

Kinematik-Nachweis

Musterdokument mit vollständigen Beispielwerten. Es zeigt den Nachweis, den der gekaufte Export für IHRE Eingaben erzeugt - es ist selbst kein Nachweis für ein Bauteil.

Projekt: Musterprojekt

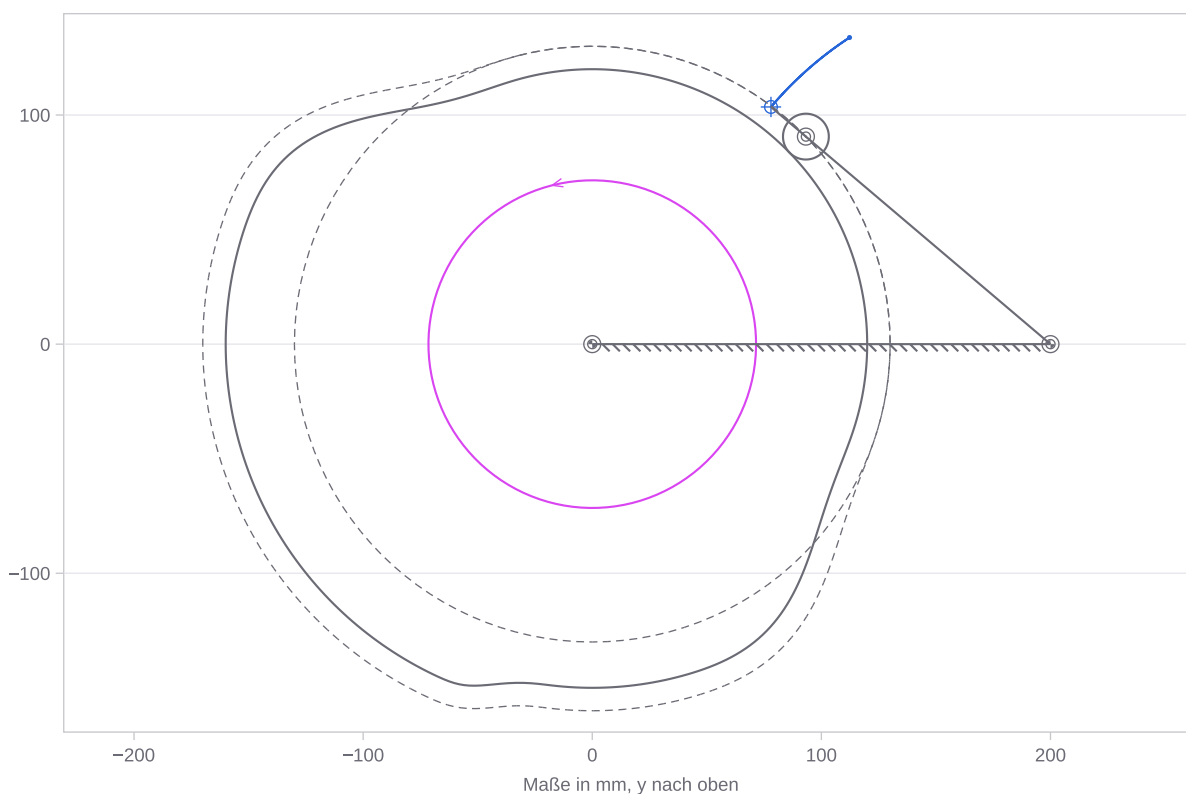
Bauteil/Position: kein reales Bauteil

Bearbeiter: Muster, ohne Freigabe

Gesamtbewertung: in Ordnung mit Hinweisen — jede geprüfte Bedingung ist erfüllt, mindestens eine davon mit wenig Reserve. Die Zeile mit dem gelben Punkt sagt, welche.

Dieses Dokument belegt die BEWEGUNG des unten beschriebenen Getriebes: seine Struktur, seinen Umlauf, die daraus gerechneten Winkel, Momente und Gelenkkräfte sowie die Genauigkeit, mit der gerechnet wurde. Es belegt ausdrücklich KEINE Festigkeit, keine Lebensdauer, keine Eigenfrequenz und keine Fertigungstoleranz. Von der Kollisionsfreiheit belegt es genau das, was geprüft wurde: die Lage der Gliedmittellinien gegenüber den gezeichneten Sperrflächen — nicht die Glieder untereinander, nicht ihre wirkliche Breite und nichts, wo keine Sperrfläche vorgegeben ist.

Systemskizze in der Ausgangslage



Gezeichnet ist dieselbe Szene wie auf dem Bildschirm: Gestell, Glieder und Gelenke im neutralen Ton.

Die Bahn des markierten Punktes ist in der Kurvenfarbe gezogen; sein Fadenkreuz und seine Umkehrmarken tragen denselben Ton.

Ein Kurvengelenk trägt vier Linien: die Arbeitskontur seiner Scheibe als geschlossene, durchgezogene Kurve, die Rollenmittenbahn unterbrochen und halb so breit daneben, den Grundkreis r_0 um den Drehpunkt der Scheibe ebenso unterbrochen — er fällt mit der Bahn zusammen, wo der Weg null ist —, und die Rolle als Kreis, der die Kontur berührt. Die Bahn ist die Bindung selbst — der Rollenmittelpunkt darf auf ihr entlangwandern und sonst nirgendwohin —, und der Ring in der Mitte der Rolle ist ihr Gelenk. Der Berührungspunkt trägt kein eigenes Zeichen; die Berührung selbst ist die Aussage.

Der Antrieb hebt sich über den Kreis um sein Lager ab. Die Pfeilspitzen darauf zeigen, wohin er dreht — eine bei einem vollen Umlauf, zwei bei einem Antrieb, der zwischen zwei Grenzen schwenkt. Der waagerechte Strich vom Drehpunkt bis zum Kreis ist die Nullrichtung, gegen die der Bogen zu lesen ist: Die Winkel des Antriebs zählen von ihm aus gegen den Uhrzeigersinn und nicht von der Gliedlinie, die dort ansetzt.

