unzulässige Werte an. Die Beschleunigungskennwerte haben gleiche Beträge bei $\lambda = 0,526$, die Ruckextrema bei $\lambda = 0,513$ sowie die dynamischen Momentenkennwerte bei $\lambda = 0,522$.

6.6.2. Harmonische Kombination für Rast-in-Umkehr-(R-U)

Die Harmonische Kombination für R-U setzt sich ausschließlich aus harmonischen Anteilen zusammen, Bild 15.

Die Bewegungsgleichungen für die drei Bereiche lauten [5]:

$$\text{Bereich I: } 0 \leq z \leq \frac{\lambda}{4}$$

$$p_1 = \frac{2\pi}{\lambda} z \quad (181)$$

$$f_1 = \frac{\lambda}{2\pi} C_a \left(z - \frac{\lambda}{2\pi} \sin p_1 \right) \quad (182)$$

$$f'_1 = \frac{\lambda}{2\pi} C_a (1 - \cos p_1) \quad (183)$$

$$f''_1 = C_a \sin p_1 \quad (184)$$

$$\text{Bereich II: } \frac{\lambda}{4} \leq z \leq \lambda$$

$$p_2 = \frac{2\pi}{3\lambda} \left(z - \frac{\lambda}{4} \right) \quad (185)$$

$$f_2 = \left(\frac{\lambda}{2\pi} \right)^2 C_a \left(8 + \frac{2\pi}{\lambda} z - 9 \cdot \cos p_2 \right) \quad (186)$$

$$f'_2 = \frac{\lambda}{2\pi} C_a (1 + 3 \sin p_2) \quad (187)$$

$$f''_2 = C_a \cos p_2 \quad (188)$$

$$\text{Bereich III: } \lambda \leq z \leq 1$$

$$p_3 = \frac{\pi}{2(1-\lambda)} (z - \lambda) \quad (189)$$

$$f_3 = -\frac{1-\lambda}{\pi} C_a^* \left[\frac{4(1-\lambda)}{\pi} \sin p_3 + \frac{\lambda}{2\pi} (4+\pi) \right] \quad (190)$$

$$f'_3 = -\frac{2(1-\lambda)}{\pi} C_a^* \cos p_3 \quad (191)$$

$$f''_3 = C_a^* \sin p_3 \quad (192)$$

Für den Umkehrrandwert f''_U und den Kennwert C_a^* gilt:

$$f''_U = C_a^* = \frac{-2\pi^2}{8 - \lambda(12 - \pi) + \lambda^2(4 - \pi)} \quad (193)$$

bzw.

$$f''_U = C_a^* = \frac{1}{-0,40528 + 0,44877 \cdot \lambda - 0,04379 \cdot \lambda^2} \quad (194)$$

Die anderen Kennwerte ergeben sich nach:

$$C_a = -\frac{1-\lambda}{\lambda} C_a^* \text{ bei } z = \frac{\lambda}{4} \quad (195)$$

$$C_v = \frac{2\lambda}{\pi} |C_a| = \frac{2(1-\lambda)}{\pi} |C_a^*| \text{ bei } z = \lambda \quad (196)$$

$$C_j = \frac{2\pi}{\lambda} C_a \text{ bei } z = 0 \quad (197)$$

$$C_j^* = \frac{\pi}{2(1-\lambda)} C_a^* \text{ bei } z = \lambda \quad (198)$$

$$C_{M\text{dyn}} = \frac{1,1222 \lambda}{\pi} C_a^2 \text{ bei } z = 0,5746 \cdot \lambda \quad (199)$$

$$C_{M\text{dyn}}^* = -\frac{1-\lambda}{\pi} C_a^{*2} \text{ bei } z = \frac{\lambda+1}{2} \quad (200)$$

Wird der Randwert f''_U im Umkehrpunkt vorgegeben, lässt sich der Wendepunktparameter λ in Bild 16 ablesen oder bestimmen nach

$$\lambda = \frac{12 - \pi}{8 - 2\pi} - \sqrt{\left(\frac{12 - \pi}{8 - 2\pi}\right)^2 - \frac{8 - \frac{2\pi^2}{|f''_U|}}{4 - \pi}} \quad (201)$$

bzw.

$$\lambda = 5,15979 - \sqrt{17,30387 + 22,99515 \frac{1}{|f''_U|}} \quad (202)$$

Für dieses Gesetz sind die Kennwerte über λ im Bild 16 aufgetragen. Die Beschleunigungskennwertkurven schneiden sich in $\lambda = 0,5$. Die dynamischen Momentenkennwerte haben gleiche Beträge bei $\lambda = 0,529$, die Ruckkennwerte C_j und C_j^* bei $\lambda = 0,667$.

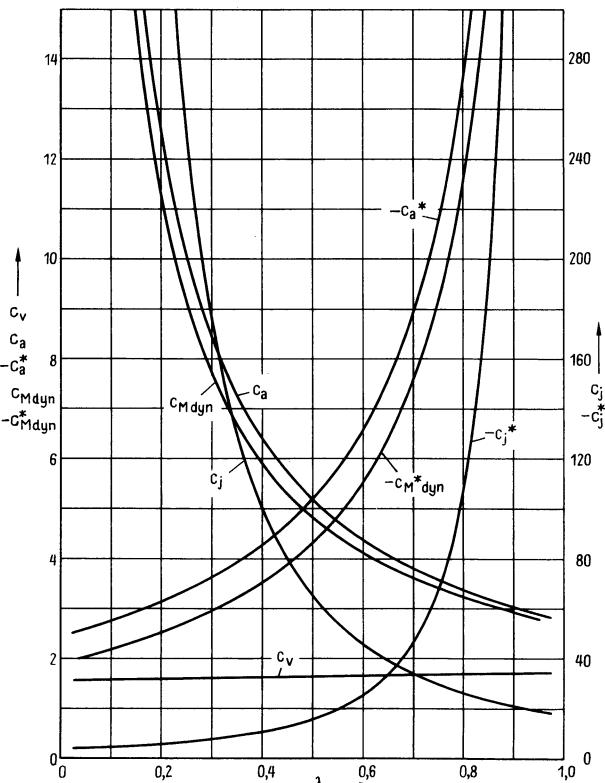


Bild 16. Kennwerte der harmonischen Kombination für R-U

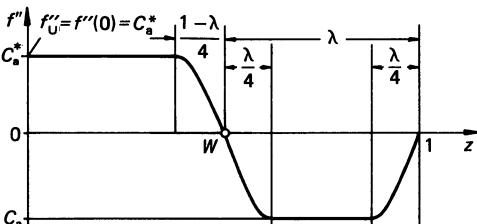


Bild 17. Normiertes Bewegungsgesetz für U-R; normiertes Bewegungsgesetz 2. Ordnung

schleunigungskennwert $C_a^* = f''_U = f''(1)$ negativ, so gilt jetzt $C_a^* = f''_U = f''(0) > 0$.

Mit C_a^* verändern alle Kennwerte, abgesehen von C_v , ihre Vorzeichen. Unter Beachtung dieser Vorzeichenänderung sind die in Abschn. 6.6.1 und 6.6.2 angegebenen Bewegungsgleichungen $f(z), f'(z), f''(z)$ auch für U-R zu verwenden, wenn statt z nunmehr $(1-z)$ eingesetzt wird und die so gewonnenen Ergebnisse noch umgerechnet werden nach

$$f_{UR}(z) = 1 + f(1-z) \quad (203)$$

$$f'_{UR}(z) = -f'(1-z) \quad (204)$$

$$f''_{UR}(z) = f''(1-z) \quad (205)$$

wobei $f(1-z)$ hier bedeutet: f an der Stelle $(1-z)$ und f' Ableitung nach z an der Stelle $(1-z)$ usw.

Abgesehen von Vorzeichenänderungen gelten die Kennwert-Beziehungen und -Diagramme der R-U-Bewegungsgesetze auch für U-R entsprechend. Ebenso sind die in Tafel 4 enthaltenen Aussagen zur Bewertung der verschiedenen Gesetze übertragbar.

Tafel 4. Vergleichende Darstellungen der R-U-Bewegungsgesetze

Bewegungsgesetz	Vorteile	Nachteile	$f'(z)$	$f''(z)$	$f'''(z)$	$f'(z) \cdot f'''(z)$
Modifiziertes Beschleunigungs-trapez $\lambda=0,5$	besonders niedriger C_a -Wert, geringe Trägheitskräfte	C_v -, C_a - und $C_{M\text{dyn}}$ -Werte höher als bei der Harmonischen Kombination	1,92 0 0,5 z 1	4,68 0 -4,22	58,9 0 -58,9 -53,0	7,43 0 -6,81
Harmonische Kombination $\lambda=0,5$	besonders niedrige C_v - und $C_{M\text{dyn}}$ -Werte, günstig bei großen Trägheitsmassen am Abtrieb	C_a -Wert größer als beim modifizierten Beschleunigungs-trapez	1,66 0 0,5 z 1	5,21 0 -5,21	65,5 0 -21,8 16,4	4,86 0 -4,33

6.6.4. Vergleichende Darstellung verschiedener Rast-in-Umkehr-Bewegungsgesetze (R-U)

Tafel 4 veranschaulicht R-U-Bewegungsgesetze für harmonische Kombinationen mit $\lambda = 0,5$ und für ein modifiziertes Beschleunigungstrapez mit $\lambda = 0,5$.

wobei:

$$D = \frac{12 - \pi - 2\pi^2 \frac{f'_G}{|C_a^*|} \left(\frac{3\pi - 4}{4\pi} \right)}{2(4 - \pi)} \quad (206a)$$

Gl. (206) ist nur dann gültig, wenn das Ergebnis zwischen 0 und +1 liegt.

Die Gleichungen des normierten Bewegungsgesetzes lauten dann:

Bereich I: $0 \leq z \leq \lambda/4$

$$p_1 = 2\pi \frac{z}{\lambda} \quad (207)$$

$$f_1 = C_a \left[\frac{\lambda}{2\pi} \left(z - \frac{\lambda}{2\pi} \sin p_1 \right) + \frac{f'_G z}{|C_a|} \right] \quad (208)$$

$$f'_1 = C_a \left[\frac{\lambda}{2\pi} (1 - \cos p_1) + \frac{f'_G}{|C_a|} \right] \quad (209)$$

$$f''_1 = C_a \sin p_1 \quad (210)$$

Bereich II: $\lambda/4 \leq z \leq \lambda$

$$p_2 = 2\pi \frac{z - \frac{\lambda}{4}}{3\lambda} \quad (211)$$

$$f_2 = C_a \left[\frac{\lambda}{2\pi} \left(z - \frac{9\lambda}{2\pi} \cos p_2 + \frac{4\lambda}{\pi} \right) + \frac{f'_G z}{|C_a|} \right] \quad (212)$$

$$f'_2 = C_a \left[\frac{\lambda}{2\pi} (1 + 3 \sin p_2) + \frac{f'_G}{|C_a|} \right] \quad (213)$$

$$f''_2 = C_a \cos p_2 \quad (214)$$

Bereich III: $\lambda \leq z \leq 1$

$$p_3 = \pi \frac{z - \lambda}{2(1 - \lambda)} \quad (215)$$

$$f_3 = -C_a^* \left\{ \frac{1 - \lambda}{\pi^2} \left[\frac{\lambda(\pi + 4)}{2} + 4(1 - \lambda) \sin p_3 \right] + \frac{f'_G}{|C_a^*|} \lambda \cdot \frac{(3\pi - 4)}{4\pi} \right\} \quad (216)$$

$$f'_3 = -C_a^* \frac{1 - \lambda}{\pi} 2 \cdot \cos p_3 \quad (217)$$

$$f''_3 = +C_a^* \sin p_3 \quad (218)$$

6.7. Normiertes Bewegungsgesetz für Rast-in-Bewegung (R-B) bzw. Bewegung-in-Rast (B-R)

Hier gelten die in Abschn. 6.4 dargestellten Beziehungen, wenn für $f'(0) = f''(0) = 0$ gesetzt wird (R-B) oder für $f'(1) = f''(1) = 0$ gesetzt wird (B-R).

6.8. Normiertes Bewegungsgesetz für konstante Geschwindigkeit-in-Umkehr (G-U) bzw. Umkehr-in-konstante Geschwindigkeit (U-G)

6.8.1. Harmonische Kombination für G-U

Im Prinzip lassen sich für die vorliegende Bewegungsaufgabe die R-U-Gesetze entsprechend umformen. Wegen ihrer günstigen Kennwerte wird hier die „Harmonische Kombination“ empfohlen.

Notwendige Randbedingungen sind die Größen $f'_G = f'(0)$ sowie die Lage des Wendepunktes W , ausgedrückt durch λ , Bild 18. An Stelle von λ kann auch die Größe C_a^* vorgegeben werden, dann ergibt sich hieraus der Wert λ nach folgender Beziehung:

$$\lambda_{1/2} = D \pm \sqrt{D^2 - \frac{8 - \frac{2\pi^2}{|C_a^*|}}{4 - \pi}} \quad (206)$$

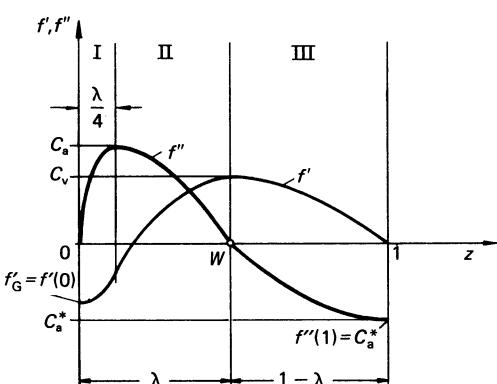


Bild 18. Harmonische Kombination für G-U; normiertes Bewegungsgesetz 1. und 2. Ordnung

Aus diesen Gleichungen erhält man nun die Kennwerte C_v , C_a^* , C_a nach

$$C_v = \frac{2\lambda}{\pi} |C_a| + f'_G = \frac{2(1-\lambda)}{\pi} |C_a^*| + f'_G \quad (219)$$

$$C_a^* = \frac{-2\pi^2 \left\{ 1 - f'_G \lambda \left(1 - \frac{\pi+4}{4\pi} \right) \right\}}{(1-\lambda)[8+\lambda(\pi-4)]} \quad (220)$$

$$C_a = \frac{-C_a^*(1-\lambda) - f'_G \frac{\pi}{2}}{\lambda} \quad (221)$$

6.8.2. Harmonische Kombination für Umkehr-in-konstante Geschwindigkeit (U–G)

Die *Harmonische Kombination* für G–U lässt sich entsprechend für U–G verwenden. Es sind hierbei jedoch einige Umrechnungsvorschriften zu beachten.

Mit λ wird weiterhin der Abstand des Wendepunktes von der Randseite mit konstanter Geschwindigkeit angegeben, Bild 19. War vorher der Umkehrbeschleunigungskennwert $C_a^* = f''(1)$ negativ, so gilt jetzt $C_a^* = f''(0) > 0$.

Ferner ist die Randbedingung $f'_G = f'(1)$ zu berücksichtigen.

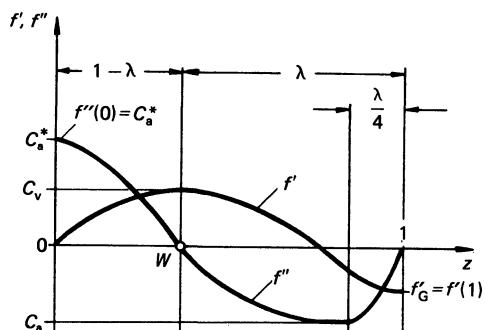


Bild 19. Harmonische Kombination für U–G; normiertes Bewegungsgesetz 1. und 2. Ordnung

Mit C_a^* verändern alle Kennwerte, abgesehen von C_v ihre Vorzeichen.

