

## Aufgabenstellung für ein rechnergestütztes Praktikum

### Teilaufgabe 1

## Angenäherte Synthese von Mechanismen für vorgegebene Anforderungen an die Übertragungsfunktionen

### Präzisierung

Optimaler Entwurf eines Doppelkniehebelmechanismus als Schließenheit für Spritzgießmaschinen der plastverarbeitenden Industrie

Ein Doppelkniehebelmechanismus, Bild 1, besitzt die wertvolle Eigenschaft, mit geringem Kraftaufwand am Antriebskolben eine enorme Kraft am Abtrieb, im vorliegenden Fall ist es die bewegliche Werkzeugträgerplatte, zu erzeugen. Diese wünschenswerte Doppelkniehebelstellung für die Endlage der Platte bei Berührung und Verformung der festen Werkzeugträgerplatte wird erreicht, wenn sich die Getriebeglieder 2 und 3 sowie 4 und 5 jeweils in Strecklage befinden. Die erste Strecklage erfüllt die Orthogonalitäts-, die zweite die Parallelitätsbedingung, Bild 2. Hierbei handelt es sich um die konstruktive Interpretation.

Zur Realisierung des Pressvorganges steht ein Mechanismus, Bild 3, als Entwurf zur Verfügung, der die Forderungen an eine optimal arbeitende Schließenheit nicht erfüllt. Es besteht nun die Aufgabe, ein System mit günstig eingestellten Übertragungsfunktionen 0. bis 2. Ordnung zu entwerfen.

Ausgangspunkt für die erfolgreiche Bearbeitung ist eine klare und eindeutige Formulierung der Vorgaben und Bedingungen sowie die Bereitstellung eines in seinen Parametern zu verbessernden Ausgangsgetriebes. Dieses Getriebe (Mechanismus) ist so aufzubereiten, dass es als Startversion für den anschließenden Optimierungsprozess geeignet ist. Dafür sind die folgenden Teilschritte abzuarbeiten:

- Eingabe der Getriebestruktur und der Abmessungen
- Eingabe diskreter Werte für die Antriebssteuerung
- Formulierung der Optimierungsaufgabe:

Zuordnung des Getriebetyps zur vorliegenden Bewegungsaufgabe, Erstellung des Forderungskataloges, Zuordnung der konstruktiven Größen und Antriebsgrößen zu den Komponenten des Variablenvektors, Festlegung der Schranken als Variationsbereich für die einzelnen Variablen und Vorgabe des minimalen Übertragungswinkels für das Gesamtgetriebes.

Folgende Vorgaben und Bedingungen sind zu berücksichtigen:

- Im Rahmen dieser Aufgabenbearbeitung ist die vorliegende hydromechanische Schließeinheit als starre Maschine zu betrachten.
- Das Doppelkniehebelprinzip ist die wichtigste einzuhaltende Bedingung. Dieses Prinzip gilt in der funktionsanalytischen Interpretation dann als realisiert, wenn die Übertragungsfunktionen bis zur 2. Ordnung am Ende der Bewegung des Abtriebsgliedes jeweils Tangenten parallel zur Abszisse und sowohl die Geschwindigkeit als auch die Beschleunigung Werte gleich Null aufweisen.
- Für die Bewegung des Antriebskolbens sind 10 Getriebestellungen mit gleichem Abstand zueinander vorzusehen. Die Anfangslage ist mit  $s_{2\_anf} = -27,5$  mm, die Endlage mit  $s_{2\_end} = 22$  mm festzulegen. Die gleichmäßige Geschwindigkeit des Kolbens soll 80 mm/s betragen.
- Für die Abtriebsbewegung der beweglichen Werkzeugträgerplatte ist ein Hub  $s_0 = s_{6max} - s_{6min} = 50$  mm einzuhalten. Die Übertragungsfunktion 0. Ordnung ist in transformierter Form zu verwenden.
- Zu Beginn der Kolbenbewegung soll die bewegliche Werkzeugträgerplatte den Beschleunigungswert von  $-750$  mm/s<sup>2</sup> einhalten.
- Für die Variablenzuordnung sowie die unteren und oberen Schranken gelten folgende Informationen:

untere Schranke	Größe	Variable	obere Schranke
20 mm	$x_{4S}$	X[1]	40 mm
-10 mm	$y_{4S}$	X[2]	20 mm
7,5 mm	$L_3$	X[3]	15 mm
18 mm	$L_4$	X[4]	30 mm
25 mm	$L_5$	X[5]	35 mm
-40 mm	$s_{2\_anf}$	X[6]	-10 mm
35 mm	$y_{B0}$	X[7]	45 mm