Rechnung

Schritte je Umlauf	360
Gerechnete Lagen	361
Bewegungsdauer eines Umlaufs	6,283 s
Mittlere Drehzahl des Antriebs	9,549 1/min
Schwerkraft (positiv nach unten wirkend)	9,81 m/s ²
Gezeigte Lage	0
Überlagerte Stellungen in der Systemskizze	0

Glieder

Glied	x ₀ [mm]	y ₀ [mm]	φ ₀ [°]	Gliedlinie [°]	m [kg]	s _S [mm]	J _S [kg·mm ²]
gestell	0	0	0	0	—	im Bezugspunkt	—
scheibe	0	0	−255,8	—	—	im Bezugspunkt	—
hebel	200	0	139,7	—	—	im Bezugspunkt	—

Gelenke

Gelenk	Art	Glieder	Anschluss 1 [mm]	Anschluss 2 [mm]	Zusatz
fest	Gestellbindung	gestell	0 0	—	φ = 0°
A0	Drehgelenk	gestell – scheibe	0 0	0 0	reibungsfrei
B0	Drehgelenk	gestell – hebel	200 0	0 0	reibungsfrei
gelenk1	Kurvengelenk	scheibe – hebel	0 0	140 0	r ₀ = 130 mm; Rollenhalbmesser r _R = 10 mm; 6 Abschnitte

Antriebe

Antrieb	Glied	von φ [°]	bis φ [°]	Versatz Gliedlinie [°]	Abschnitte	Übergänge
1	scheibe	−255,8	104,2	—	linear über den ganzen Bereich	stoß- und ruckfrei

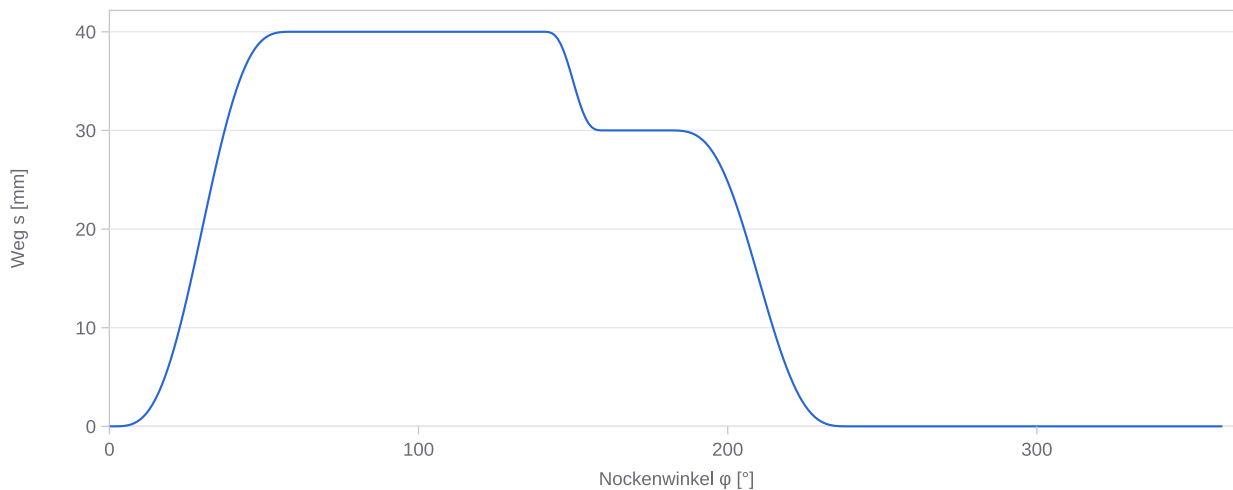
Bewegungsplan der Kurvenscheiben

Gelenk	Abschnitt	Bewegungsart	Nockenwinkel von [°]	Nockenwinkel bis [°]	Hub [mm]
gelenk1	1	Hub	0	60	40
gelenk1	2	Rast	60	140	0
gelenk1	3	Rückkehr	140	160	10
gelenk1	4	Rast	160	180	0
gelenk1	5	Rückkehr	180	240	30
gelenk1	6	Rast	240	360	0

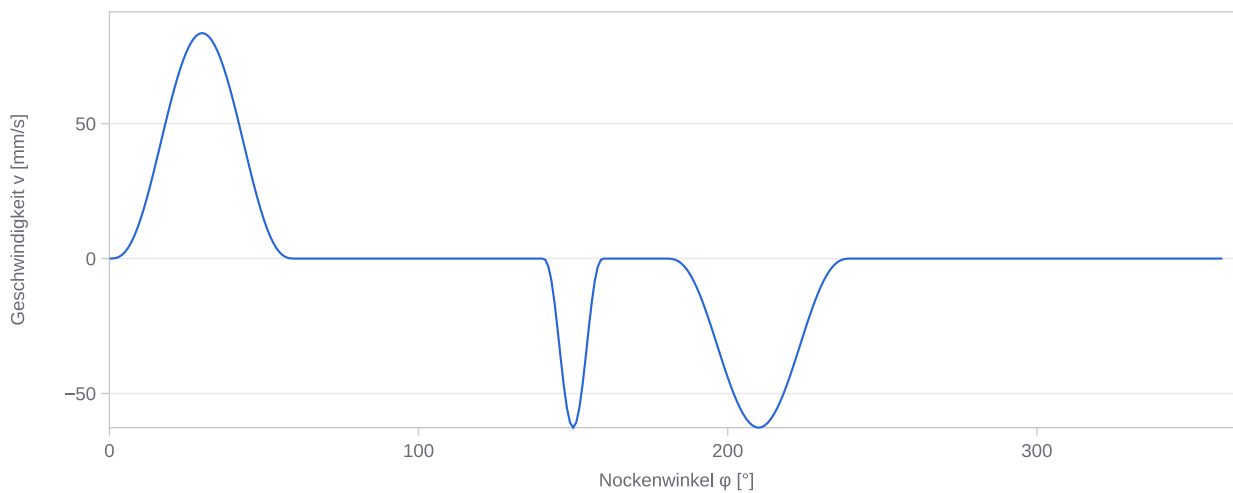
Prüfgrenzen der Kurvenscheiben

Gelenk	Krümmungssicherheit p _{min} /r _R ≥	Fräserradius r _F [mm]	Druckwinkelgrenze α _{zul} [°]
gelenk1	1,43	5	30