Unter Beachtung dieser Vorzeichenänderung sind die in Abschn. 6.8.1 angegebenen Bewegungsgleichungen auch für U–G zu verwenden, wenn statt z nunmehr $(1-z)$ eingesetzt wird und die Rechenergebnisse auch nach folgenden Gleichungen umgerechnet werden:

$$f_{UG}(z) = 1 + f(1-z) \quad (222)$$

$$f'_{UG}(z) = -f'(1-z) \quad (223)$$

$$f''_{UG}(z) = f''(1-z) \quad (224)$$

wobei $f(1-z)$ hier bedeutet: f an der Stelle $(1-z)$ und f' Ableitung nach z an der Stelle $(1-z)$ usw.

6.9. Normiertes Bewegungsgesetz für konstante Geschwindigkeit-in-Bewegung (G–B) bzw. Bewegung-in-konstante Geschwindigkeit (B–G)

Diese Bewegungsaufgabe kann mit den in Abschn. 6.4 dargestellten Beziehungen erfüllt werden.

Für G–B gilt:

$$f(0) = 0; f'(0) = s_i' \frac{\Phi_{ik}}{S_{ik}}; f''(0) = 0 \quad (225)$$

Für B–G gilt entsprechend:

$$f(1) = 1; f'(1) = s_k' \frac{\Phi_{ik}}{S_{ik}}; f''(1) = 0 \quad (226)$$

6.10. Normiertes Bewegungsgesetz für Umkehr-in-Bewegung (U–B) bzw. Bewegung-in-Umkehr (B–U)

Diese Bewegungsaufgabe kann mit den in Abschn. 6.4 dargestellten Beziehungen erfüllt werden.

Für U–B gilt:

$$f(0) = 0 \text{ und } f'(0) = 0 \quad (227)$$

Für B–U gilt entsprechend:

$$f(1) = 1 \text{ und } f'(1) = 0 \quad (228)$$

7. Formelzeichen und Einheiten

Formelzeichen	Einheit	Erklärungen
A_i	1	Polynomkoeffizient
c	1	Abschnittsparameter
$C_M, C_M^*, C_{\bar{M}}$	1	Momentenkennwert
$C_{M \text{ dyn}}, C_{M \text{ dyn}}^*, C_{\bar{M} \text{ dyn}}$	1	dynamischer Momenten-Kennwert
$C_{M \text{ stat}}, C_{M \text{ stat}}^*, C_{\bar{M} \text{ stat}}$	1	statischer Momenten-Kennwert
$C_p, C_p^*, C_{\bar{J}}$	1	Kennwert der normierten Ruckfunktion
$C_a, C_a^*, C_{\bar{a}}$	1	Kennwert der normierten Beschleunigung
C_v	1	Kennwert der normierten Geschwindigkeit
S_{ik}	mm	Gesamtweg des gerade geführten Abtriebsgliedes im Abschnitt ik
$a = \ddot{s}$	mm/s ²	Beschleunigung des Abtriebsgliedes (gerade geführt)
e	mm	Exzentrizität beim gerade geführten Abtriebsglied
$f(z)$	1	Normiertes Bewegungsgesetz
$f'(z)$	1	1. Ableitung nach dem normierten Drehwinkel z (normiertes Bewegungsgesetz 1. Ordnung)

Formelzeichen	Einheit	Erklärungen
$f''(z)$	1	2. Ableitung nach dem normierten Drehwinkel z (normiertes Bewegungsgesetz 2. Ordnung)
$f'''(z)$	1	3. Ableitung nach dem normierten Drehwinkel z (normiertes Bewegungsgesetz 3. Ordnung)
ik	—	Numerierung der Bewegungsabschnitte
$s(\varphi)$	mm	Weg des Abtriebsgliedes (Übertragungsfunktion 0. Ordnung)
$s'(\varphi)$	mm/rad	Übertragungsfunktion 1. Ordnung (1. Ableitung nach dem Drehwinkel φ des Kurvenkörpers)
$s''(\varphi)$	mm/rad ²	Übertragungsfunktion 2. Ordnung (2. Ableitung nach dem Drehwinkel φ des Kurvenkörpers)
$s'''(\varphi)$	mm/rad ³	Übertragungsfunktion 3. Ordnung (3. Ableitung nach dem Drehwinkel φ des Kurvenkörpers)
t	s	Zeit
$v = \dot{s}$	mm/s	Geschwindigkeit des Abtriebsgliedes (gerade geführt)
$z; \bar{z}$	1	normierter Drehwinkel eines Bewegungsabschnittes
$\alpha_a = \ddot{\varphi}$	rad/s ²	Winkelbeschleunigung des Kurvenkörpers
$\alpha_b = \ddot{\psi}$	rad/s ²	Winkelbeschleunigung des Schwinghebels
λ	1	Wendepunktparameter $0 < \lambda < 1$
ν	1	Konstante
φ	rad bzw. °	Drehwinkel des Kurvenkörpers
Φ_{ik}	rad bzw. °	Gesamtdrehwinkel des Kurvenkörpers im Abschnitt ik
$\psi(\varphi)$	rad bzw. °	Drehwinkel des Schwinghebels (Übertragungsfunktion 0. Ordnung)
$\psi'(\varphi)$	rad/rad	Übertragungsfunktion 1. Ordnung (1. Ableitung nach dem Drehwinkel φ des Kurvenkörpers)
$\psi''(\varphi)$	rad/rad ²	Übertragungsfunktion 2. Ordnung (2. Ableitung nach dem Drehwinkel φ des Kurvenkörpers)
$\psi'''(\varphi)$	rad/rad ³	Übertragungsfunktion 3. Ordnung (3. Ableitung nach dem Drehwinkel φ des Kurvenkörpers)
Ψ_{ik}	rad bzw. °	Gesamtdrehwinkel des Schwinghebels im Abschnitt ik
$\omega_a = \dot{\varphi}$	rad/s	Winkelgeschwindigkeit des Kurvenkörpers
$\omega_b = \dot{\psi}$	rad/s	Winkelgeschwindigkeit des Schwinghebels

Umrechnung von Grad in Radian (= Bogenmaß) $1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$

Schrifttum

- [1] Allais, D.C.: Cycloidal Cams vs Modified Trapezoidal Cams in Elastic Systems. *Mach. Design* 35 (1963) Nr. 3, S. 92/96.
- [2] Alt, H.: Der Ruck. *Maschinenbau. Reuleaux-Mitt.* 4 (1936) H. 10, S. 581/82.
- [3] Antuma, H.J.: Nokkrommen; mogelijkheden voor optimale Keuze; harmonische parabol. *De Ingenieur, Werktuig-En Scheepsbouw* 19 (1967), S. W 197/208.
- [4] Baranyi, S.J.: Multiple-Harmonic Cam-Profiles. *ASME-paper 70-Mech-59*, 11 pp.
- [5] Chen, F.Y.: Kinematic Synthesis of Cam Profiles for Prescribed Acceleration by a Finite Integration Method. *J. Engng. Ind.*, May, 1973, pp. 519/24.
- [6] Chen, F.Y.: On the Characteristics of Cam Profiles Generated by an Ellipse. *Proc. 4th Oklahoma State University Conf. Nov. 3/5, 1975 Chicago*, pp. 31-1/31-17.
- [7] Church, J.A., and A.H. Soni: On Harrisberger's Adjustable Trapezoidal Motion Program for Cam Design. *Proc. of the Appl. Mechanism Conf.*, Oct. 1971, paper 41, pp. 14-1/14-5.
- [8] Finkelnburg, H.H.: Der Ruck. *Maschinenbau. Reuleaux-Mitt.* 3 (1935) H. 9, S. 520/22.
- [9] Freudenstein, F.: On the Dynamics of High-Speed Cam-Profiles. *Intern. J. Mech. Sci.* 1 (1960), pp. 342/49.
- [10] Gebelein, H.: Die Bedeutung ruckartiger Kraft- oder Beschleunigungsänderungen in der Mechanik. *Forsch. Ing.-Wes.* 28 (1962) H. 2, S. 57/65.
- [11] Hain, K.: Beschleunigungsgünstige Hubbewegungen mit zeitweise konstanter Geschwindigkeit. *Konstruktion* 23 (1971) H. 11, S. 413/19.
- [13] Harrisberger, L.: Motion Programming. *Mach. Design* 35 (1963) No. 1, pp. 114/19.
- [14] Hebele, Ch.B.: Design Equations and Graphs for Finding the Dynamic Response of Cycloidal-Motion Cam-Systems. *Mach. Design* 33 (1961) No. 3, pp. 102/07.
- [15] Hildebrand, S.: Zur Konstruktion von Kurvengetrieben. *Maschinenbautechn.* 1 (1952) H. 5, S. 203/16.
- [16] Hüther, B.: Erweiterte Anwendung der geneigten Sinuslinie als Bewegungsgesetz für Kruvengetriebe. *Wiss. Z. d. TH Karl-Marx-Stadt* 7 (1965) H. 3, S. 43/50.
- [17] Hüther, B.: Zur Auswahl des Bewegungsgesetzes für Schwinganlagen an Druckmaschinen. *Ind.-Anz.* 87 (1965) Nr. 70, S. 161/65.

- [18] Hüther, B.: Bewegungsgesetze für Kurvengetriebe mit vorgeschriebenen Geschwindigkeiten. *Maschinenbautechn.* 15 (1966) H.1, S. 41/46 u. H. 3, S. 159/65.
- [19] Hüther, B.: Die Verwandtschaft zwischen dem Ellipsengesetz und dem Kreisbogengesetz. *Wiss. Z. d. TH Karl-Marx-Stadt* 8 (1966) H. 3, S. 183/94.
- [20] Hüther, B.: Die Übertragungsfunktionen für die Abtriebsbewegung der Getriebe, insbesondere der Kurvengetriebe. *Wiss. Z. d. TH Karl-Marx-Stadt* 8 (1966) H. 3, S. 195/204.
- [21] Hüther, B.: Die Sinoide als Bewegungsgesetz bei Bewegungsaufgaben mit geforderten Geschwindigkeiten. *Maschinenbautechn.* 15 (1966) H. 9, S. 488/93.
- [22] Janssen, B.: Getriebesynthese Kurvengetriebe. *Lehrgangsbeitrag BW 893.* Düsseldorf: VDI-Bildungswerk 1967.
- [23] Jensen, P. W.: Cam Design and Manufacture. New York: The Industrial Press 1965.
- [24] Johnson, R. C.: A Rapid Method for Developing Cam Profiles Having Desired Acceleration Characteristics, *Mecha. Design* (1956), Dec., pp. 129/32.
- [25] Kerle, H.: Zur Auslegung eines schnelllaufenden einfachen Kurvengetriebes unter Berücksichtigung des Antriebs. *Diss. TU Braunschweig* 1974.
- [26] Kloomok, M., and R. V. Muffley: Plate Cam Design with Emphasis on Dynamic Effects. *Produkt Engng.* (1955), Febr., pp. 156/62.
- [27] Kloomok, Am., and R. V. Muffley: Polynomial Cam Curves. *Product Engng.* (1957), March, pp. 196/202.
- [28] Koster, M.P.: Vibrations of Cam Mechanisms and their Consequence on the Design. *Theis Eindhoven* 1973.
- [29] Krzenciessa, H.: Berechnung von Kurvenmechanismen mit symmetrischen Bewegungsgesetzen. Verminderung der Beschleunigungen durch Verlängerung der Hubzeit, ausgehend von den Differenzhüben. *Maschinenbautechn.* 18 (1969) H. 9, S. 455/57.
- [30] Krzenciessa, H.: Berechnung von Kurvenmechanismen mit symmetrischen Bewegungsgesetzen. Verminderung der Beschleunigungen durch Verlängerung der Hubzeit, ausgehend von Beschleunigungen. *Maschinenbautechn.* 18 (1969) H. 11, S. 581/87.
- [31] Krzenciessa, H.: Berechnung von Kurvenmechanismen mit asymmetrischen Bewegungsgesetzen (Wendepunktverschiebung). Verminderung der Beschleunigungen durch Verlängerung der Hubzeit, ausgehend von Differenzhüben. *Maschinenbautechn.* 18 (1969) H. 12, S. 663/65.
- [32] Krzenciessa, H.: Das „Gesetz der 7. Potenz“ und die „Biharmonische“ für Hubbewegungen von Kurvenmechanismen. *Maschinenbautechn.* 22 (1973) H. 1, S. 8/12.
- [33] Kulitzscher, P.: Kurventafeln zur Auswahl der Bewegungsgesetze für Kurvenmechanismen. *Maschinenbautechn.* 19 (1970) H. 6, S. 324/25.
- [34] Melchior, P.: Der Ruck. Z. VDI 72 (1928) Nr. 50, S. 1842/44.
- [35] Meyer zur Capellen, W.: Die Beschleunigungsänderung. *Ing.-Arch.* 27 (1959) H.1, S. 53/65 u. H. 2, S. 73/87
- [36] Meyer zur Capellen, W.: Nomogramme zur geneigten Sinuslinie. *Forschungsber. des Landes Nordrhein-Westfalen* Nr. 772. Köln u. Opladen: Westdeutscher Verl. 1959.
- [37] Meyer zur Capellen, W.: Konstruktion ebener Kurvengetriebe und vergleichende Analyse ihrer Bewegungsgesetze. *Forschungsber. des Landes Nordrhein-Westfalen* Nr. 1135. Köln u. Opladen: Westdeutscher Verl. 1963.
- [38] Moon, C.H.: Designing Cam Profiles. *Mach. Design* 33 (1961) No. 8, pp. 179/87.
- [39] Neklutin, C.N.: Designing Cams for Controlled Inertia and Vibrations. *Mach. Design* 24 (1952), June, pp. 143/60.
- [40] Neklutin, C.N.: Vibration Analysis of Cams. *Mach. Design* 26 (1954) No. 12, pp. 190/98.
- [41] Neklutin, C.N.: Cam Design Tables. Trans. of the fifth conference on mechanisms, pp. 77/90, Purdue University 1958.
- [42] Neklutin, C.N.: Trig-Type Cam Profiles. *Mach. Design* 31 (1959) No. 21, pp. 175/87.
- [43] Neklutin, C.N.: Mechanisms and Cams for Automatic Machines. New York: America Elsevier Publ. Comp. 1969.
- [44] Nerge, G.: Zur Beurteilung der Bewegungsgesetze für Kurvengetriebe nach ihren Beschleunigungs-Kennwerten. *Maschinenbautechn.* 9 (1960) H. 6, S. 334/35.
- [45] Nerge, G.: Tafel der Kennwerte symmetrischer Bewegungsgesetze für Kurvenmechanismen. *Wiss. Z. d. TU Dresden* 11 (1962) H. 1, S. 53/57.
- [46] Nerge, G., u. H. Hugk: Zur Ermittlung der geneigten Sinuslinien mit kleinsten Maximalbeschleunigung. *Maschinenbautechn.* 11 (1962) H. 6, S. 327/29.
- [47] Obst, P., u. W. Heydt: Konstruktion und Fertigung von Kurvenmechanismen. Berlin: VEB Verl. Technik 1964.
- [48] Pejsach, J.E.: Aufgabe der dynamischen Synthese optimaler Bewegungsgesetze eines Abtriebsgliedes. *Mechanika Masin* (1968) 13, S. 35/52.
- [49] Petersen, E.: Kombinationsgesetze für Bewegungen mit Rast- und Umkehrlagen. *Konstruktion* 28 (1976) H. 3, S. 90/96.
- [50] Rees Jones, J., and J.E. Reeve: Dynamic Response of Cam Curves Based on Sinusoidal Segments. Conference Mechanisms '74, Cams and Cam Mechanisms, Liverpool Polytechnic, 10–11 Sept. 1974.
- [51] Rothbart, H.A.: Cams, Design, Dynamics and Accuracy. Cleveland, Ohio: Penton Publishing Co. 1958.
- [52] Rothbart, H.A.: Neue analytische und experimentelle Untersuchungsmethoden für den günstigsten Entwurf von Kurvengetrieben unter Berücksichtigung von Belastung, Elastizität und geforderter Drehzahl. *technica* (1962) H. 17, S. 1215/19 und H. 20, S. 1531/34.
- [53] Rückert, H.: Numerische Methoden zur Bestimmung der Laufeigenschaften ebener Kurvengetriebe unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Rast-in-Rast-Bewegungsgesetze. *Diss. TH Darmstadt* 1974.
- [54] Rückert, H.: Bewegungsgesetze für Kurvengetriebe. *Lehrgangsbeitrag BW 2657 z. Lehrgang Kurvengetriebe.* Düsseldorf: VDI-Bildungswerk 1974.
- [55] Rückert, H.: Der Einfluß der Bewegungsgesetze auf die Geräuschentwicklung in Kurvengetrieben. *Lehrgangsbeitrag BW 2658 z. Lehrgang Kurvengetriebe.* Düsseldorf: VDI-Bildungswerk 1974.
- [56] Rückert, H.: Bewegungsgesetze für Kurvengetriebe mit Schwingbewegung. *Antriebstechn.* 15 (1976) Nr. 3, S. 121/24.
- [57] Schirmeister, K.: Beurteilung von Bewegungsgesetzen für Kurvengetriebe im Hinblick auf Schwingungserregung. *Maschinenbautechn.* 18 (1969) H. 1, S. 46/52.
- [58] Schnarbach, K.: Zur Synthese des Kreisbogengesetzes. *Konstruktion* 3 (1951) H. 3, S. 82/89.
- [59] Seitz, H.: Beispiele für Übergangskurven. *Lehrgangsbeitrag BW 2910 z. Lehrgang Kurvengetriebe.* Düsseldorf: VDI-Bildungswerk 1974.
- [60] Seitz, H.: Gesichtspunkte für die Konstruktion und Fertigung von Kurvenscheiben. *Melliand-Textilber.* 6 (1975), S. 483/87.
- [61] Stange, H., u. K.-H. Förster: Veränderung symmetrischer Bewegungsgesetze bei ungleichförmiger Antriebswinkelgeschwindigkeit. *Wiss. Z. d. TU Dresden* 17 (1968) H. 1, S. 93/98.
- [62] Stoddart, D.A.: Polodyne Cam Design. *Mach. Design* 25 (1953), Jan.–Febr.–March, pp. 121/35, 146/54, 149/64.
- [63] Volmer, J. u.a.: Getriebetechnik. Kurvengetriebe. Berlin: VEB-Verl. Technik 1976.
- [64] Weber, Th.: Cam Dynamics via Filter Theory. *Mach. Design* 32 (1960) No. 21, pp. 160/65.