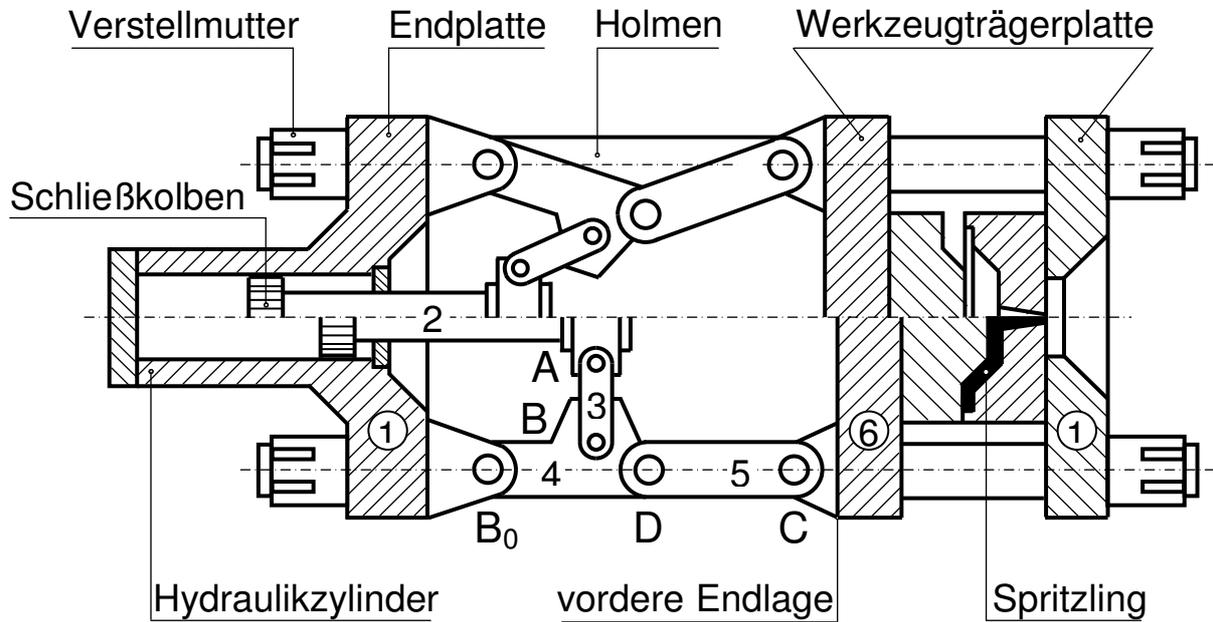
Alle Werte beziehen sich auf ein zu entwerfendes Modell, das im geeigneten Maßstab auch als praxiswirksame Schließeinheit eingesetzt werden kann.

Bei der vorliegenden Aufgabe handelt es sich also um ein 7-dimensionales Optimierungsproblem mit 14 achsenparallelen Nebenbedingungen. Für den Übertragungswinkel des Gesamtgetriebes, eingebunden als nichtlineare Nebenbedingung, ist  $\mu_{min} = 40^\circ$  als Sollwert zu berücksichtigen.

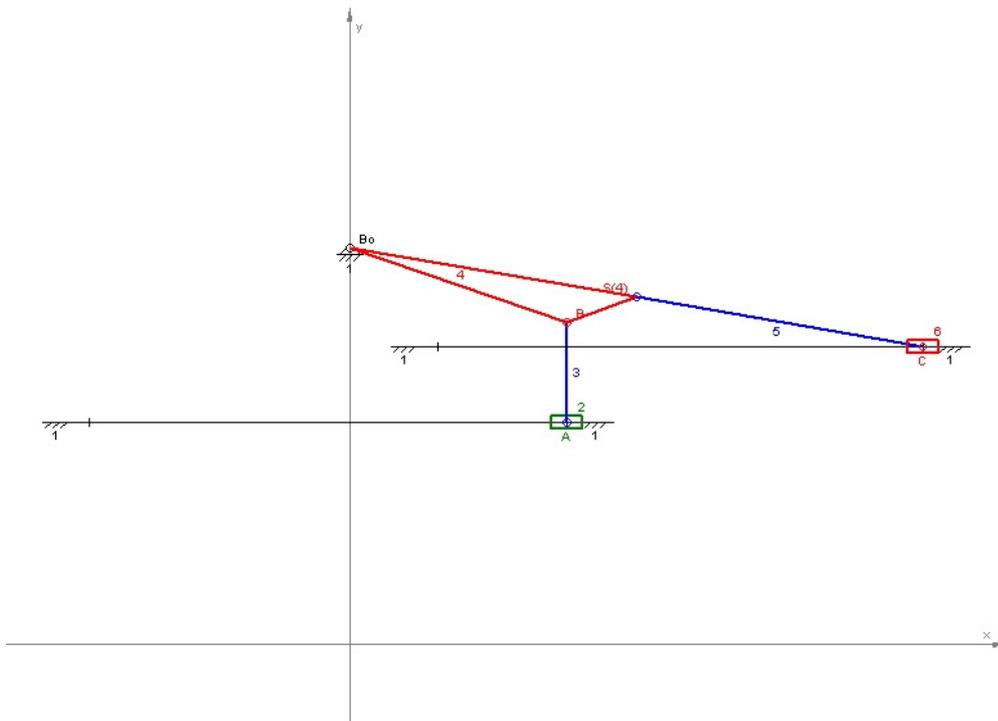
Die erstellten Dateien sind unter folgendem Namen abzulegen:

Ausgangsgetriebe	KUASY_AG.apx
Startversion für den Optimierungsprozess	KUASY_SV.apx
Optimierte Variante	KUASY_OP.apx
Laufversion als praxiswirksame Variante	KUASY_LV.apx

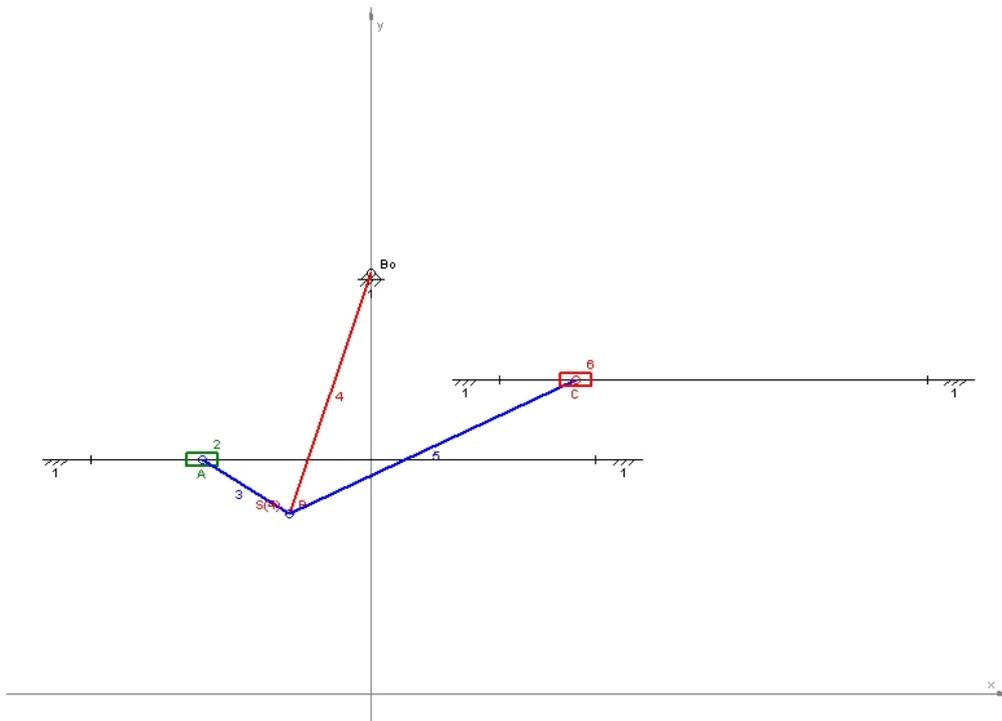
**Bild 1:** Schließeinheit als Doppelkniehebelmechanismus in konstruktiver Ausführung  
 Mechanismus in der Anfangsstellung, obere Darstellung, in der Endstellung, untere Darstellung