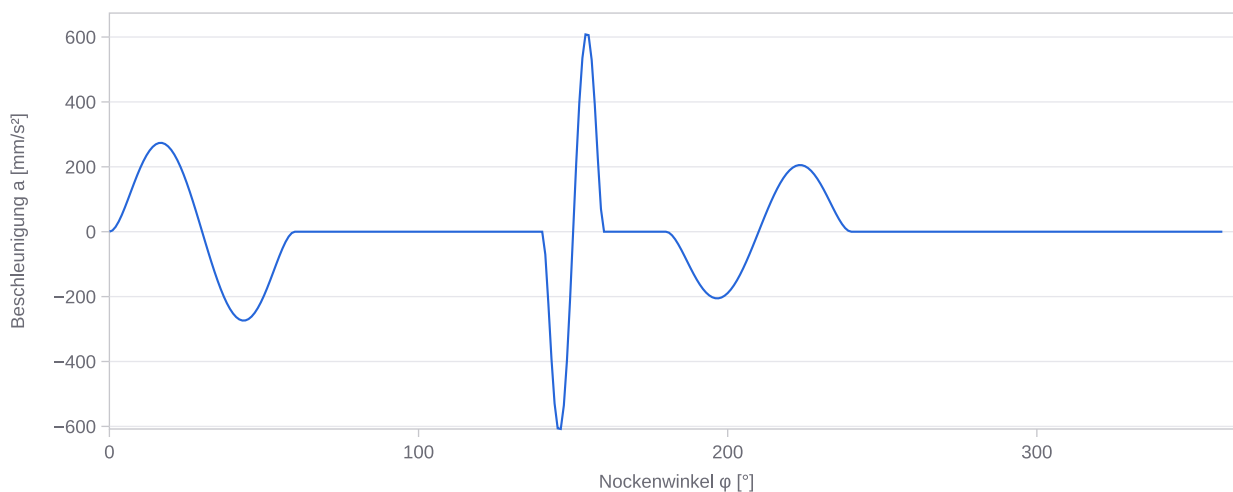
Weg s über dem Nockenwinkel: gelenk1



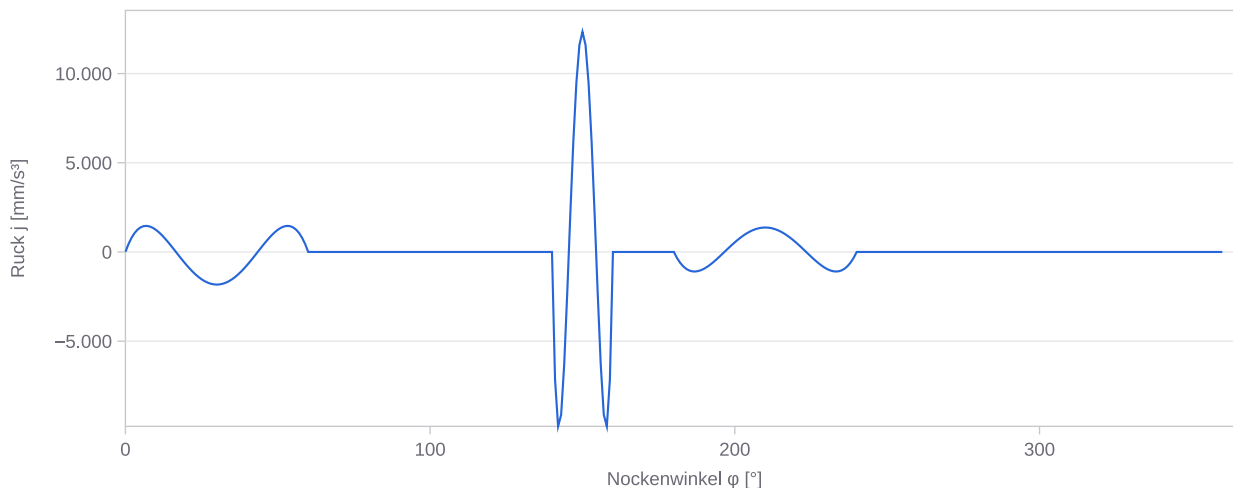
Geschwindigkeit v über dem Nockenwinkel: gelenk1



Beschleunigung a über dem Nockenwinkel: gelenk1



Ruck j über dem Nockenwinkel: gelenk1



Markierte Gliedpunkte

Punkt	Glied	x [mm]	y [mm]	x mitbewegt [mm]	y mitbewegt [mm]
punkt1	hebel	78	103,518	160	0

Struktur und Freiheitsgrad

Glieder n (einschließlich Gestell)	3
Gestellbindungen	1
Einfache Gelenke g_1 (Dreh- und Schubgelenke)	2
Höhere Gelenke g_2 (Kurvengelenke, Zahnradpaare, Zahnstangen, Malteserkreuze)	1
Antriebe	1
Freiheitsgrad $F = 3 \cdot (n - 1) - 2 \cdot g_1 - g_2$ (Grübler)	1