Anhang: Wertetabellen für normierte R–R-Bewegungsgesetze
Polynom 5. Grades

z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$
0.000	0.0000000	0.0000	0.0000	0.168	0.0362704	0.5861	5.5687	0.336	0.2138429	1.4933	4.3907
0.002	0.0000001	0.0001	0.1193	0.170	0.0374538	0.5973	5.5876	0.338	0.2168382	1.5020	4.3498
0.004	0.0000006	0.0005	0.2371	0.172	0.0386595	0.6085	5.6055	0.340	0.2198508	1.5107	4.3085
0.006	0.0000021	0.0011	0.3535	0.174	0.0398877	0.6197	5.6225	0.342	0.2228808	1.5192	4.2667
0.008	0.0000051	0.0019	0.4685	0.176	0.0411383	0.6310	5.6385	0.344	0.2259277	1.5277	4.2244
0.010	0.0000099	0.0029	0.5821	0.178	0.0424115	0.6423	5.6537	0.346	0.2289916	1.5361	4.1817
0.012	0.0000170	0.0042	0.6943	0.180	0.0437073	0.6536	5.6678	0.348	0.2320722	1.5445	4.1386
0.014	0.0000269	0.0057	0.8050	0.182	0.0450258	0.6649	5.6811	0.350	0.2351694	1.5527	4.0950
0.016	0.0000400	0.0074	0.9144	0.184	0.0463670	0.6763	5.6935	0.352	0.2382829	1.5608	4.0510
0.018	0.0000568	0.0094	1.0224	0.186	0.0477310	0.6877	5.7049	0.354	0.2414126	1.5689	4.0065
0.020	0.0000776	0.0115	1.1290	0.188	0.0491178	0.6991	5.7154	0.356	0.2445584	1.5759	3.9617
0.022	0.0001030	0.0139	1.2342	0.190	0.0505275	0.7106	5.7251	0.358	0.2477200	1.5847	3.9164
0.024	0.0001333	0.0165	1.3380	0.192	0.0519601	0.7220	5.7338	0.360	0.2508973	1.5925	3.8707
0.026	0.0001690	0.0192	1.4404	0.194	0.0534156	0.7335	5.7417	0.362	0.2540900	1.6002	3.8246
0.028	0.0002104	0.0222	1.5415	0.196	0.0548941	0.7450	5.7487	0.364	0.2572981	1.6078	3.7781
0.030	0.0002580	0.0254	1.6412	0.198	0.0563955	0.7569	5.7548	0.366	0.2605213	1.6153	3.7313
0.032	0.0003122	0.0288	1.7396	0.200	0.0579200	0.7680	5.7600	0.368	0.2637594	1.6227	3.6840
0.034	0.0003733	0.0324	1.8366	0.202	0.0594675	0.7795	5.7644	0.370	0.2670122	1.6301	3.6364
0.036	0.0004417	0.0361	1.9323	0.204	0.0610381	0.7911	5.7679	0.372	0.2702796	1.6373	3.5883
0.038	0.0005179	0.0401	2.0267	0.206	0.0626318	0.8026	5.7705	0.374	0.2735613	1.6444	3.5400
0.040	0.0006022	0.0442	2.1197	0.208	0.0642485	0.8141	5.7723	0.376	0.2768572	1.6515	3.4912
0.042	0.0006950	0.0486	2.2114	0.210	0.0656883	0.8257	5.7733	0.378	0.2801671	1.6584	3.4421
0.044	0.0007966	0.0531	2.3017	0.212	0.0675512	0.8372	5.7735	0.380	0.2834907	1.6652	3.3926
0.046	0.0009074	0.0578	2.3908	0.214	0.0692372	0.8488	5.7728	0.382	0.2868279	1.6720	3.3428
0.048	0.0010278	0.0626	2.4786	0.216	0.0709463	0.8603	5.7712	0.384	0.2901784	1.6786	3.2927
0.050	0.0011581	0.0677	2.5650	0.218	0.0726785	0.8719	5.7689	0.386	0.2935422	1.6851	3.2422
0.052	0.0012987	0.0729	2.6502	0.220	0.0744338	0.8834	5.7658	0.388	0.2969189	1.6916	3.1914
0.054	0.0014498	0.0783	2.7340	0.222	0.0762121	0.8949	5.7618	0.390	0.3003083	1.6979	3.1403
0.056	0.0016119	0.0838	2.8166	0.224	0.0780135	0.9064	5.7571	0.392	0.3037104	1.7041	3.0888
0.058	0.0017853	0.0896	2.8979	0.226	0.0798379	0.9180	5.7515	0.394	0.3071248	1.7102	3.0371
0.060	0.0019703	0.0954	2.9779	0.228	0.0816853	0.9294	5.7452	0.396	0.3105513	1.7163	2.9850
0.062	0.0021671	0.1015	3.0567	0.230	0.0835557	0.9409	5.7380	0.398	0.3139898	1.7222	2.9327
0.064	0.0023762	0.1077	3.1342	0.232	0.0854490	0.9524	5.7301	0.400	0.3174400	1.7280	2.8800
0.066	0.0025979	0.1140	3.2104	0.234	0.0873652	0.9639	5.7215	0.402	0.3209017	1.7337	2.8271
0.068	0.0028323	0.1205	3.2854	0.236	0.0893044	0.9753	5.7120	0.404	0.3243747	1.7393	2.7738
0.070	0.0030799	0.1271	3.3592	0.238	0.0912664	0.9867	5.7018	0.406	0.3278589	1.7448	2.7203
0.072	0.0033410	0.1339	3.4317	0.240	0.0932512	0.9981	5.6909	0.408	0.3313539	1.7502	2.6666
0.074	0.0036158	0.1409	3.5029	0.242	0.0952587	1.0095	5.6792	0.410	0.3348595	1.7555	2.6125
0.076	0.0039045	0.1479	3.5730	0.244	0.0972890	1.0208	5.6667	0.412	0.3383757	1.7606	2.5582
0.078	0.0042076	0.1552	3.6418	0.246	0.0993420	1.0321	5.6536	0.414	0.3419020	1.7657	2.5037
0.080	0.0045253	0.1625	3.7094	0.248	0.1014175	1.0434	5.6396	0.416	0.3454384	1.7707	2.4489
0.082	0.0048577	0.1700	3.7758	0.250	0.1035156	1.0547	5.6250	0.418	0.3489846	1.7755	2.3938
0.084	0.0052053	0.1776	3.8410	0.252	0.1056362	1.0659	5.6096	0.420	0.3525403	1.7802	2.3386
0.086	0.0055683	0.1854	3.9050	0.254	0.1077793	1.0771	5.5936	0.422	0.3561054	1.7849	2.2831
0.088	0.0059468	0.1932	3.9679	0.256	0.1099447	1.0883	5.5768	0.424	0.3596796	1.7894	2.2273
0.090	0.0063413	0.2012	4.0295	0.258	0.1121325	1.0994	5.5593	0.426	0.3632628	1.7938	2.1714
0.092	0.0067518	0.2093	4.0899	0.260	0.1143424	1.1105	5.5411	0.428	0.3668546	1.7980	2.1152
0.094	0.0071788	0.2176	4.1492	0.262	0.1165746	1.1216	5.5222	0.430	0.3704549	1.8022	2.0588
0.096	0.0076223	0.2259	4.2073	0.264	0.1188288	1.1326	5.5027	0.432	0.3740634	1.8063	2.0023
0.098	0.0080826	0.2344	4.2642	0.266	0.1211050	1.1436	5.4825	0.434	0.3776799	1.8102	1.9455
0.100	0.0085600	0.2430	4.3200	0.268	0.1234032	1.1546	5.4615	0.436	0.3813042	1.8141	1.8885
0.102	0.0090547	0.2517	4.3746	0.270	0.1257232	1.1655	5.4400	0.438	0.3849361	1.8178	1.8314
0.104	0.0095669	0.2605	4.4281	0.272	0.1280650	1.1763	5.4177	0.440	0.3885753	1.8214	1.7741
0.106	0.0100967	0.2694	4.4804	0.274	0.1304284	1.1871	5.3948	0.442	0.3922216	1.8249	1.7166
0.108	0.0106445	0.2784	4.5316	0.276	0.1328134	1.1979	5.3713	0.444	0.3958747	1.8283	1.6569
0.110	0.0112105	0.2875	4.5817	0.278	0.1352199	1.2086	5.3471	0.446	0.3995345	1.8315	1.6011
0.112	0.0117947	0.2967	4.6307	0.280	0.1376478	1.2193	5.3222	0.448	0.4032007	1.8347	1.5431
0.114	0.0123975	0.3061	4.6785	0.282	0.1400970	1.2299	5.2968	0.450	0.4068731	1.8377	1.4850
0.116	0.0130190	0.3155	4.7252	0.284	0.1425674	1.2405	5.2707	0.452	0.4105514	1.8406	1.4267
0.118	0.0136594	0.3250	4.7708	0.286	0.1450588	1.2510	5.2440	0.454	0.4142354	1.8434	1.3683
0.120	0.0143189	0.3345	4.8154	0.288	0.1475712	1.2614	5.2166	0.456	0.4179249	1.8461	1.3098
0.122	0.0149976	0.3442	4.8588	0.290	0.1501045	1.2718	5.1887	0.458	0.4216196	1.8486	1.2511
0.124	0.0156958	0.3540	4.9011	0.292	0.1526586	1.2822	5.1601	0.460	0.4253194	1.8511	1.1923
0.126	0.0164136	0.3638	4.9424	0.294	0.1552333	1.2925	5.1310	0.462	0.4290239	1.8534	1.1334
0.128	0.0171511	0.3737	4.9825	0.296	0.1578285	1.3027	5.1012	0.464	0.4327329	1.8556	1.0744
0.130	0.0179086	0.3837	5.0216	0.298	0.1604441	1.3129	5.0709	0.466	0.4364462	1.8577	1.0153
0.132	0.0186862	0.3938	5.0597	0.300	0.1630800	1.3230	5.0400	0.468	0.4401636	1.8597	0.9561
0.134	0.0194840	0.4040	5.0967	0.302	0.1657361	1.3330	5.0085	0.470	0.4438848	1.8615	0.8968
0.136	0.0203022	0.4142	5.1326	0.304	0.1684121	1.3430	4.9765	0.472	0.4476096	1.8633	0.8374
0.138	0.0211409	0.4245	5.1674	0.306	0.1711081	1.3530	4.9438	0.474	0.4513378	1.8649	0.7779
0.140	0.0220003	0.4349	5.2013	0.308	0.1738239	1.3628	4.9107	0.476	0.4550690	1.8664	0.7183
0.142	0.0228805	0.4453	5.2341	0.310	0.1765593	1.3726	4.8769	0.478	0.4588032	1.8677	0.6587
0.144	0.0237816	0.4558	5.2658	0.312	0.1793143	1.3823	4.8426	0.480	0.4625399	1.8690	0.5990
0.146	0.0247038	0.4664	5.2966	0.314	0.1820885	1.3920	4.8078	0.482	0.4662791	1.8701	0.5393
0.148</											

z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$
0.504	0.5074996	1.8748	-0.1200	0.670	0.7950369	1.4666	-4.5104	0.836	0.9660296	0.5639	-5.5280
0.506	0.5112489	1.8745	-0.1800	0.672	0.7979609	1.4575	-4.5494	0.838	0.9671465	0.5529	-5.5063
0.508	0.5149974	1.8740	-0.2399	0.674	0.8008668	1.4484	-4.5878	0.840	0.9682412	0.5419	-5.4835
0.510	0.5187450	1.8735	-0.2999	0.676	0.8037543	1.4391	-4.6258	0.842	0.9693141	0.5310	-5.4598
0.512	0.5224913	1.8728	-0.3598	0.678	0.8066233	1.4299	-4.6632	0.844	0.9703651	0.5201	-5.4351
0.514	0.5262362	1.8721	-0.4197	0.680	0.8094737	1.4205	-4.7002	0.846	0.9713944	0.5092	-5.4094
0.516	0.5299795	1.8712	-0.4795	0.682	0.8123053	1.4111	-4.7366	0.848	0.9724020	0.4984	-5.3827
0.518	0.5337208	1.8701	-0.5393	0.684	0.8151179	1.4015	-4.7725	0.850	0.9733881	0.4877	-5.3550
0.520	0.5374600	1.8690	-0.5990	0.686	0.8179114	1.3920	-4.8078	0.852	0.9743528	0.4770	-5.3263
0.522	0.5411968	1.8677	-0.6587	0.688	0.8206657	1.3823	-4.8426	0.854	0.9752962	0.4664	-5.2966
0.524	0.5449309	1.8664	-0.7183	0.690	0.8234406	1.3726	-4.8769	0.856	0.9762184	0.4558	-5.2658
0.526	0.5486622	1.8649	-0.7779	0.692	0.8261760	1.3628	-4.9107	0.858	0.9771195	0.4453	-5.2341
0.528	0.5523903	1.8633	-0.8374	0.694	0.8288918	1.3530	-4.9436	0.860	0.9779997	0.4349	-5.2013
0.530	0.5561151	1.8615	-0.8968	0.696	0.8315878	1.3430	-4.9765	0.862	0.9788591	0.4245	-5.1674
0.532	0.5598363	1.8597	-0.9561	0.698	0.8342639	1.3330	-5.0085	0.864	0.9796978	0.4142	-5.1326
0.534	0.5635537	1.8577	-1.0153	0.700	0.8369200	1.3230	-5.0400	0.866	0.9805160	0.4040	-5.0967
0.536	0.5672670	1.8556	-1.0744	0.702	0.8395559	1.3129	-5.0709	0.868	0.9813138	0.3938	-5.0597
0.538	0.5709761	1.8534	-1.1334	0.704	0.8421715	1.3027	-5.1012	0.870	0.9820914	0.3837	-5.0216
0.540	0.5746806	1.8511	-1.1923	0.706	0.8447667	1.2925	-5.1310	0.872	0.9828488	0.3737	-4.9825
0.542	0.5783803	1.8486	-1.2511	0.708	0.8473414	1.2822	-5.1601	0.874	0.9835864	0.3638	-4.9424
0.544	0.5820750	1.8461	-1.3098	0.710	0.8498954	1.2718	-5.1887	0.876	0.9843042	0.3540	-4.9011
0.546	0.5857645	1.8434	-1.3683	0.712	0.8524287	1.2614	-5.2166	0.878	0.9850023	0.3442	-4.8588
0.548	0.5894845	1.8406	-1.4267	0.714	0.8549411	1.2510	-5.2440	0.880	0.9856811	0.3345	-4.8154
0.550	0.5931268	1.8377	-1.4850	0.716	0.8574326	1.2405	-5.2707	0.882	0.9863406	0.3250	-4.7708
0.552	0.5967992	1.8347	-1.5431	0.718	0.8599030	1.2299	-5.2968	0.884	0.9869810	0.3155	-4.7252
0.554	0.6004654	1.8315	-1.6011	0.720	0.8623521	1.2193	-5.3222	0.886	0.9876025	0.3061	-4.6785
0.556	0.6041252	1.8283	-1.6589	0.722	0.8647800	1.2086	-5.3471	0.888	0.9882052	0.2967	-4.6307
0.558	0.6077783	1.8249	-1.7166	0.724	0.8671165	1.1979	-5.3713	0.890	0.9887895	0.2875	-4.5817
0.560	0.6114246	1.8214	-1.7741	0.726	0.8695716	1.1871	-5.3948	0.892	0.9893554	0.2784	-4.5316
0.562	0.6150638	1.8178	-1.8314	0.728	0.8719350	1.1763	-5.4177	0.894	0.9899033	0.2694	-4.4804
0.564	0.6186957	1.8141	-1.8885	0.730	0.8742768	1.1655	-5.4400	0.896	0.9904331	0.2605	-4.4281
0.566	0.6223200	1.8102	-1.9455	0.732	0.8765968	1.1546	-5.4615	0.898	0.9909453	0.2517	-4.3746
0.568	0.6259365	1.8063	-2.0023	0.734	0.8788949	1.1436	-5.4825	0.900	0.9914400	0.2430	-4.3200
0.570	0.6295450	1.8022	-2.0588	0.736	0.8811712	1.1326	-5.5027	0.902	0.9919174	0.2344	-4.2642
0.572	0.6331453	1.7980	-2.1152	0.738	0.8834254	1.1216	-5.5222	0.904	0.9923777	0.2259	-4.2073
0.574	0.6367372	1.7938	-2.1714	0.740	0.8856575	1.1105	-5.5411	0.906	0.9928212	0.2176	-4.1492
0.576	0.6403203	1.7894	-2.2273	0.742	0.8878675	1.0994	-5.5593	0.908	0.9932482	0.2093	-4.0899
0.578	0.6438945	1.7849	-2.2831	0.744	0.8900552	1.0883	-5.5768	0.910	0.9936587	0.2012	-4.0295
0.580	0.6474596	1.7802	-2.3386	0.746	0.8922207	1.0771	-5.5936	0.912	0.9940531	0.1932	-3.9679
0.582	0.6510154	1.7755	-2.3938	0.748	0.8943637	1.0659	-5.6096	0.914	0.9944317	0.1854	-3.9050
0.584	0.6545615	1.7707	-2.4489	0.750	0.8964643	1.0547	-5.6250	0.916	0.9947947	0.1776	-3.8410
0.586	0.6580979	1.7657	-2.5037	0.752	0.8985825	1.0434	-5.6396	0.918	0.9951423	0.1700	-3.7758
0.588	0.6616243	1.7606	-2.5582	0.754	0.9006580	1.0321	-5.6536	0.920	0.9954747	0.1625	-3.7094
0.590	0.6651404	1.7555	-2.6125	0.756	0.9027110	1.0208	-5.6667	0.922	0.9957924	0.1552	-3.6418
0.592	0.6686461	1.7502	-2.6666	0.758	0.9047412	1.0095	-5.6792	0.924	0.9960954	0.1479	-3.5730
0.594	0.6721411	1.7448	-2.7203	0.760	0.9067488	0.9981	-5.6909	0.926	0.9963842	0.1409	-3.5029
0.596	0.6756252	1.7393	-2.7738	0.762	0.9087336	0.9867	-5.7018	0.928	0.9966590	0.1339	-3.4317
0.598	0.6790982	1.7337	-2.8271	0.764	0.9106956	0.9753	-5.7120	0.930	0.9969201	0.1271	-3.3592
0.600	0.6825600	1.7280	-2.8800	0.766	0.9126347	0.9639	-5.7215	0.932	0.9971677	0.1205	-3.2854
0.602	0.6866010	1.7222	-2.9327	0.768	0.9145510	0.9524	-5.7301	0.934	0.9974022	0.1140	-3.2104
0.604	0.6894486	1.7163	-2.9850	0.770	0.9164443	0.9409	-5.7380	0.936	0.9975238	0.1077	-3.1342
0.606	0.6928752	1.7102	-3.0371	0.772	0.9183147	0.9294	-5.7452	0.938	0.9978329	0.1015	-3.0567
0.608	0.6962895	1.7041	-3.0888	0.774	0.9201621	0.9180	-5.7515	0.940	0.9980297	0.0954	-2.9779
0.610	0.6996916	1.6979	-3.1403	0.776	0.9219865	0.9064	-5.7571	0.942	0.9982147	0.0896	-2.8979
0.612	0.7030811	1.6916	-3.1914	0.778	0.9237879	0.8949	-5.7618	0.944	0.9983880	0.0838	-2.8166
0.614	0.7064578	1.6851	-3.2422	0.780	0.9255662	0.8834	-5.7658	0.946	0.9985502	0.0783	-2.7340
0.616	0.7098215	1.6786	-3.2927	0.782	0.9273215	0.8719	-5.7689	0.948	0.9987013	0.0729	-2.6502
0.618	0.7131721	1.6720	-3.3428	0.784	0.9290536	0.8603	-5.7712	0.950	0.9988419	0.0677	-2.5650
0.620	0.7165093	1.6652	-3.3926	0.786	0.9307627	0.8488	-5.7728	0.952	0.9989722	0.0626	-2.4786
0.622	0.7198329	1.6584	-3.4421	0.788	0.9324487	0.8372	-5.7735	0.954	0.9990926	0.0578	-2.3908
0.624	0.7231427	1.6515	-3.4912	0.790	0.9341117	0.8257	-5.7733	0.956	0.9992034	0.0531	-2.3017
0.626	0.7264386	1.6444	-3.5400	0.792	0.9357515	0.8141	-5.7723	0.958	0.9993050	0.0486	-2.2114
0.628	0.7297204	1.6373	-3.5883	0.794	0.9373682	0.8026	-5.7705	0.960	0.9993978	0.0442	-2.1197
0.630	0.7329877	1.6301	-3.6364	0.796	0.9389619	0.7911	-5.7679	0.962	0.9994821	0.0401	-2.0267
0.632	0.7362406	1.6227	-3.6840	0.798	0.9405325	0.7795	-5.7644	0.964	0.9995583	0.0361	-1.9323
0.634	0.7394878	1.6153	-3.7313	0.800	0.9420800	0.7680	-5.7600	0.966	0.9996267	0.0324	-1.8366
0.636	0.7427018	1.6078	-3.7781	0.802	0.9436045	0.7565	-5.7548	0.968	0.9996878	0.0288	-1.7396
0.638	0.7459099	1.6002	-3.8246	0.804	0.9451059	0.7450	-5.7487	0.970	0.9997420	0.0254	-1.6412
0.640	0.74941026	1.5925	-3.8707	0.806	0.9465844	0.7335	-5.7417	0.972	0.9997896	0.0222	-1.5415
0.642	0.7522799	1.5847	-3.9164	0.808	0.9480399	0.7220	-5.7338	0.974	0.9998310	0.0192	-1.4404
0.644	0.7554415	1.5769	-3.9617	0.810	0.9494725	0.7106	-5.7251	0.976	0.9998667	0.0165	-1.3380
0.646	0.7585873	1.5689	-4.0065	0.812	0.9508821	0.6991	-5.7154	0.978	0.9998970	0.0139	-1.2342
0.648	0.7617170	1.5608	-4.0510	0.814	0.9522689	0.6877	-5.7049	0.980	0.9999224	0.0115	-1.1290
0.650	0.7648306	1.5527	-4.0950	0.816	0.9536329	0.6763	-5.6935	0.982	0.9999432	0.0094	-1.0224
0.652	0.7679277	1.5445	-4.1386	0.818	0.9549741	0.6649	-5.6811	0.984</			

Geneigte Sinuslinie (Helling-Bestehörn)