Nachweise

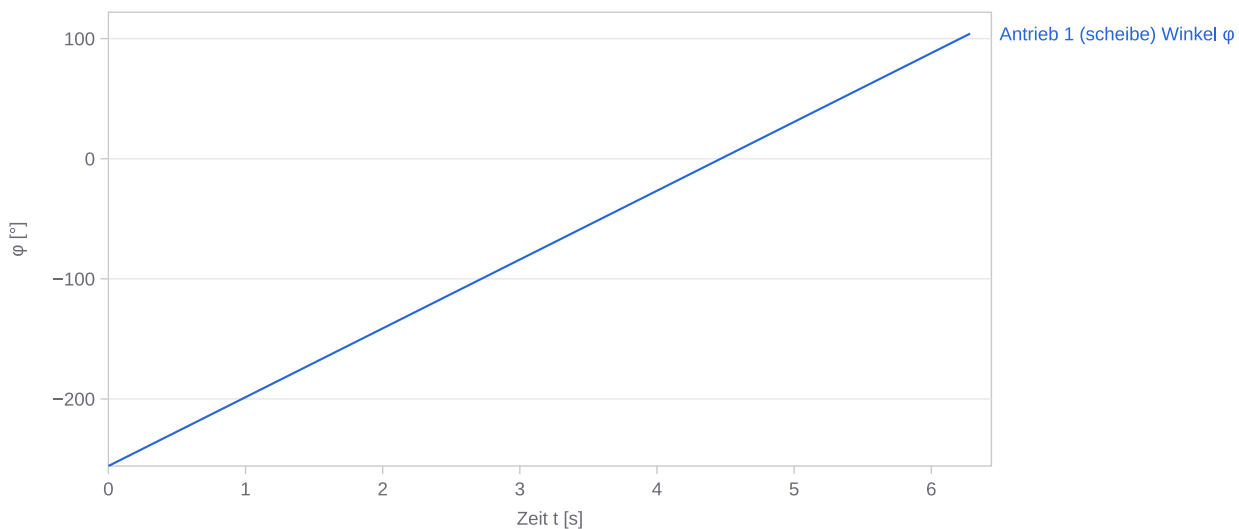
Kriterium	Wert	Grenze	Status
Freiheitsgrad F, gefordert 1 (Zahl der Antriebe)	1	1	● in Ordnung
Antriebsbereich vollständig und lückenlos			● in Ordnung
Übergänge stoß- und ruckfrei			● ruckfrei
Druckwinkel $\alpha_{\max}$ an gelenk1 $\leq 30,0^\circ$	29,3 °	30,0 °	● knapp im Richtwert
$\rho_{\min}$ der Rollenmittenbahn an gelenk1 $> 10,00$ mm	37,70 mm	10,00 mm	● in Ordnung
Krümmungssicherheit $\rho_{\min}/r_R$ an gelenk1 $\geq 1,43$	3,77	1,43	● in Ordnung
$\rho_{\min}$ der Arbeitskontur an gelenk1 $\geq 14,30$ mm	27,70 mm	14,30 mm	● in Ordnung
Kleinste Hohlkehle der Kontur an gelenk1 $\geq$ Fräserradius 5,00 mm	71,36 mm	5,00 mm	● in Ordnung

Kennwerte

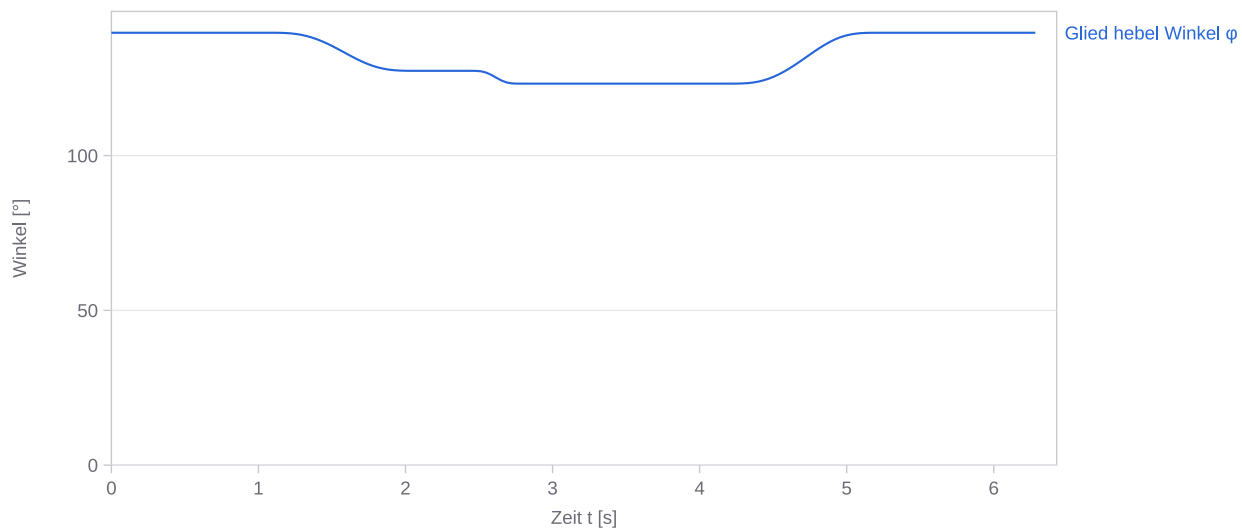
Kleinsten Übertragungswinkel $\mu_{\min}$	hier nicht erklärt
Kleinste Kontaktkraft $N_{\min}$ an gelenk1	keine Last im Modell
Größte Hubgeschwindigkeit $v_{\max}$ an gelenk1	83,56 mm/s
Größte Hubbeschleunigung $a_{\max}$ an gelenk1	616,6 mm/s²
Effektivwert des Rucks j_{eff} an gelenk1	1.947 mm/s³
Größte Abweichung von der Sollbahn	keine Sollbahn gezeichnet
Größte Eindringtiefe in eine Sperrfläche	keine Sperrfläche gezeichnet
Kleinsten Hemmfaktor $r_{\min}$ (Selbsthemmung)	kein μ_0 eingetragen
Größtes Antriebsmoment $M_{\max}$	keine Last im Modell
Größte Gelenkkraft $F_{\max}$	keine Last im Modell
Größte Antriebsleistung $P_{\max}$	keine Last im Modell
Effektivmoment M_{eff} am Antrieb	keine Last im Modell

Größte reduzierte Trägheit $J_{red,max}$ am Antrieb	keine Last im Modell
Kleinste reduzierte Trägheit $J_{red,min}$ am Antrieb	keine Last im Modell
Größte Rüttelkraft $F_{R,max}$	keine Last im Modell
Bauart nach Grashof	kein Vieregelenk
Kürzestes Glied	kein Vieregelenk
Grashof-Überschuss $(s + l) - (p + q)$	kein Vieregelenk
Stelle des größten Druckwinkels an gelenk1 (Antriebswinkel)	-105,8°
Umkehrlagen des Abtriebsglieds	2
Schwingwinkel des Abtriebsglieds ψ_0	16,4°
Kleinste Gütekennzahl	0,656