z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$
0.000	0.0000000	0.0000	0.0000	0.168	0.0295060	0.5073	5.4675	0.336	0.1995204	1.5144	5.3880
0.002	0.0000001	0.0001	0.0790	0.170	0.0305315	0.5182	5.5060	0.338	0.2025600	1.5252	5.3470
0.004	0.0000004	0.0003	0.1579	0.172	0.0315790	0.5293	5.5436	0.340	0.2056210	1.5358	5.3051
0.006	0.0000014	0.0007	0.2368	0.174	0.0326487	0.5404	5.5803	0.342	0.2087033	1.5464	5.2623
0.008	0.0000034	0.0013	0.3157	0.176	0.0337407	0.5516	5.6162	0.344	0.2118065	1.5569	5.2188
0.010	0.0000066	0.0020	0.3945	0.178	0.0348552	0.5629	5.6511	0.346	0.2149307	1.5673	5.1744
0.012	0.0000114	0.0028	0.4733	0.180	0.0359923	0.5742	5.6852	0.348	0.2180756	1.5776	5.1292
0.014	0.0000180	0.0039	0.5520	0.182	0.0371521	0.5856	5.7184	0.350	0.2212409	1.5878	5.0832
0.016	0.0000269	0.0050	0.6306	0.184	0.0383348	0.5971	5.7506	0.352	0.2244266	1.5979	5.0364
0.018	0.0000383	0.0064	0.7091	0.186	0.0395406	0.6086	5.7820	0.354	0.2276325	1.6079	4.9888
0.020	0.0000526	0.0079	0.7875	0.188	0.0407694	0.6202	5.8124	0.356	0.2308583	1.6179	4.9404
0.022	0.0000700	0.0095	0.8658	0.190	0.0420215	0.6319	5.8420	0.358	0.2341039	1.6277	4.8912
0.024	0.0000909	0.0113	0.9439	0.192	0.0432969	0.6436	5.8706	0.360	0.2373690	1.6374	4.8413
0.026	0.0001155	0.0133	1.0219	0.194	0.0445959	0.6554	5.8982	0.362	0.2406535	1.6471	4.7906
0.028	0.0001442	0.0154	1.0997	0.196	0.0459184	0.6672	5.9250	0.364	0.2439571	1.6566	4.7391
0.030	0.0001773	0.0177	1.1774	0.198	0.0472646	0.6791	5.9508	0.366	0.2472798	1.6660	4.6869
0.032	0.0002152	0.0201	1.2548	0.200	0.0486347	0.6910	5.9757	0.368	0.2506211	1.6753	4.6339
0.034	0.0002580	0.0227	1.3321	0.202	0.0500286	0.7030	5.9996	0.370	0.2539810	1.6845	4.5802
0.036	0.0003062	0.0255	1.4091	0.204	0.0514465	0.7150	6.0226	0.372	0.2573592	1.6937	4.5258
0.038	0.0003600	0.0284	1.4860	0.206	0.0528885	0.7270	6.0446	0.374	0.2607556	1.7026	4.4707
0.040	0.0004198	0.0314	1.5626	0.208	0.0543547	0.7392	6.0657	0.376	0.2641698	1.7115	4.4149
0.042	0.0004658	0.0346	1.6389	0.210	0.0558452	0.7513	6.0858	0.378	0.2676016	1.7203	4.3584
0.044	0.0005584	0.0380	1.7150	0.212	0.0573600	0.7635	6.1049	0.380	0.2710509	1.7290	4.3011
0.046	0.0006378	0.0415	1.7908	0.214	0.0588992	0.7757	6.1231	0.392	0.2745174	1.7375	4.2432
0.048	0.0007244	0.0451	1.8664	0.216	0.0604629	0.7880	6.1404	0.394	0.2780009	1.7459	4.1847
0.050	0.0008184	0.0489	1.9416	0.218	0.0620512	0.8003	6.1566	0.396	0.2815011	1.7543	4.1255
0.052	0.0009202	0.0529	2.0165	0.220	0.0636641	0.8126	6.1719	0.398	0.2850178	1.7624	4.0656
0.054	0.0010301	0.0570	2.0912	0.222	0.0653017	0.8250	6.1862	0.399	0.2885508	1.7705	4.0051
0.056	0.0011484	0.0613	2.1655	0.224	0.0669641	0.8374	6.1995	0.392	0.2920998	1.7785	3.9439
0.058	0.0012753	0.0657	2.2394	0.226	0.0686512	0.8498	6.2119	0.394	0.2956646	1.7863	3.8821
0.060	0.0014112	0.0702	2.3130	0.228	0.0703632	0.8622	6.2233	0.396	0.2992449	1.7940	3.8197
0.062	0.0015563	0.0749	2.3862	0.230	0.0721000	0.8747	6.2336	0.398	0.3028404	1.8016	3.7567
0.064	0.0017109	0.0798	2.4591	0.232	0.0738618	0.8871	6.2430	0.400	0.3064510	1.8090	3.6932
0.066	0.0018754	0.0848	2.5315	0.234	0.0756486	0.8996	6.2515	0.402	0.3100764	1.8163	3.6290
0.068	0.0020501	0.0899	2.6036	0.236	0.0774604	0.9121	6.2589	0.404	0.3137163	1.8235	3.5643
0.070	0.0022351	0.0952	2.6753	0.238	0.0792972	0.9247	6.2653	0.406	0.3173705	1.8306	3.4990
0.072	0.0024309	0.1006	2.7465	0.240	0.0811591	0.9372	6.2708	0.408	0.3210386	1.8375	3.4331
0.074	0.0026376	0.1062	2.8173	0.242	0.0830461	0.9498	6.2752	0.410	0.3247205	1.8443	3.3667
0.076	0.0028556	0.1119	2.8876	0.244	0.0849581	0.9623	6.2787	0.412	0.3284158	1.8510	3.2998
0.078	0.0030851	0.1177	2.9575	0.246	0.0868953	0.9749	6.2812	0.414	0.3321244	1.8575	3.2323
0.080	0.0033265	0.1237	3.0269	0.248	0.0888576	0.9874	6.2827	0.416	0.3358459	1.8639	3.1644
0.082	0.0035800	0.1298	3.0959	0.250	0.0908451	1.0000	6.2832	0.418	0.3395800	1.8702	3.0959
0.084	0.0038459	0.1361	3.1644	0.252	0.0928576	1.0126	6.2827	0.420	0.3433265	1.8763	3.0269
0.086	0.0041244	0.1425	3.2323	0.254	0.0948953	1.0251	6.2812	0.422	0.3470651	1.8823	2.9575
0.088	0.0044159	0.1490	3.2998	0.256	0.0969581	1.0377	6.2787	0.424	0.3508556	1.8881	2.8876
0.090	0.0047205	0.1557	3.3667	0.258	0.0990461	1.0502	6.2752	0.426	0.3546376	1.8938	2.8173
0.092	0.0050386	0.1625	3.4331	0.260	0.1011591	1.0628	6.2708	0.428	0.3584308	1.8994	2.7465
0.094	0.0053705	0.1694	3.4990	0.262	0.1032972	1.0753	6.2653	0.430	0.3622351	1.9048	2.6753
0.096	0.0057163	0.1765	3.5643	0.264	0.1054604	1.0879	6.2589	0.432	0.3660501	1.9101	2.6036
0.098	0.0060764	0.1837	3.6290	0.266	0.1076486	1.1004	6.2515	0.434	0.3698754	1.9152	2.5315
0.100	0.0064511	0.1910	3.6932	0.268	0.1098618	1.1129	6.2430	0.436	0.3737109	1.9202	2.4591
0.102	0.0068405	0.1984	3.7567	0.270	0.1121000	1.1253	6.2336	0.438	0.3775563	1.9251	2.3862
0.104	0.0072449	0.2060	3.8197	0.272	0.1143632	1.1378	6.2233	0.440	0.3814111	1.9298	2.3130
0.106	0.0076646	0.2137	3.8821	0.274	0.1166512	1.1502	6.2119	0.442	0.3852753	1.9343	2.2394
0.108	0.0080998	0.2215	3.9439	0.276	0.1189640	1.1626	6.1995	0.444	0.3891483	1.9387	2.1655
0.110	0.0085508	0.2295	4.0051	0.278	0.1213017	1.1750	6.1862	0.446	0.3930301	1.9430	2.0912
0.112	0.0090178	0.2376	4.0656	0.280	0.1236641	1.1874	6.1719	0.448	0.3969202	1.9471	2.0165
0.114	0.0095011	0.2457	4.1254	0.282	0.1260512	1.1997	6.1566	0.450	0.40008184	1.9511	1.9416
0.116	0.0100009	0.2541	4.1847	0.284	0.1284629	2.1220	6.1404	0.452	0.4047243	1.9549	1.8664
0.118	0.0105174	0.2625	4.2432	0.286	0.1308992	2.1243	6.1231	0.454	0.4086377	1.9585	1.7908
0.120	0.0110509	0.2710	4.3011	0.288	0.1333600	2.1265	6.1049	0.456	0.4125583	1.9620	1.7150
0.122	0.0116016	0.2797	4.3584	0.290	0.1358452	2.1247	6.0858	0.458	0.4164858	1.9654	1.6389
0.124	0.0121698	0.2885	4.4149	0.292	0.1383547	2.1268	6.0657	0.460	0.4204197	1.9686	1.5626
0.126	0.0127556	0.2974	4.4707	0.294	0.1408885	2.1270	6.0446	0.462	0.4243600	1.9716	1.4860
0.128	0.0133593	0.3063	4.5258	0.296	0.1434465	2.1280	6.0226	0.464	0.4283062	1.9742	1.4091
0.130	0.0139810	0.3155	4.5802	0.298	0.1460286	2.1297	5.9996	0.466	0.4322580	1.9773	1.3321
0.132	0.0146211	0.3247	4.6339	0.300	0.1486346	2.1309	5.9757	0.468	0.4362151	1.9799	1.2548
0.134	0.0152798	0.3340	4.6869	0.302	0.1512646	2.1320	5.9508	0.470	0.4401773	1.9823	1.1774
0.136	0.0159572	0.3434	4.7391	0.304	0.1539184	2.1332	5.9250	0.472	0.4441442	1.9846	1.0997
0.138	0.0166535	0.3529	4.7906	0.306	0.1565959	2.1346	5.8982	0.474	0.4481155	1.9867	1.0219
0.140	0.0173690	0.3626	4.8413	0.308	0.1592969	2.1356	5.8706	0.476	0.4520908	1.9887	0.9439
0.142	0.0181039	0.3723	4.8912	0.310	0.1620215	2.1368	5.8420	0.478	0.4560700	1.9905	0.8658
0.144	0.0188583	0.3821	4.9404	0.312	0.1647694	2.1379	5.8124	0.480	0.4600526	1.9921	0.7875
0.146	0.0196325	0.3921	4.9888	0.314	0.1675405	2.1391	5.7820	0.482	0.4640383	1.9936	0.7091
0.148	0.0204267	0.4021	5.0364	0.316	0						

z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$
0.504	0.5079995	1.9997	-0.1579	0.670	0.8094685	1.4818	-5.5060	0.836	0.9724796	0.4856	-5.3880
0.506	0.5119985	1.9993	-0.2368	0.672	0.8124210	1.4707	-5.5436	0.838	0.9734400	0.4748	-5.3470
0.508	0.5159966	1.9987	-0.3157	0.674	0.8153513	1.4596	-5.5803	0.840	0.9743789	0.4642	-5.3051
0.510	0.5199934	1.9980	-0.3945	0.676	0.8182592	1.4488	-5.6162	0.842	0.9752967	0.4536	-5.2623
0.512	0.5239886	1.9972	-0.4733	0.678	0.8211447	1.4371	-5.6511	0.844	0.9761934	0.4431	-5.2188
0.514	0.5279819	1.9961	-0.5520	0.680	0.8240077	1.4258	-5.6852	0.846	0.9770693	0.4327	-5.1744
0.516	0.5319730	1.9950	-0.6306	0.682	0.8268478	1.4144	-5.7184	0.848	0.9779244	0.4224	-5.1292
0.518	0.5359616	1.9936	-0.7091	0.684	0.8296651	1.4029	-5.7506	0.850	0.9787590	0.4122	-5.0832
0.520	0.5399474	1.9921	-0.7875	0.686	0.8324594	1.3914	-5.7820	0.852	0.9795733	0.4021	-5.0364
0.522	0.5439300	1.9905	-0.8658	0.688	0.8352306	1.3798	-5.8124	0.854	0.9803675	0.3921	-4.9888
0.524	0.5479091	1.9887	-0.9439	0.690	0.8379785	1.3681	-5.8420	0.856	0.9811417	0.3821	-4.9404
0.526	0.5518845	1.9867	-1.0219	0.692	0.8407030	1.3564	-5.8706	0.858	0.9818961	0.3723	-4.8912
0.528	0.55558557	1.9846	-1.0997	0.694	0.8434041	1.3446	-5.8982	0.860	0.9826310	0.3626	-4.8413
0.530	0.5598226	1.9823	-1.1774	0.696	0.8460816	1.3328	-5.9250	0.862	0.9833465	0.3529	-4.7906
0.532	0.5637848	1.9799	-1.2548	0.698	0.8487353	1.3209	-5.9508	0.864	0.9840428	0.3434	-4.7391
0.534	0.5677419	1.9773	-1.3321	0.700	0.8513653	1.3090	-5.9757	0.866	0.9847202	0.3340	-4.6869
0.536	0.5716938	1.9745	-1.4091	0.702	0.8539714	1.2970	-5.9996	0.868	0.9853788	0.3247	-4.6339
0.538	0.57563399	1.9716	-1.4860	0.704	0.8565534	1.2850	-6.0226	0.870	0.9860189	0.3155	-4.5802
0.540	0.5795802	1.9686	-1.5626	0.706	0.8591114	1.2730	-6.0446	0.872	0.9866407	0.3063	-4.5258
0.542	0.5835142	1.9654	-1.6389	0.708	0.8616452	1.2608	-6.0657	0.874	0.9872444	0.2974	-4.4707
0.544	0.5874416	1.9620	-1.7150	0.710	0.8641548	1.2487	-6.0858	0.876	0.9878302	0.2885	-4.4149
0.546	0.5913622	1.9585	-1.7908	0.712	0.8666400	1.2365	-6.1049	0.878	0.9883983	0.2797	-4.3584
0.548	0.5952756	1.9549	-1.8664	0.714	0.8691007	1.2243	-6.1231	0.880	0.9889490	0.2710	-4.3011
0.550	0.5991815	1.9511	-1.9416	0.716	0.8715370	1.2120	-6.1404	0.882	0.9894825	0.2625	-4.2432
0.552	0.6030797	1.9471	-2.0165	0.718	0.8739487	1.1997	-6.1566	0.884	0.9899991	0.2551	-4.1847
0.554	0.60669698	1.9430	-2.0912	0.720	0.8763358	1.1874	-6.1719	0.886	0.9904989	0.2457	-4.1255
0.556	0.6108516	1.9387	-2.1655	0.722	0.8786982	1.1750	-6.1862	0.888	0.9909821	0.2376	-4.0656
0.558	0.6147247	1.9343	-2.2394	0.724	0.8810359	1.1626	-6.1995	0.890	0.9914492	0.2295	-4.0051
0.560	0.6185888	1.9298	-2.3130	0.726	0.8833488	1.1502	-6.2119	0.892	0.9919002	0.2215	-3.9439
0.562	0.6224437	1.9251	-2.3862	0.728	0.8856368	1.1378	-6.2233	0.894	0.9923354	0.2137	-3.8821
0.564	0.6262890	1.9202	-2.4591	0.730	0.8878999	1.1253	-6.2336	0.896	0.9927551	0.2060	-3.8197
0.566	0.6301245	1.9152	-2.5315	0.732	0.8901381	1.1129	-6.2430	0.898	0.9931595	0.1984	-3.7567
0.568	0.6339499	1.9101	-2.6036	0.734	0.8923513	1.1004	-6.2515	0.900	0.9935489	0.1910	-3.6932
0.570	0.6377648	1.9048	-2.6752	0.736	0.8945395	1.0879	-6.2589	0.902	0.9939235	0.1837	-3.6290
0.572	0.6415691	1.8994	-2.7465	0.738	0.8967027	1.0753	-6.2653	0.904	0.9942836	0.1765	-3.5643
0.574	0.6453624	1.8938	-2.8173	0.740	0.8988008	1.0628	-6.2708	0.906	0.9946295	0.1694	-3.4990
0.576	0.6491444	1.8881	-2.8876	0.742	0.9009539	1.0502	-6.2752	0.908	0.9949614	0.1625	-3.4331
0.578	0.6529148	1.8823	-2.9575	0.744	0.9030418	1.0377	-6.2787	0.910	0.9952795	0.1557	-3.3667
0.580	0.6566734	1.8763	-3.0269	0.746	0.9051046	1.0251	-6.2812	0.912	0.9955841	0.1490	-3.2998
0.582	0.6604199	1.8702	-3.0959	0.748	0.9071423	1.0126	-6.2827	0.914	0.9958756	0.1425	-3.2323
0.584	0.6641541	1.8639	-3.1644	0.750	0.9091549	1.0000	-6.2832	0.916	0.9961541	0.1361	-3.1644
0.586	0.6678755	1.8575	-3.2323	0.752	0.9111423	9.9874	-6.2827	0.918	0.9964200	0.1298	-3.0959
0.588	0.6715841	1.8510	-3.2998	0.754	0.9131046	9.9749	-6.2812	0.920	0.9966735	0.1237	-3.0269
0.590	0.6752794	1.8443	-3.3667	0.756	0.9150418	9.9623	-6.2787	0.922	0.9969149	0.1177	-2.9575
0.592	0.6789613	1.8375	-3.4331	0.758	0.9169539	9.9498	-6.2752	0.924	0.9971444	0.1119	-2.8876
0.594	0.6826295	1.8306	-3.4990	0.760	0.9188409	9.9372	-6.2708	0.926	0.9973624	0.1062	-2.8173
0.596	0.6862836	1.8235	-3.5643	0.762	0.9207027	9.9247	-6.2653	0.928	0.9975691	0.1006	-2.7465
0.598	0.6899235	1.8163	-3.6290	0.764	0.9225396	9.9121	-6.2589	0.930	0.9977649	0.0952	-2.6753
0.600	0.6935489	1.8090	-3.6932	0.766	0.9243513	9.8996	-6.2515	0.932	0.9979499	0.0899	-2.6036
0.602	0.6971595	1.8016	-3.7567	0.768	0.9261381	9.8871	-6.2430	0.934	0.9981245	0.0848	-2.5315
0.604	0.7007551	1.7940	-3.8197	0.770	0.9278999	9.8747	-6.2336	0.936	0.9982890	0.0798	-2.4591
0.606	0.7043354	1.7863	-3.8821	0.772	0.9296368	9.8622	-6.2233	0.938	0.9984437	0.0749	-2.3862
0.608	0.7079001	1.7785	-3.9439	0.774	0.9313488	9.8498	-6.2119	0.940	0.9985888	0.0702	-2.3130
0.610	0.7114491	1.7705	-4.0051	0.776	0.9330359	9.8374	-6.1995	0.942	0.9987247	0.0657	-2.2394
0.612	0.7149821	1.7624	-4.0656	0.778	0.9346982	9.8250	-6.1862	0.944	0.9988516	0.0613	-2.1655
0.614	0.7184988	1.7543	-4.1254	0.780	0.9363358	9.8126	-6.1719	0.946	0.9989699	0.0570	-2.0912
0.616	0.7219990	1.7459	-4.1847	0.782	0.9379487	9.8003	-6.1566	0.948	0.9990798	0.0529	-2.0166
0.618	0.7254825	1.7375	-4.2432	0.784	0.9395370	9.7880	-6.1404	0.950	0.9991816	0.0489	-1.9416
0.620	0.7289490	1.7290	-4.3011	0.786	0.9411007	9.7757	-6.1231	0.952	0.9992756	0.0451	-1.8664
0.622	0.7323983	1.7203	-4.3584	0.788	0.9426400	9.7635	-6.1049	0.954	0.9993622	0.0415	-1.7908
0.624	0.7358302	1.7115	-4.4149	0.790	0.9441548	9.7513	-6.0858	0.956	0.9994416	0.0383	-1.7150
0.626	0.7392444	1.7027	-4.4707	0.792	0.9456452	9.7392	-6.0657	0.958	0.9995142	0.0346	-1.6389
0.628	0.7426407	1.6937	-4.5258	0.794	0.9471114	9.7270	-6.0446	0.960	0.9995802	0.0314	-1.5626
0.630	0.7460169	1.6845	-4.5802	0.796	0.9485535	9.7150	-6.0226	0.962	0.9996400	0.0284	-1.4860
0.632	0.7493788	1.6753	-4.6339	0.798	0.9499714	9.7030	-5.9996	0.964	0.9996938	0.0255	-1.4091
0.634	0.7527202	1.6660	-4.6869	0.800	0.9513653	9.6910	-5.9757	0.966	0.9997420	0.0227	-1.3321
0.636	0.7560428	1.6566	-4.7391	0.802	0.9527353	9.6791	-5.9508	0.968	0.9997848	0.0201	-1.2548
0.638	0.7593464	1.6471	-4.7906	0.804	0.9540816	9.6672	-5.9250	0.970	0.9998227	0.0177	-1.1774
0.640	0.7626309	1.6374	-4.8413	0.806	0.9554041	9.6554	-5.8982	0.972	0.9998558	0.0154	-1.0997
0.642	0.7658961	1.6277	-4.8912	0.808	0.9567030	9.6436	-5.8706	0.974	0.9998845	0.0133	-1.0219
0.644	0.7691416	1.6179	-4.9404	0.810	0.9579785	9.6319	-5.8420	0.976	0.9999091	0.0113	-0.9439
0.646	0.7723675	1.6079	-4.9888	0.812	0.9592306	9.6202	-5.8124	0.978	0.9999300	0.0095	-0.8658
0.648	0.7755733	1.5979	-5.0364	0.814	0.9604594	9.6086	-5.7820	0.980	0.9999474	0.0079	-0.7875
0.650	0.7787590	1.5878	-5.0832	0.816	0.9616651	9.5971	-5.7506	0.982	0.9999617	0.0054	-0.7091
0.652	0.7819244	1.5776	-5.1292	0.818	0.9628478	9.5856	-5.7184	0.984			