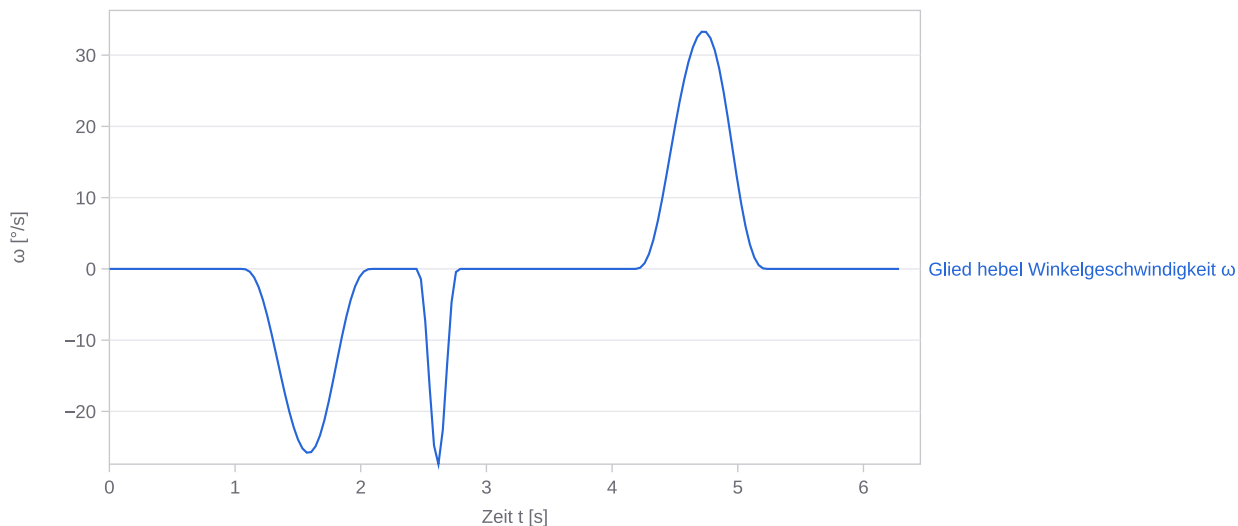
Antriebswinkel über der Zeit [°]



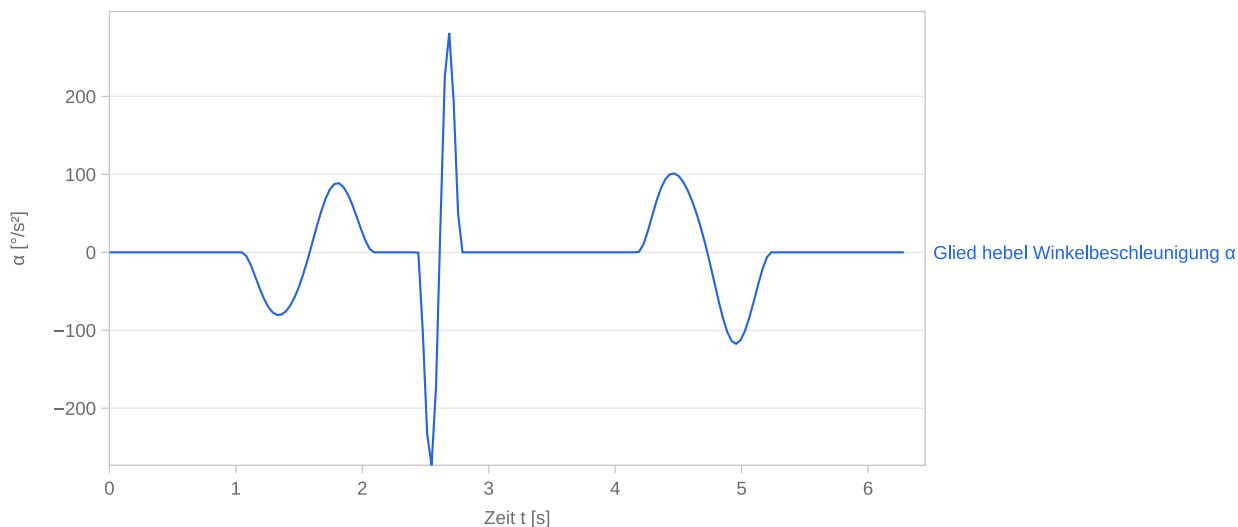
Winkel über der Zeit [°]



Winkelgeschwindigkeit über der Zeit [°/s]



Winkelbeschleunigung über der Zeit [°/s²]



Berechnungsgrundlage und Modellvorbehalte

Gerechnet wird die geschlossene Bindungsgleichung des ebenen Koppelgetriebes: Zu jedem Fortschritt τ auf der gemeinsamen Zeitleiste wird die Lage aller Glieder mit dem Newton-Verfahren gelöst, danach werden Geschwindigkeit und Beschleunigung aus derselben Jacobi-Matrix gewonnen. Antriebsmoment und Gelenkkräfte folgen aus dem Prinzip von d'Alembert (Kinetostatik) mit den angegebenen Massen und Trägheiten. Die Bewegungsgesetze der Abschnitte sind die normierten Zeitgesetze nach VDI 2143.

WIE DAS KURVENGELENK GERECHNET WIRD: Die Kurvenscheibe bindet den Rollenmittelpunkt an ihre Rollenmittenbahn. Im mitbewegten System der Scheibe steht diese Bahn in Polarform $r(u) = r_0 + s(u)$: u ist der Nockenwinkel, r_0 der Grundkreis, und s ist der Weg aus dem Bewegungsplan, gerechnet mit poly4567 — demselben Bewegungsgesetz wie im Kurvenscheibenrechner. Die Bindung liefert zwei Gleichungen, nämlich „der Rollenmittelpunkt liegt auf dieser Kurve“, und bringt zugleich eine eigene Unbekannte mit: den Kurvenparameter u . Sie nimmt dem Getriebe deshalb nur EINE Freiheit und zählt in der Abzählung als höheres Gelenk g_2 . Der Kurvenparameter wird nicht gespeichert, sondern aus der gezeichneten Lage abgelesen — die Bahn ist sternförmig zum Drehpunkt der Scheibe, jeder von dort ausgehende Strahl trifft sie genau einmal. Der Rollenhalbmesser r_R geht in keine Gleichung ein: Die Rollenmittenbahn ist der Ort, auf dem der Mittelpunkt genau DIESER Rolle läuft. Er entscheidet allein über die Herstellbarkeit — ist der kleinste Krümmungshalbmesser der Bahn nicht größer als r_R , überschneidet sich die daraus abgeleitete Arbeitskontur selbst, und das Dokument führt darüber einen Hinweis und eine Kennwertzeile, die $p_{\min}$ gegen r_R prüft.