Modifiziertes Beschleunigungstrapez

z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$
0.000	0.0000000	0.0000	0.0000	0.168	0.0389141	0.5992	4.8881	0.336	0.2085565	1.4204	4.8881
0.002	0.0000001	0.0001	0.1228	0.170	0.0401222	0.6090	4.8881	0.338	0.2114070	1.4302	4.8881
0.004	0.0000007	0.0005	0.2456	0.172	0.0413499	0.6187	4.8881	0.340	0.2142771	1.4399	4.8881
0.006	0.0000022	0.0011	0.3682	0.174	0.0425971	0.6285	4.8881	0.342	0.2171667	1.4497	4.8881
0.008	0.0000052	0.0020	0.4906	0.176	0.0438639	0.6383	4.8881	0.344	0.2200759	1.4595	4.8881
0.010	0.0000102	0.0031	0.6126	0.178	0.0451502	0.6481	4.8881	0.346	0.2230047	1.4693	4.8881
0.012	0.0000177	0.0044	0.7343	0.180	0.0464561	0.6578	4.8881	0.348	0.2259530	1.4790	4.8881
0.014	0.0000280	0.0060	0.8555	0.182	0.0477815	0.6676	4.8881	0.350	0.2289208	1.4888	4.8881
0.016	0.0000418	0.0078	0.9762	0.184	0.0491265	0.6774	4.8881	0.352	0.2319082	1.4986	4.8881
0.018	0.0000596	0.0099	1.0963	0.186	0.0504911	0.6872	4.8881	0.354	0.2349152	1.5084	4.8881
0.020	0.0000816	0.0122	1.2156	0.188	0.0518752	0.6969	4.8881	0.356	0.2379417	1.5181	4.8881
0.022	0.0001086	0.0148	1.3342	0.190	0.0532788	0.7067	4.8881	0.358	0.2409877	1.5279	4.8881
0.024	0.0001409	0.0176	1.4520	0.192	0.0547020	0.7165	4.8881	0.360	0.2440533	1.5377	4.8881
0.026	0.0001790	0.0206	1.5688	0.194	0.0561448	0.7263	4.8881	0.362	0.2471385	1.5475	4.8881
0.028	0.0002234	0.0238	1.6847	0.196	0.0576071	0.7360	4.8881	0.364	0.2502432	1.5572	4.8881
0.030	0.0002745	0.0273	1.7994	0.198	0.0590889	0.7458	4.8881	0.366	0.2533675	1.5670	4.8881
0.032	0.0003328	0.0310	1.9131	0.200	0.0605903	0.7556	4.8881	0.368	0.2565113	1.5768	4.8881
0.034	0.0003987	0.0350	2.0255	0.202	0.0621113	0.7654	4.8881	0.370	0.2596747	1.5866	4.8881
0.036	0.0004728	0.0391	2.1367	0.204	0.0636518	0.7751	4.8881	0.372	0.2628576	1.5964	4.8881
0.038	0.0005554	0.0435	2.2465	0.206	0.0652119	0.7849	4.8881	0.374	0.2660601	1.6061	4.8881
0.040	0.0006470	0.0481	2.3549	0.208	0.0667915	0.7947	4.8881	0.376	0.2692821	1.6159	4.8877
0.042	0.0007480	0.0529	2.4618	0.210	0.0683907	0.8045	4.8881	0.378	0.2725237	1.6257	4.8847
0.044	0.0008589	0.0580	2.5671	0.212	0.0700094	0.8143	4.8881	0.380	0.2757848	1.6354	4.8785
0.046	0.0009800	0.0632	2.6708	0.214	0.0716477	0.8240	4.8881	0.382	0.2790654	1.6452	4.8692
0.048	0.0011118	0.0686	2.7729	0.216	0.0733055	0.8338	4.8881	0.384	0.2823655	1.6549	4.8569
0.050	0.0012547	0.0743	2.8732	0.218	0.0749829	0.8436	4.8881	0.386	0.2856851	1.6646	4.8415
0.052	0.0014091	0.0801	2.9716	0.220	0.0766798	0.8534	4.8881	0.388	0.2890240	1.6743	4.8230
0.054	0.0015754	0.0862	3.0682	0.222	0.0783963	0.8631	4.8881	0.390	0.2923822	1.6839	4.8015
0.056	0.0017539	0.0924	3.1629	0.224	0.0801324	0.8729	4.8881	0.392	0.2957596	1.6935	4.7770
0.058	0.0019451	0.0988	3.2555	0.226	0.0818880	0.8827	4.8881	0.394	0.2991561	1.7030	4.7495
0.060	0.0021493	0.1054	3.3462	0.228	0.0836631	0.8925	4.8881	0.396	0.3025716	1.7125	4.7189
0.062	0.0023669	0.1122	3.4346	0.230	0.0854578	0.9022	4.8881	0.398	0.3060059	1.7219	4.6854
0.064	0.0025983	0.1192	3.5210	0.232	0.0872721	0.9120	4.8881	0.400	0.3094590	1.7312	4.6489
0.066	0.0028437	0.1263	3.6051	0.234	0.0891059	0.9218	4.8881	0.402	0.3129308	1.7405	4.6095
0.068	0.0031035	0.1336	3.6869	0.236	0.0909592	0.9316	4.8881	0.404	0.3164209	1.7497	4.5671
0.070	0.0033781	0.1410	3.7664	0.238	0.0928321	0.9413	4.8881	0.406	0.3199293	1.7587	4.5219
0.072	0.0036678	0.1486	3.8435	0.240	0.0947246	0.9511	4.8881	0.408	0.3234558	1.7677	4.4738
0.074	0.0039728	0.1564	3.9182	0.242	0.0966366	0.9609	4.8881	0.410	0.3270002	1.7766	4.4229
0.076	0.0042935	0.1643	3.9904	0.244	0.0985682	0.9707	4.8881	0.412	0.3305623	1.7854	4.3692
0.078	0.0046302	0.1724	4.0601	0.246	0.1005193	0.9804	4.8881	0.414	0.3341418	1.7941	4.3127
0.080	0.0049831	0.1806	4.1272	0.248	0.1024900	0.9902	4.8881	0.416	0.3377387	1.8027	4.2536
0.082	0.0053525	0.1889	4.1917	0.250	0.1044802	1.0000	4.8881	0.418	0.3413525	1.8111	4.1917
0.084	0.0057387	0.1973	4.2536	0.252	0.1064900	1.0098	4.8881	0.420	0.3449831	1.8194	4.1272
0.086	0.0061419	0.2059	4.3127	0.254	0.1085193	1.0196	4.8881	0.422	0.3486302	1.8276	4.0601
0.088	0.0065623	0.2146	4.3692	0.256	0.1105682	1.0293	4.8881	0.424	0.3522935	1.8357	3.9904
0.090	0.0070002	0.2234	4.4229	0.258	0.1126366	1.0391	4.8881	0.426	0.3559728	1.8436	3.9182
0.092	0.0074558	0.2323	4.4738	0.260	0.1147246	1.0489	4.8881	0.428	0.3596678	1.8514	3.8435
0.094	0.0079293	0.2413	4.5219	0.262	0.1168321	1.0587	4.8881	0.430	0.3633781	1.8590	3.7664
0.096	0.0084209	0.2503	4.5671	0.264	0.1189592	1.0684	4.8881	0.432	0.3671035	1.8664	3.6869
0.098	0.0089308	0.2595	4.6095	0.266	0.1211059	1.0782	4.8881	0.434	0.3708437	1.8737	3.6051
0.100	0.0094591	0.2688	4.6489	0.268	0.1232721	1.0880	4.8881	0.436	0.3745982	1.8808	3.5210
0.102	0.0100059	0.2781	4.6854	0.270	0.1254578	1.0978	4.8881	0.438	0.3783669	1.8878	3.4346
0.104	0.0105716	0.2875	4.7189	0.272	0.1276631	1.1075	4.8881	0.440	0.3821493	1.8946	3.3462
0.106	0.0111561	0.2970	4.7495	0.274	0.1298880	1.1173	4.8881	0.442	0.3859451	1.9012	3.2555
0.108	0.0117596	0.3065	4.7770	0.276	0.1321324	1.1271	4.8881	0.444	0.3897539	1.9076	3.1629
0.110	0.0123822	0.3161	4.8015	0.278	0.1343963	1.1369	4.8881	0.446	0.3935753	1.9138	3.0682
0.112	0.0130240	0.3257	4.8230	0.280	0.1366798	1.1466	4.8881	0.448	0.3974090	1.9199	2.9716
0.114	0.0136851	0.3354	4.8415	0.282	0.1389829	1.1564	4.8881	0.450	0.4012547	1.9257	2.8732
0.116	0.0143656	0.3451	4.8569	0.284	0.1413055	1.1662	4.8881	0.452	0.4051118	1.9314	2.7729
0.118	0.0150655	0.3548	4.8692	0.286	0.1436477	1.1760	4.8881	0.454	0.4089799	1.9368	2.6708
0.120	0.0157848	0.3646	4.8785	0.288	0.1460094	1.1857	4.8881	0.456	0.4128588	1.9420	2.5671
0.122	0.0165237	0.3743	4.8847	0.290	0.1483907	1.1955	4.8881	0.458	0.4167480	1.9471	2.4618
0.124	0.0172821	0.3841	4.8877	0.292	0.1507915	1.2053	4.8881	0.460	0.4206470	1.9519	2.3549
0.126	0.0180601	0.3939	4.8881	0.294	0.1532119	1.2151	4.8881	0.462	0.4245554	1.9565	2.2465
0.128	0.0188576	0.4036	4.8881	0.296	0.1556518	1.2249	4.8881	0.464	0.4284728	1.9609	2.1367
0.130	0.0196747	0.4134	4.8881	0.298	0.1581113	1.2346	4.8881	0.466	0.4323987	1.9650	2.0255
0.132	0.0205113	0.4232	4.8881	0.300	0.1605903	1.2444	4.8881	0.468	0.4363327	1.9690	1.9131
0.134	0.0213675	0.4330	4.8881	0.302	0.1630889	1.2542	4.8881	0.470	0.4402744	1.9727	1.7994
0.136	0.0222432	0.4428	4.8881	0.304	0.1656071	1.2640	4.8881	0.472	0.4442233	1.9762	1.6847
0.138	0.0231385	0.4525	4.8881	0.306	0.1681448	1.2737	4.8881	0.474	0.4481789	1.9794	1.5688
0.140	0.0240533	0.4623	4.8881	0.308	0.1707020	1.2835	4.8881	0.476	0.4521408	1.9824	1.4520
0.142	0.0249877	0.4721	4.8881	0.310	0.1732788	1.2933	4.8881	0.478	0.4561086	1.9852	1.3342
0.144	0.0259417	0.4819	4.8881	0.312	0.1758752	1.3031	4.8881	0.480	0.4600816	1.9878	1.2156
0.146	0.0269152	0.4916	4.8881	0.314	0.1784911	1.3128	4.8881	0.482	0.4640595	1.9901	1.0963
0.148	0.0279082	0.5014	4.8881	0.316	0.18						

z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$
0.504	0.50799993	1.9995	-0.2456	0.670	0.7998778	1.3911	-4.8881	0.836	0.9634435	0.5796	-4.8881
0.506	0.5119977	1.9989	-0.3682	0.672	0.8026501	1.3813	-4.8881	0.838	0.9645930	0.5698	-4.8881
0.508	0.5159947	1.9980	-0.4906	0.674	0.8054029	1.3715	-4.8881	0.840	0.9657229	0.5600	-4.8881
0.510	0.5199897	1.9969	-0.6126	0.676	0.8081361	1.3617	-4.8881	0.842	0.9668333	0.5502	-4.8881
0.512	0.5239823	1.9956	-0.7343	0.678	0.8108497	1.3519	-4.8881	0.844	0.9679241	0.5405	-4.8881
0.514	0.5279719	1.9940	-0.8555	0.680	0.8135439	1.3422	-4.8881	0.846	0.9689953	0.5307	-4.8881
0.516	0.5319581	1.9922	-0.9762	0.682	0.8162184	1.3324	-4.8881	0.848	0.9700470	0.5209	-4.8881
0.518	0.5359404	1.9901	-1.0963	0.684	0.8188734	1.3226	-4.8881	0.850	0.9710792	0.5111	-4.8881
0.520	0.5399183	1.9878	-1.2156	0.686	0.8215089	1.3128	-4.8881	0.852	0.9720918	0.5014	-4.8881
0.522	0.5438914	1.9852	-1.3342	0.688	0.8241248	1.3031	-4.8881	0.854	0.9730848	0.4916	-4.8881
0.524	0.5478591	1.9824	-1.4520	0.690	0.8267211	1.2933	-4.8881	0.856	0.9740583	0.4818	-4.8881
0.526	0.5518210	1.9794	-1.5688	0.692	0.8292979	1.2835	-4.8881	0.858	0.9750123	0.4720	-4.8881
0.528	0.5557766	1.9762	-1.6847	0.694	0.8318552	1.2737	-4.8881	0.860	0.9759467	0.4623	-4.8881
0.530	0.5597255	1.9727	-1.7994	0.696	0.8343929	1.2640	-4.8881	0.862	0.976615	0.4525	-4.8881
0.532	0.5636672	1.9690	-1.9131	0.698	0.8369110	1.2542	-4.8881	0.864	0.9777568	0.4427	-4.8881
0.534	0.5676012	1.9650	-2.0255	0.700	0.8394096	1.2444	-4.8881	0.866	0.9786325	0.4329	-4.8881
0.536	0.5715272	1.9609	-2.1367	0.702	0.8418886	1.2346	-4.8881	0.868	0.9794887	0.4232	-4.8881
0.538	0.5754446	1.9565	-2.2465	0.704	0.8443481	1.2249	-4.8881	0.870	0.9803253	0.4134	-4.8881
0.540	0.5793530	1.9519	-2.3549	0.706	0.8467881	1.2151	-4.8881	0.872	0.9811424	0.4036	-4.8881
0.542	0.5832520	1.9471	-2.4618	0.708	0.8492084	1.2053	-4.8881	0.874	0.9819399	0.3998	-4.8881
0.544	0.5871411	1.9420	-2.5671	0.710	0.8516093	1.1955	-4.8881	0.876	0.9827179	0.3840	-4.8877
0.546	0.5910200	1.9368	-2.6708	0.712	0.8539905	1.1857	-4.8881	0.878	0.9834763	0.3743	-4.8846
0.548	0.5948882	1.9314	-2.7729	0.714	0.8563523	1.1760	-4.8881	0.880	0.9842152	0.3645	-4.8784
0.550	0.5987453	1.9257	-2.8732	0.716	0.8586944	1.1662	-4.8881	0.882	0.9849346	0.3548	-4.8692
0.552	0.6025909	1.9199	-2.9716	0.718	0.8610170	1.1564	-4.8881	0.884	0.9856344	0.3450	-4.8568
0.554	0.6064246	1.9138	-3.0682	0.720	0.8633201	1.1466	-4.8881	0.886	0.9863149	0.3353	-4.8414
0.556	0.6102461	1.9076	-3.1629	0.722	0.8656036	1.1369	-4.8881	0.888	0.9869760	0.3257	-4.8230
0.558	0.6140549	1.9012	-3.2555	0.724	0.8678676	1.1271	-4.8881	0.890	0.9876178	0.3160	-4.8015
0.560	0.6178506	1.8946	-3.3461	0.726	0.8701120	1.1173	-4.8881	0.892	0.9882404	0.3065	-4.7770
0.562	0.6216330	1.8878	-3.4346	0.728	0.8723368	1.1075	-4.8881	0.894	0.9888439	0.2969	-4.7494
0.564	0.6254017	1.8808	-3.5210	0.730	0.8745421	1.0978	-4.8881	0.896	0.9894284	0.2875	-4.7189
0.566	0.6291563	1.8737	-3.6051	0.732	0.8767279	1.0880	-4.8881	0.898	0.989941	0.2781	-4.6853
0.568	0.6328964	1.8664	-3.6869	0.734	0.8788941	1.0782	-4.8881	0.900	0.9905409	0.2687	-4.6488
0.570	0.6366218	1.8590	-3.7664	0.736	0.8810407	1.0684	-4.8881	0.902	0.9910692	0.2595	-4.6094
0.572	0.6403322	1.8514	-3.8435	0.738	0.8831678	1.0587	-4.8881	0.904	0.9915791	0.2503	-4.5671
0.574	0.64440271	1.8436	-3.9182	0.740	0.8852754	1.0489	-4.8881	0.906	0.9920707	0.2412	-4.5218
0.576	0.6477064	1.8357	-3.9904	0.742	0.8873633	1.0391	-4.8881	0.908	0.9925442	0.2322	-4.4738
0.578	0.6513698	1.8276	-4.0601	0.744	0.8894318	1.0293	-4.8881	0.910	0.9929998	0.2233	-4.4229
0.580	0.6550169	1.8194	-4.1272	0.746	0.8914807	1.0196	-4.8881	0.912	0.9934377	0.2145	-4.3692
0.582	0.6586474	1.8111	-4.1917	0.748	0.8935100	1.0098	-4.8881	0.914	0.9938581	0.2058	-4.3127
0.584	0.6622613	1.8027	-4.2536	0.750	0.8955198	1.0000	-4.8881	0.916	0.9942613	0.1973	-4.2535
0.586	0.6658581	1.7941	-4.3127	0.752	0.8975100	0.9902	-4.8881	0.918	0.9946475	0.1888	-4.1916
0.588	0.6694376	1.7854	-4.3692	0.754	0.8994807	0.9804	-4.8881	0.920	0.9950169	0.1805	-4.1271
0.590	0.6729997	1.7766	-4.4229	0.756	0.9014318	0.9707	-4.8881	0.922	0.9953698	0.1723	-4.0600
0.592	0.6765441	1.7677	-4.4738	0.758	0.9033634	0.9609	-4.8881	0.924	0.9957065	0.1643	-3.9903
0.594	0.6800706	1.7587	-4.5219	0.760	0.9052754	0.9511	-4.8881	0.926	0.9960272	0.1564	-3.9181
0.596	0.6835790	1.7497	-4.5671	0.762	0.9071678	0.9413	-4.8881	0.928	0.9963322	0.1486	-3.8434
0.598	0.6870692	1.7405	-4.6095	0.764	0.9090407	0.9316	-4.8881	0.930	0.9966219	0.1410	-3.7663
0.600	0.6905049	1.7312	-4.6489	0.766	0.9108941	0.9218	-4.8881	0.932	0.9968965	0.1335	-3.6868
0.602	0.6939940	1.7219	-4.6854	0.768	0.9127279	0.9120	-4.8881	0.934	0.9971563	0.1262	-3.6050
0.604	0.6974284	1.7125	-4.7189	0.770	0.9145421	0.9022	-4.8881	0.936	0.9974017	0.1191	-3.5209
0.606	0.7008439	1.7030	-4.7495	0.772	0.9163368	0.8925	-4.8881	0.938	0.9976331	0.1122	-3.4346
0.608	0.7042404	1.6935	-4.7770	0.774	0.9181120	0.8827	-4.8881	0.940	0.9978507	0.1054	-3.3461
0.610	0.7076178	1.6839	-4.8015	0.776	0.9198676	0.8729	-4.8881	0.942	0.9980549	0.0988	-3.2555
0.612	0.7109760	1.6743	-4.8230	0.778	0.9216036	0.8631	-4.8881	0.944	0.9982461	0.0924	-3.1628
0.614	0.7143149	1.6646	-4.8415	0.780	0.9233201	0.8534	-4.8881	0.946	0.9984246	0.0861	-3.0682
0.616	0.7176344	1.6549	-4.8569	0.782	0.9250171	0.8436	-4.8881	0.948	0.9985909	0.0801	-2.9716
0.618	0.7209345	1.6452	-4.8692	0.784	0.9266644	0.8338	-4.8881	0.950	0.9987453	0.0742	-2.8731
0.620	0.7242151	1.6354	-4.8785	0.786	0.9283523	0.8240	-4.8881	0.952	0.9988882	0.0686	-2.7728
0.622	0.7274763	1.6257	-4.8847	0.788	0.9299905	0.8143	-4.8881	0.954	0.9990200	0.0631	-2.6708
0.624	0.7307178	1.6159	-4.8877	0.790	0.9316093	0.8045	-4.8881	0.956	0.9991411	0.0579	-2.5671
0.626	0.7339399	1.6061	-4.8881	0.792	0.9332085	0.7947	-4.8881	0.958	0.9992520	0.0529	-2.4617
0.628	0.7371423	1.5964	-4.8881	0.794	0.9347881	0.7849	-4.8881	0.960	0.9993530	0.0481	-2.3548
0.630	0.7403253	1.5866	-4.8881	0.796	0.9363481	0.7751	-4.8881	0.962	0.9994446	0.0435	-2.2464
0.632	0.7434886	1.5768	-4.8881	0.798	0.9378887	0.7654	-4.8881	0.964	0.9995272	0.0391	-2.1366
0.634	0.7466325	1.5670	-4.8881	0.800	0.9394096	0.7556	-4.8881	0.966	0.9996013	0.0349	-2.0255
0.636	0.7497567	1.5572	-4.8881	0.802	0.9409110	0.7458	-4.8881	0.968	0.999672	0.0310	-1.9130
0.638	0.7528614	1.5475	-4.8881	0.804	0.9423929	0.7360	-4.8881	0.970	0.9997255	0.0273	-1.7994
0.640	0.7559466	1.5377	-4.8881	0.806	0.9438552	0.7263	-4.8881	0.972	0.9997767	0.0238	-1.6846
0.642	0.7590122	1.5279	-4.8881	0.808	0.9452980	0.7165	-4.8881	0.974	0.9998210	0.0205	-1.5688
0.644	0.7620583	1.5181	-4.8881	0.810	0.9467212	0.7067	-4.8881	0.976	0.9998591	0.0175	-1.4519
0.646	0.7650848	1.5084	-4.8881	0.812	0.9481248	0.6969	-4.8881	0.978	0.9998914	0.0147	-1.3342
0.648	0.7680917	1.4986	-4.8881	0.814	0.9495089	0.6872	-4.8881	0.980	0.9999184	0.0122	-1.2156
0.650	0.7710791	1.4888	-4.8881	0.816	0.9508734	0.6774	-4.8881	0.982	0.9999404	0.0099	-1.0962
0.652	0.7740470	1.4790	-4.8881	0.818	0.9522184	0.6676	-4.8881	0.984			

Modifizierte Sinuslinie (Neklutin)

z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$
0.000	0.0000000	0.0000	0.0000	0.168	0.0439939	0.6763	0.4385	0.336	0.2280507	1.4603	3.5058
0.002	0.0000001	0.0001	0.1389	0.170	0.0453574	0.6872	5.4300	0.338	0.2309783	1.4672	3.4699
0.004	0.0000007	0.0006	0.2777	0.172	0.0467427	0.5980	5.4212	0.340	0.2339197	1.4741	3.4337
0.006	0.0000025	0.0012	0.4164	0.174	0.0481496	0.7089	5.4119	0.342	0.2368748	1.4810	3.3973
0.008	0.0000059	0.0022	0.5548	0.176	0.0495782	0.7197	5.4023	0.344	0.2398435	1.4877	3.3606
0.010	0.0000116	0.0035	0.6928	0.178	0.0510283	0.7305	5.3923	0.346	0.2428257	1.4944	3.3237
0.012	0.0000200	0.0050	0.8304	0.180	0.0525001	0.7413	5.3819	0.348	0.2458211	1.5010	3.2866
0.014	0.0000317	0.0068	0.9675	0.182	0.0539933	0.7520	5.3711	0.350	0.2488297	1.5076	3.2493
0.016	0.0000473	0.0089	1.1040	0.184	0.0555081	0.7627	5.3600	0.352	0.2518513	1.5140	3.2117
0.018	0.0000673	0.0112	1.2398	0.186	0.0570443	0.7734	5.3485	0.354	0.2548858	1.5204	3.1739
0.020	0.0000923	0.0138	1.3747	0.188	0.0586019	0.7841	5.3366	0.356	0.2579329	1.5267	3.1358
0.022	0.0001228	0.0167	1.5089	0.190	0.0601808	0.7948	5.3243	0.358	0.2609926	1.5330	3.0976
0.024	0.0001593	0.0199	1.6420	0.192	0.0617810	0.8054	5.3117	0.360	0.2640647	1.5391	3.0591
0.026	0.0002024	0.0233	1.7742	0.194	0.0634025	0.8160	5.2987	0.362	0.2671490	1.5452	3.0204
0.028	0.0002526	0.0270	1.9052	0.196	0.0650452	0.8260	5.2853	0.364	0.2702454	1.5512	2.9816
0.030	0.0003104	0.0309	2.0350	0.198	0.0667090	0.8372	5.2715	0.366	0.2733537	1.5571	2.9425
0.032	0.0003763	0.0351	2.1635	0.200	0.0683939	0.8477	5.2574	0.368	0.2764738	1.5630	2.9031
0.034	0.0004509	0.0395	2.2907	0.202	0.0700998	0.8582	5.2429	0.370	0.2796055	1.5687	2.8636
0.036	0.0005347	0.0443	2.4164	0.204	0.0718267	0.8687	5.2280	0.372	0.2827486	1.5744	2.8239
0.038	0.0006281	0.0492	2.5405	0.206	0.0735745	0.8791	5.2128	0.374	0.2859031	1.5800	2.7840
0.040	0.0007317	0.0544	2.6631	0.208	0.0753432	0.8895	5.1972	0.376	0.2890687	1.5856	2.7439
0.042	0.0008459	0.0599	2.7840	0.210	0.0771326	0.8999	5.1813	0.378	0.2922452	1.5910	2.7036
0.044	0.0009713	0.0655	2.9031	0.212	0.0789428	0.9103	5.1649	0.380	0.2954326	1.5964	2.6631
0.046	0.0011083	0.0715	3.0204	0.214	0.0807737	0.9206	5.1482	0.382	0.2986306	1.6017	2.6224
0.048	0.0012573	0.0776	3.1358	0.216	0.0826251	0.9309	5.1312	0.384	0.3018392	1.6069	2.5816
0.050	0.0014189	0.0840	3.2493	0.218	0.0844970	0.9411	5.1138	0.386	0.3050580	1.6120	2.5405
0.052	0.0015935	0.0906	3.3606	0.220	0.0863895	0.9513	5.0960	0.388	0.3082870	1.6170	2.4993
0.054	0.0017816	0.0975	3.4699	0.222	0.0883022	0.9615	5.0779	0.390	0.3115260	1.6220	2.4579
0.056	0.0019835	0.1045	3.5769	0.224	0.0902353	0.9716	5.0594	0.392	0.3147748	1.6268	2.4164
0.058	0.0021997	0.1118	3.6817	0.226	0.0921887	0.9817	5.0406	0.394	0.3180333	1.6316	2.3746
0.060	0.0024307	0.1192	3.7841	0.228	0.0941622	0.9918	5.0214	0.396	0.3213013	1.6363	2.3327
0.062	0.0026767	0.1269	3.8842	0.230	0.0961558	1.0018	5.0018	0.398	0.3245787	1.6410	2.2907
0.064	0.0029384	0.1348	3.9818	0.232	0.0981694	1.0118	4.9820	0.400	0.3278652	1.6455	2.2484
0.066	0.0032159	0.1428	4.0769	0.234	0.1002029	1.0217	4.9617	0.402	0.3311607	1.6500	2.2060
0.068	0.0035098	0.1511	4.1695	0.236	0.1022563	1.0316	4.9411	0.404	0.3344650	1.6543	2.1635
0.070	0.0038203	0.1595	4.2594	0.238	0.1043294	1.0415	4.9202	0.406	0.3377779	1.6586	2.1208
0.072	0.0041479	0.1681	4.3466	0.240	0.1064222	1.0513	4.8989	0.408	0.3410994	1.6628	2.0780
0.074	0.0044929	0.1769	4.4310	0.242	0.1085346	1.0611	4.8773	0.410	0.3444291	1.6669	2.0350
0.076	0.0048555	0.1858	4.5127	0.244	0.1106666	1.0708	4.8553	0.412	0.3477670	1.6710	1.9918
0.078	0.0052363	0.1949	4.5915	0.246	0.1128179	1.0805	4.8330	0.414	0.3511129	1.6749	1.9486
0.080	0.0056354	0.2042	4.6674	0.248	0.1149886	1.0902	4.8103	0.416	0.3544666	1.6788	1.9052
0.082	0.0060531	0.2136	4.7404	0.250	0.1171785	1.0998	4.7874	0.418	0.3578278	1.6825	1.8616
0.084	0.0064898	0.2231	4.8103	0.252	0.1193875	1.1093	4.7640	0.420	0.3611966	1.6862	1.8180
0.086	0.0069458	0.2328	4.8773	0.254	0.1216157	1.1188	4.7404	0.422	0.3645726	1.6898	1.7742
0.088	0.0074213	0.2427	4.9411	0.256	0.1238627	1.1283	4.7164	0.424	0.3679557	1.6933	1.7302
0.090	0.0079165	0.2526	5.0018	0.258	0.1261287	1.1377	4.6921	0.426	0.3713457	1.6967	1.6862
0.092	0.0084318	0.2627	5.0594	0.260	0.1284134	1.1470	4.6674	0.428	0.3747424	1.7000	1.6420
0.094	0.0089672	0.2728	5.1138	0.262	0.1307168	1.1563	4.6424	0.430	0.3781458	1.7033	1.5978
0.096	0.0095232	0.2831	5.1649	0.264	0.1330387	1.1656	4.6171	0.432	0.3815555	1.7064	1.5534
0.098	0.0100998	0.2935	5.2128	0.266	0.1353792	1.1748	4.5915	0.434	0.3849714	1.7095	1.5089
0.100	0.0106972	0.3040	5.2574	0.268	0.1377380	1.1840	4.5655	0.436	0.3883934	1.7125	1.4643
0.102	0.0113157	0.3145	5.2987	0.270	0.1401150	1.1931	4.5393	0.438	0.3918212	1.7153	1.4196
0.104	0.0119553	0.3252	5.3366	0.272	0.1425102	1.2021	4.5127	0.440	0.3952547	1.7181	1.3747
0.106	0.0126164	0.3359	5.3711	0.274	0.1449235	1.2111	4.4858	0.442	0.3986937	1.7208	1.3298
0.108	0.0132989	0.3466	5.4023	0.276	0.1473547	1.2201	4.4586	0.444	0.4021381	1.7235	1.2848
0.110	0.0140030	0.3575	5.4300	0.278	0.1498037	1.2290	4.4310	0.446	0.4055875	1.7260	1.2398
0.112	0.0147288	0.3684	5.4544	0.280	0.1522705	1.2378	4.4032	0.448	0.4090420	1.7284	1.1946
0.114	0.0154764	0.3793	5.4752	0.282	0.1547548	1.2466	4.3750	0.450	0.4125012	1.7308	1.1493
0.116	0.0162459	0.3903	5.4926	0.284	0.1572567	1.2553	4.3466	0.452	0.4159649	1.7330	1.1040
0.118	0.0170375	0.4013	5.5066	0.286	0.1597760	1.2640	4.3178	0.454	0.4194332	1.7352	1.0586
0.120	0.0178510	0.4123	5.5170	0.288	0.1623125	1.2726	4.2887	0.456	0.4229056	1.7373	1.0131
0.122	0.0186866	0.4233	5.5240	0.290	0.1648662	1.2811	4.2594	0.458	0.4263821	1.7392	0.9675
0.124	0.0195443	0.4344	5.5275	0.292	0.1674369	1.2896	4.2297	0.460	0.4298625	1.7411	0.9219
0.126	0.0204241	0.4454	5.5279	0.294	0.1700245	1.2980	4.1997	0.462	0.4333465	1.7429	0.8762
0.128	0.0213260	0.4565	5.5275	0.296	0.1726290	1.3064	4.1695	0.464	0.4368341	1.7446	0.8304
0.130	0.0222500	0.4675	5.5267	0.298	0.1752501	1.3147	4.1389	0.466	0.4403250	1.7462	0.7848
0.132	0.0231961	0.4786	5.5256	0.300	0.1778878	1.3230	4.1081	0.468	0.4438190	1.7478	0.7388
0.134	0.0241644	0.4896	5.5240	0.302	0.1805419	1.3311	4.0769	0.470	0.4473180	1.7492	0.6928
0.136	0.0251547	0.5007	5.5221	0.304	0.1832123	1.3393	4.0455	0.472	0.4508157	1.7505	0.6469
0.138	0.0261671	0.5117	5.5198	0.306	0.1858989	1.3473	4.0138	0.474	0.4543181	1.7518	0.6009
0.140	0.0272016	0.5228	5.5170	0.308	0.1886015	1.3553	3.9818	0.476	0.4578228	1.7529	0.5548
0.142	0.0282582	0.5338	5.5139	0.310	0.1913201	1.3632	3.9496	0.478	0.4613298	1.7540	0.5087
0.144	0.0293368	0.5448	5.5105	0.312	0.1940545	1.3711	3.9170	0.480	0.4648388	1.7550	0.4626
0.146	0.0304375	0.5558	5.5066	0.314	0.1968045	1.3789	3.8842	0.482	0.4683496	1.7559	0.4164
0.148	0.0315601	0.5668	5.5023	0.316	0.1995701	1.3867	3.				