DRUCKWINKEL AM KURVENGELENK: Die Scheibe drückt die Rolle längs der Normalen ihrer Rollenmittenbahn. Der Druckwinkel α ist der Winkel zwischen dieser Normalen und der Bahngeschwindigkeit des Rollenmittelpunkts, gerechnet in jeder

Lage des Umlaufs, in der die Rolle läuft; ausgewiesen wird der größte samt Stelle. $\mu = 90^\circ - \alpha$ ist der Übertragungswinkel des Kurvengelenks, und geprüft wird deshalb gegen $90^\circ - \mu_{\min}$ — dieselbe Grenze wie am Viergelenk, mit derselben Ampel —, es sei denn, am Kurvengelenk ist eine eigene Druckwinkelgrenze α_{zul} eingetragen; dann gilt sie. Am radialen Rollenstößel ist das die geschlossene Form $\tan \alpha = s'/(r_0 + s)$, am Rollenhebel der Winkel zwischen der Normalen und der Senkrechten auf den Hebel; die Rechnung über die Geschwindigkeit deckt beide und jede andere Führung der Rolle. In einer Rast steht die Rolle still und hat keine Bewegungsrichtung; diese Lagen fallen heraus, ihr Winkel ist dort der Grenzwert der angrenzenden bewegten Lagen. Gerechnet ist die Rolle als getriebenes Glied. KONTAKTKRAFT: Die Kraft, mit der die Scheibe die Rolle senkrecht zur Bahn drückt, kommt aus derselben Rechnung wie die Gelenkkräfte; ausgewiesen wird die kleinste über den Umlauf samt Stelle. Ist sie null oder kleiner, hebt die Rolle bei kraftschlüssiger Ausführung dort ab, bei einer Nutkurve wechselt sie die Flanke. Die Bewegung nach dem Abheben ist nicht gerechnet. Ohne Last im Modell ist die Kraft überall null, und die Zeile bleibt ohne Bewertung. PRÜFGRÖSSEN DER SCHEIBE: Wie im Kurvenscheibenrechner stehen die Krümmungssicherheit $S = \rho_{\min}/r_R$, der kleinste Krümmungshalbmesser der Arbeitskontur (konvex $\rho - r_R$, in einer Hohlkehle $\rho + r_R$) und der kleinste Halbmesser einer Hohlkehle da, abgetastet an 3000 Punkten des Bewegungsplans. Geprüft wird $S \geq S_{\text{zul}}$, die Kontur gegen $S_{\text{zul}} \cdot r_R$ und der Fräserradius gegen die kleinste Hohlkehle, jeweils nur, wo die Grenze in der Tafel der Prüfgrenzen steht. Am radialen Rollenstößel steht dazu der Grundkreis, der die Druckwinkelgrenze gerade einhält, $r_{0,\text{erf}} = \max(|s'|/\tan \alpha_{\text{zul}} - s)$. Läuft die Scheibe gleichförmig um, stehen dazu die größte Hubgeschwindigkeit $v = s' \cdot \omega$, die größte Hubbeschleunigung $a = s'' \cdot \omega^2$ und der Effektivwert des Rucks $j = s''' \cdot \omega^3$ über dieselben 3000 Stellen, wie im Kurvenscheibenrechner; sonst ist ω über den Umlauf nicht fest, und an ihrer Stelle steht ein Satz.

WO DIE MASSE ANGREIFT: Die Masse eines Glieds wirkt in seinem Schwerpunkt s_S , den die Gliedertabelle unten je Glied ausweist. Wird am Bildschirm eine Masse eingetragen und sind die Schwerpunktfelder leer, belegt der Rechner sie sichtbar vor — mit der Mitte zwischen den beiden Drehgelenken des Glieds, bei mehr als zweien mit deren Mittel; ein Schubgelenk zählt nicht mit, weil sein Anschlussort längs der Führung beliebig ist. Der Vorschlag lässt sich überschreiben, ein bereits gesetzter Schwerpunkt bleibt unberührt, und ein geladener Stand wird nicht angetastet. Steht in der Tabelle „im Bezugspunkt“, ist keiner angegeben, und er fällt mit dem Bauort des Glieds zusammen — bei allem, was dieser Rechner erzeugt, mit einem Gelenk. Die eingetragene Masse ist dann keine über das Glied verteilte Masse, sondern eine Punktmasse in diesem Gelenk. Die Folge ist nachgemessen: Am Viergelenk wirken sich 10 kg an der Kurbel so auf das Antriebsmoment gar nicht aus, an der Koppel allein über ihr Gewicht. Das Trägheitsmoment J_S gilt um den Schwerpunkt; den Steiner-Anteil $m \cdot s_S^2$ legt die Rechnung selbst dazu.

WENN MASSEN AM ANTRIEB NICHTS BEWIRKEN: Ein Glied, das mit gleichbleibender Drehzahl um eine feste Achse umläuft, braucht kein Antriebsmoment — gleich wo sein Schwerpunkt sitzt und wie groß seine Trägheit ist: Seine Fliehkraft zeigt durch die Achse und hat dort keinen Hebel, und beschleunigt wird es nicht. Der vorbelegte Schwerpunkt ändert daran nichts, er verschiebt nur den Ort der Fliehkraft. Wirksam wird die Masse durch die Schwerkraft, durch ein Bewegungsgesetz am Antrieb oder an einem Glied, das ungleichförmig läuft. Wo nichts davon zutrifft, bleiben vom Antriebsmoment und von der Antriebsleistung nur die letzten Bits der Rechnung übrig. Beide werden deshalb gegen die Last verglichen, die dieses Modell überhaupt tragen kann, und weggelassen, sobald sie neun Zehnerpotenzen darunter liegen; in der Zeile steht dann der Grund und KEIN Grenzwert — eine Zahl dieser Größenordnung unterschreite jede Grenze und bestünde damit eine Prüfung, die nie stattgefunden hat. Die Gelenkkraft ist davon nicht betroffen und wird weiter ausgewiesen: Die Fliehkraft der Kurbel ist eine echte Lagerkraft, ihr fehlt allein der Hebel um die Antriebsachse.