z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$	z	$f(z)$	$f'(z)$	$f''(z)$
0.504	0.5070381	1.7594	-0.0926	0.670	0.7806470	1.4389	-3.6121	0.836	0.9586678	0.6545	-2.4544
0.506	0.5105568	1.7592	-0.1389	0.672	0.7835176	1.4317	-3.6470	0.838	0.9599659	0.6436	-2.4617
0.508	0.5140748	1.7589	-0.1852	0.674	0.7863736	1.4243	-3.6817	0.840	0.9612422	0.6327	-2.4687
0.510	0.5175921	1.7584	-0.2315	0.676	0.7892148	1.4169	-3.7161	0.842	0.9624967	0.6217	-2.4752
0.512	0.5211085	1.7579	-0.2777	0.678	0.7920412	1.4095	-3.7503	0.844	0.9637292	0.6108	-2.4814
0.514	0.5246238	1.7573	-0.3240	0.680	0.7948526	1.4019	-3.7841	0.846	0.9649398	0.5998	-2.4872
0.516	0.5281378	1.7566	-0.3702	0.682	0.7976489	1.3943	-3.8178	0.848	0.9661285	0.5868	-2.4926
0.518	0.5316503	1.7559	-0.4164	0.684	0.8004299	1.3867	-3.8511	0.850	0.9672951	0.5778	-2.4977
0.520	0.5351612	1.7550	-0.4626	0.686	0.8031954	1.3789	-3.8842	0.852	0.9684398	0.5668	-2.5023
0.522	0.5386702	1.7540	-0.5087	0.688	0.8059455	1.3711	-3.9170	0.854	0.9695625	0.5558	-2.5066
0.524	0.5421771	1.7529	-0.5545	0.690	0.8086799	1.3632	-3.9496	0.856	0.9706632	0.5448	-2.5105
0.526	0.5456819	1.7518	-0.6009	0.692	0.8113984	1.3553	-3.9818	0.858	0.9717418	0.5338	-2.5139
0.528	0.5491842	1.7505	-0.6469	0.694	0.8141011	1.3473	-4.0138	0.860	0.9727984	0.5228	-2.5170
0.530	0.5526839	1.7492	-0.6928	0.696	0.8167877	1.3393	-4.0455	0.862	0.9738329	0.5117	-2.5198
0.532	0.55561809	1.7478	-0.7388	0.698	0.8194581	1.3311	-4.0769	0.864	0.9748453	0.5007	-2.5221
0.534	0.5596749	1.7462	-0.7846	0.700	0.8221122	1.3230	-4.1081	0.866	0.9758356	0.4896	-2.5240
0.536	0.5631658	1.7446	-0.8304	0.702	0.8247499	1.3147	-4.1389	0.868	0.9768038	0.4786	-2.5256
0.538	0.5666534	1.7429	-0.8762	0.704	0.8273710	1.3064	-4.1695	0.870	0.9777500	0.4675	-2.5267
0.540	0.5701375	1.7411	-0.9219	0.706	0.8299754	1.2980	-4.1997	0.872	0.9786740	0.4565	-2.5275
0.542	0.5736178	1.7392	-0.9675	0.708	0.8325631	1.2890	-4.2297	0.874	0.9795759	0.4454	-2.5279
0.544	0.5770943	1.7373	-1.0131	0.710	0.8351338	1.2811	-4.2594	0.876	0.9804557	0.4344	-2.5275
0.546	0.5805668	1.7352	-1.0586	0.712	0.8376875	1.2725	-4.2887	0.878	0.9813134	0.4233	-2.5240
0.548	0.5834030	1.7330	-1.1040	0.714	0.8402240	1.2640	-4.3178	0.880	0.9821490	0.4123	-2.5170
0.550	0.5874988	1.7308	-1.1493	0.716	0.8427343	1.2553	-4.3466	0.882	0.9829625	0.4013	-2.5066
0.552	0.5909580	1.7284	-1.1946	0.718	0.8452451	1.2466	-4.3750	0.884	0.9837540	0.3903	-2.4926
0.554	0.5944124	1.7260	-1.2398	0.720	0.8477295	1.2373	-4.4032	0.886	0.9845236	0.3793	-2.4752
0.556	0.5978619	1.7235	-1.2848	0.722	0.8501963	1.2290	-4.4310	0.888	0.9852712	0.3684	-2.4544
0.558	0.6013062	1.7208	-1.3298	0.724	0.8526453	1.2201	-4.4586	0.890	0.9859970	0.3575	-2.4300
0.560	0.6047452	1.7181	-1.3747	0.726	0.8550765	1.2111	-4.4858	0.892	0.9867011	0.3466	-2.4023
0.562	0.6081787	1.7153	-1.4196	0.728	0.8574897	1.2021	-4.5127	0.894	0.9873836	0.3359	-2.3711
0.564	0.6116065	1.7125	-1.4643	0.730	0.8598850	1.1931	-4.5393	0.896	0.9880446	0.3252	-2.3366
0.566	0.6150253	1.7095	-1.5089	0.732	0.8622020	1.1840	-4.5655	0.898	0.9886843	0.3145	-2.2987
0.568	0.6184444	1.7064	-1.5534	0.734	0.8646208	1.1748	-4.5915	0.900	0.9893028	0.3040	-2.2574
0.570	0.6218542	1.7033	-1.5978	0.736	0.8669612	1.1656	-4.6171	0.902	0.9899002	0.2935	-2.2128
0.572	0.6252575	1.7000	-1.6420	0.738	0.8692832	1.1563	-4.6424	0.904	0.9904768	0.2831	-2.1649
0.574	0.6286542	1.6967	-1.6862	0.740	0.8715866	1.1470	-4.6674	0.906	0.9910327	0.2728	-2.1138
0.576	0.6320443	1.6933	-1.7302	0.742	0.8738713	1.1377	-4.6961	0.908	0.9915682	0.2627	-2.0594
0.578	0.6354274	1.6898	-1.7742	0.744	0.8761372	1.1283	-4.7154	0.910	0.9920835	0.2526	-2.0018
0.580	0.6388034	1.6862	-1.8180	0.746	0.8783843	1.1188	-4.7404	0.912	0.9925787	0.2427	-1.9411
0.582	0.6421721	1.6825	-1.8616	0.748	0.8806124	1.1093	-4.7640	0.914	0.9930542	0.2322	-1.8773
0.584	0.6455334	1.6788	-1.9052	0.750	0.8828215	1.0998	-4.7874	0.916	0.9935101	0.2231	-1.8103
0.586	0.6488870	1.6749	-1.9486	0.752	0.8850114	1.0902	-4.8103	0.918	0.9939469	0.2136	-1.7404
0.588	0.6522329	1.6710	-1.9918	0.754	0.8887182	1.0805	-4.8330	0.920	0.9943646	0.2042	-1.6674
0.590	0.6555708	1.6669	-2.0350	0.756	0.8893334	1.0708	-4.8553	0.922	0.9947637	0.1949	-1.5915
0.592	0.6589006	1.6628	-2.0780	0.758	0.8914655	1.0611	-4.8773	0.924	0.9951445	0.1858	-1.5127
0.594	0.6622220	1.6586	-2.1208	0.760	0.8935777	1.0513	-4.8989	0.926	0.9955071	0.1769	-1.4310
0.596	0.6655350	1.6543	-2.1635	0.762	0.8956706	1.0415	-4.9202	0.928	0.9958521	0.1681	-1.3466
0.598	0.6688393	1.6500	-2.2060	0.764	0.8977437	1.0316	-4.9411	0.930	0.9961797	0.1595	-1.2594
0.600	0.6721348	1.6455	-2.2484	0.766	0.8997971	1.0217	-4.9617	0.932	0.9964902	0.1511	-1.1695
0.602	0.6754213	1.6410	-2.2906	0.768	0.9018366	1.0118	-4.9820	0.934	0.9967841	0.1428	-1.0769
0.604	0.6786986	1.6363	-2.3327	0.770	0.9038442	1.0018	-5.0018	0.936	0.9970616	0.1348	-0.9818
0.606	0.6819666	1.6316	-2.3746	0.772	0.9058378	0.9918	-5.0214	0.938	0.9973232	0.1269	-0.8842
0.608	0.6852251	1.6268	-2.4164	0.774	0.9078113	0.9817	-5.0406	0.940	0.9975693	0.1192	-0.7841
0.610	0.6884739	1.6220	-2.4579	0.776	0.9097646	0.9718	-5.0594	0.942	0.9978003	0.1118	-0.6817
0.612	0.6917129	1.6170	-2.4993	0.778	0.9116977	0.9615	-5.0775	0.944	0.9980165	0.1045	-0.5769
0.614	0.6949419	1.6120	-2.5405	0.780	0.9136105	0.9513	-5.0960	0.946	0.9982184	0.0975	-0.4699
0.616	0.6981808	1.6069	-2.5816	0.782	0.9155029	0.9411	-5.1138	0.948	0.9984065	0.0906	-0.3606
0.618	0.7013693	1.6017	-2.6224	0.784	0.9173749	0.9309	-5.1312	0.950	0.9985811	0.0843	-0.2493
0.620	0.7045673	1.5964	-2.6631	0.786	0.9192623	0.9206	-5.1482	0.952	0.9987427	0.0776	-0.1358
0.622	0.7077547	1.5910	-2.7036	0.788	0.9210571	0.9103	-5.1649	0.954	0.9988917	0.0715	-0.0204
0.624	0.7109313	1.5856	-2.7439	0.790	0.9228673	0.8999	-5.1813	0.956	0.9990287	0.0655	-0.02031
0.626	0.7140969	1.5800	-2.7840	0.792	0.9246568	0.8895	-5.1972	0.958	0.9991541	0.0599	-0.0274
0.628	0.7172513	1.5744	-2.8239	0.794	0.9262454	0.8791	-5.2128	0.960	0.9992683	0.0544	-0.02631
0.630	0.7203945	1.5687	-2.8636	0.796	0.9281732	0.8687	-5.2280	0.962	0.9993719	0.0492	-0.02405
0.632	0.7235262	1.5630	-2.9031	0.798	0.9299001	0.8582	-5.2429	0.964	0.9994653	0.0443	-0.02164
0.634	0.7266463	1.5571	-2.9425	0.800	0.9316061	0.8477	-5.2574	0.966	0.9995491	0.0395	-0.02907
0.636	0.7297546	1.5512	-2.9816	0.802	0.9332910	0.8373	-5.2715	0.968	0.9996237	0.0351	-0.021635
0.638	0.7328510	1.5452	-3.0204	0.804	0.9349546	0.8266	-5.2853	0.970	0.9990896	0.0309	-0.023050
0.640	0.7359353	1.5391	-3.0591	0.806	0.9365975	0.8160	-5.2987	0.972	0.9997474	0.0270	-0.02052
0.642	0.7390074	1.5330	-3.0976	0.808	0.9382189	0.8054	-5.3117	0.974	0.9997976	0.0233	-0.01742
0.644	0.7420670	1.5267	-3.1358	0.810	0.9398192	0.7948	-5.3243	0.976	0.9998407	0.0199	-0.01420
0.646	0.7451142	1.5204	-3.1739	0.812	0.9413981	0.7841	-5.3366	0.978	0.9998772	0.0167	-0.01089
0.648	0.7481486	1.5140	-3.2117	0.814	0.9429557	0.7734	-5.3485	0.980	0.9999077	0.0138	-0.013748
0.650	0.7511702	1.5076	-3.2493	0.816	0.9444919	0.7627	-5.3600	0.982	0.9999327	0.0112	-0.012399
0.652	0.7541788	1.5010	-3.2866	0.818	0.9460006	0.7520	-5				