WIE DIE KENNWERTE GEWONNEN WERDEN: Der Übertragungswinkel μ ist an zwei Bauformen erklärt — an der Viergelenkkette als Winkel zwischen Koppel und Schwinge im Gelenk B, an der Schubkurbel zwischen Koppel und der Senkrechten auf die Führungsgerade (Kerle/Pittschellis/Corves, Einführung in die Getriebelehre, 3. Aufl. 2007, S. 161, Gl. 6.5 und 6.6). Gemeldet wird der spitze Wert und als $\mu_{\min}$ der kleinste über alle gerechneten Lagen; die geschlossene Form der Quelle gilt für den vollen Umlauf und wird deshalb nicht eingesetzt, sondern nur zur Gegenrechnung benutzt. Bei jeder anderen Kette steht in der Zeile, dass die Größe dort nicht erklärt ist. Am Kurvengelenk steht sie als Druckwinkel $\alpha = 90^\circ - \mu$ in einer eigenen Zeile. Sitzt ein Zylinder an der Kette, gilt sie ohne ihn, und eine eigene Zeile weist den Übertragungswinkel am Zylinder aus: $\mu = 90^\circ - \alpha$ zwischen der Zylinderachse und der Bewegung seines Kopfpunkts relativ zum Boden. Als Richtwert nennt dieselbe Quelle $40^\circ \leq \mu \leq 50^\circ$ für langsam laufende Getriebe (S. 160, Gl. 6.4); das ist ein Erfahrungswert und keine Norm — VDI 2130 behandelt den Übertragungswinkel in einem eigenen Abschnitt und nennt keine Zahl. Deshalb trägt die Zeile die Wortreihe eines Richtwerts und nicht die eines bestandenen Nachweises: Bei 39° bricht nichts, aber Lagerkräfte, Reibung und Empfindlichkeit gegen Spiel wachsen rasch. Als Abtriebsglied gilt das nicht angetriebene Glied, das über ein Drehgelenk am Gestell hängt; seine Umkehrlagen sind die Nulldurchgänge seiner Winkelgeschwindigkeit, zwischen zwei Rasterpunkten linear eingeschoben. Steht es in einer Rast still und läuft danach zurück, ist die Rast eine Umkehr; über einen geschlossenen Umlauf zählt auch eine Rast über den Umlaufanfang. Liegt eine Umkehr in einer Rast, fehlt das Zeitverhältnis, denn wohin die Rastzeit gehört, wäre eine Verabredung. Kehrt es genau zweimal um, folgen daraus der Schwingwinkel ψ_0 als sein voller Ausschlag und das Zeitverhältnis als der längere der beiden Abschnitte geteilt durch den kürzeren, also stets ≥ 1 . Bezugsgröße des

Zeitverhältnisses ist die ZEIT und nicht der Kurbelwinkel: Läuft der Antrieb gleichförmig, ist beides dasselbe; trägt ein Abschnitt ein Bewegungsgesetz, fallen sie auseinander, und maßgebend ist die Zeit. Ausgewiesen wird es nur bei einem Antrieb, der wenigstens einmal ganz herumkommt — sonst gibt es keinen Rückgang, gegen den sich messen ließe. Gleitet das Abtriebsglied stattdessen in einer Führung am Gestell — der Kolben der Schubkurbel, der Stößel des Kurvengetriebes —, zählt seine Geschwindigkeit längs der Führung, und an die Stelle des Schwingwinkels tritt der Hub $s_0 = s_{\text{max}} - s_{\text{min}}$ in Millimetern, ebenso fein wie das Raster. Das gilt auch, wenn das Glied am Gestell über einen geschlossenen Umlauf ohne Umkehrlage umläuft und dahinter ein Stößel gleitet, wie beim Whitworth-Schnellrücklauf. Findet sich gar kein eindeutiges Abtriebsglied, fehlen die Zeilen: Das trifft jedes Getriebe mit mehr als einem Antrieb, etwa das Fünfgelenk — welches seiner Glieder der Abtrieb wäre, sagt die Struktur nicht. Der Schwingwinkel wird über die gerechneten Lagen gemessen und ist damit so fein wie das Raster; bei 360 Schritten liegt er rund $0,002^\circ$ unter dem geschlossen gerechneten Wert. Die Antriebsleistung ist in jeder Stellung die Summe über die Antriebe aus Moment und Winkelgeschwindigkeit, P_{max} ihr größter Betrag über den Umlauf — nicht M_{max} mal ω_{max} , denn beide Höchstwerte fallen bei einem Bewegungsgesetz nicht zusammen.

BAUART NACH GRASHOF: Ob ein Glied der viergliedrigen Drehgelenkkette voll umläuft, entscheiden allein die vier Gliedlängen. Mit s als kürzestem, l als längstem und p, q als den beiden übrigen lautet die Bedingung $s + l < p + q$; der ausgewiesene Grashof-Überschuss ist die Differenz $(s + l) - (p + q)$ und damit negativ, wo die Bedingung erfüllt ist. Ist sie erfüllt, folgt die Bauart aus der Lage des kürzesten Glieds: am Gestell die Kurbelschwinge, als Gestell selbst die Doppelkurbel, als Koppel die Doppelschwinge. Bei Gleichheit ist das Getriebe durchschlagend und damit laufunsicher — es kommt durch die Strecklage, aber welchen Zweig es danach nimmt, ist nicht bestimmt. Ist die Bedingung verletzt, schwingen alle vier Gelenke (Totalschwinge). Ein Schubgelenk oder ein fünftes Glied macht daraus eine andere Kette, für die es keine Grashof-Bauart gibt; die Zeile sagt dann genau das. Die Bauart ist eine Aussage über das Laufverhalten und keine Note — bewertet wird sie nicht.

WORAUF SICH DER ANTRIEBSWINKEL BEZIEHT: Die Spalten „von φ “ und „bis φ “ der Antriebstabelle nennen den Absolutwinkel φ des angetriebenen Glieds gegen die Waagerechte, gemessen um seinen Bezugspunkt und im Gegenuhrzeigersinn. Es ist dieselbe GRÖSSE, die die Gliedertabelle als φ_0 führt, aber nicht notwendig dieselbe ZAHL: Die Gliedertabelle nennt den ABGELEGTE Entwurf, also die Stellung, in der das Getriebe gebaut wurde, und für den Löser ist sie nur der Startwert. Bei $\tau = 0$ prägt er dem angetriebenen Glied „von φ “ auf und löst die Kette von dort aus; wo φ_0 und „von φ “ auseinanderfallen, steht die gezeichnete Ausgangslage also um diesen Unterschied neben den Zahlen der Gliedertabelle, und maßgebend für alles Gerechnete ist „von φ “. Bei einem aus vorgegebenen Lagen gerechneten Getriebe ist dieser Unterschied der Regelfall und keine Ungenauigkeit: Der Entwurf ist in der vorgegebenen Lage abgelegt, an der der Antriebsbereich anfängt — dem Regelfall nach der ersten —, und der Bereich beginnt ein Prozent der Lagenspanne VOR ihr, höchstens aber ein Prozent des Abstands zur Grenzlage, jenseits derer die Kette nicht mehr schließt. Damit liegt die vorgegebene Lage sicher im Antriebsbereich und nicht auf seiner Kante, wo allein die Rundung darüber entschiede, ob sie noch dazugehört; die Probetabelle weist sie als Fortschritt τ knapp über null aus. Der Antriebswinkel ist ausdrücklich NICHT die Richtung der gezeichneten Gliedlinie zwischen zwei Gelenken: Dazwischen liegt fest der Winkel, den der Kopfpunkt im mitbewegten System des Glieds selbst hat. Die Spalte „Versatz Gliedlinie“ nennt ihn je Gliedlinie, sobald er nicht null ist, und ein Strich steht dort, wo es nichts zu nennen gibt. Ein Versatz von 180° etwa heißt: Die Gliedlinie zeigt der Zeichnung nach genau entgegengesetzt zum Antriebswinkel, obwohl beide dasselbe Glied beschreiben.

Die Gütekennzahl sagt, wie weit das Getriebe von einer Totlage entfernt bleibt, und nicht, wie tragfähig es ist. Sie ist über den Umlauf der kleinste Wert des geometrischen Mittels der Singulärwerte der enddimensionierten Jacobi-Matrix — in der Robotik als Manipulierbarkeit nach Yoshikawa gebräuchlich. Sie ist 0 in der Totlage und wächst gegen 1, je senkrechter die Spalten aufeinander stehen. Läuft sie gegen null, durchfährt das Getriebe eine Totlage — dort sind Gelenkkkräfte und Winkelbeschleunigungen unzuverlässig. Jede Lage wird davor bis zum Schließen der Kette iteriert: bis die größte verbliebene Klaffung der Bindungsgleichungen unter 10^{-10} liegt, höchstens 40 Newton-Schritte weit. Eine Lage, die das nicht erreicht, geht nicht in dieses Dokument ein, sondern wird als Lücke im Antriebsbereich ausgewiesen — die Zeile „Antriebsbereich vollständig und lückenlos“ sagt es.

Modellvorbehalte: Alle Glieder sind starr, alle Gelenke spielfrei. Gerechnet wird ohne Spiel und ohne Elastizität; die Lagen folgen der Theorie 1. Ordnung. Reibung wird nur an den Gelenken gerechnet, an denen die Gelenketabelle eine Reibungszahl ausweist. Geprüft wird ausschließlich gegen gezeichnete Sperrflächen, und auch das nur, wenn welche vorgegeben sind; die Glieder untereinander werden NICHT geprüft. Zwei Glieder können sich also rechnerisch durchdringen, ohne dass hier etwas gemeldet wird.

Kurvengelenk, zweiseitige Bindung: Die Rolle ist beidseitig an die Rollenmittenbahn gebunden — sie kann die Kurve weder verlassen noch in sie eindringen, gleich wohin die Kontaktkraft zeigt. Das trifft die formschlüssige Ausführung: Nutkurve, Kurve mit Gegenkurve, Scheibe konstanten Durchmessers. Für die kraftschlüssige Ausführung, bei der eine Feder die Rolle andrückt, ist es eine Annahme. Dort hebt die Rolle ab, sobald die Kontaktkraft ins Ziehende kippt. Ob und wo das geschieht, zeigt die

Kennwertzeile „Kleinste Kontaktkraft $N_{\min}$ “. Die Bewegung nach dem Abheben rechnet dieser Rechner nicht: Er rechnet die Stellung weiter, die nur eine formschlüssige Scheibe wirklich erzwingt.

Das ausgewiesene Antriebsmoment und die größte Gelenkkraft sind EINGANGSGRÖSSEN für einen Festigkeitsnachweis, kein Ersatz dafür. Für eine Welle unter diesem Moment ist der Nachweis nach DIN 743 zu führen, für ein Gelenklager der Nachweis der Tragzahl, für einen Bolzen der Flächenpressungs- und Scherungsnachweis.

Zu diesem Muster

Alle Werte auf diesen Seiten stammen aus einer frei gewählten Beispielrechnung und gehören zu keinem realen Bauteil. Der gekaufte Export enthält dieselben Abschnitte mit Ihren Eingaben, Ihren Kopfdaten (Projekt, Bauteil, Bearbeiter) und als durchsuchbaren Text. Preise und Umfang: maschinenbaurechner.de/preise

Hinweis: Die Ergebnisse sind Auslegungs- und Orientierungshilfen. Sie ersetzen nicht die eigenverantwortliche Prüfung, Berechnung und Freigabe durch eine fachlich qualifizierte Person. Es gelten die Nutzungsbedingungen auf maschinenbaurechner.de.