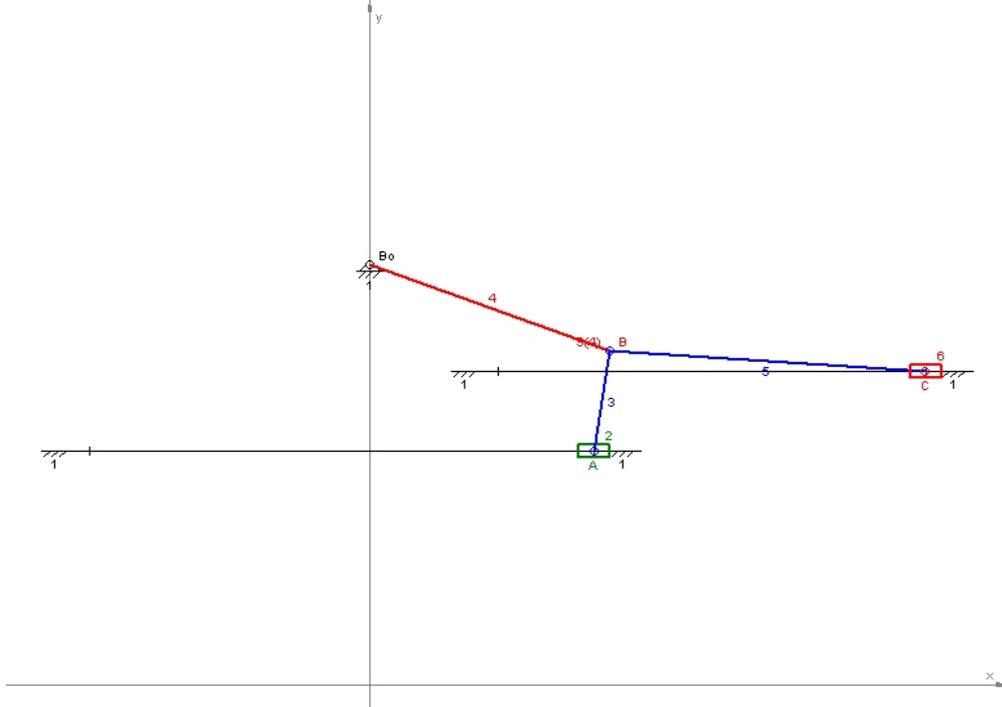
**Bild 2:** Kinematisches Schema des optimierten Getriebes in der hinteren Endlage, **Doppelkniehebelprinzip**



**Bild 3.1:** Ausgangsgetriebe in einer beliebigen Stellung



**Bild 3.2:** Ausgangsgetriebe in der Endstellung



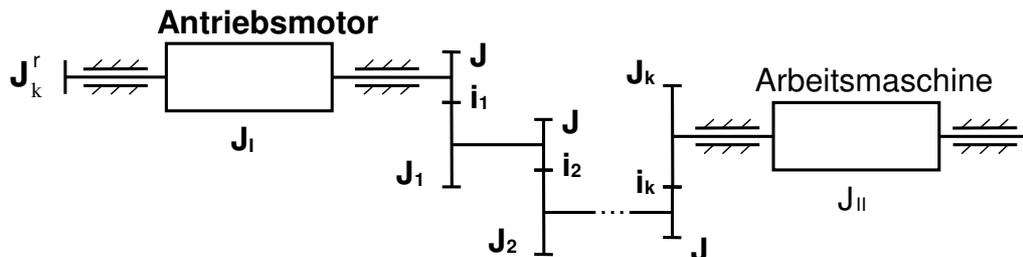
Zur Ermittlung optimaler Komponentenwerte des 7-dimensionalen Vektors  $X^*$  ist die Strategie von Nelder-Mead zu empfehlen.

## Teilaufgabe 2

# Lösung einer Standardaufgabe der Optimierung und eines nichtlinearen Gleichungssystems

### Präzisierung

Optimale Übersetzungen für ein Minimum des auf die Antriebswelle reduzierten Massenträgheitsmomentes von k-stufigen Getrieben der Antriebstechnik



### Gleichung des reduzierten Massenträgheitsmomentes für k-stufige Zahnradgetriebe

$$J_k^r = (J_I + J) + J_{II} \frac{1}{i_1^2} + J \left[ \sum_{p=1}^{k-1} \left[ (1 + i_p^4) \frac{1}{\prod_{j=1}^p i_j^2} \right] + i_k^4 \frac{1}{\prod_{m=1}^k i_m^2} \right] \quad (1)$$

Bei dieser Teilaufgabe handelt es sich um die Bereitstellung optimaler Werte für Teilübersetzungen k-stufiger Zahnradgetriebe mit  $k=3$  und  $k=4$ .

Dabei ist das Optimierungsmodell für 3-stufige Getriebe so aufzubereiten, dass seine Bearbeitung, ausgehend von Gl. (1), über die Lösung der Standardaufgabe der nichtlinearen Optimierung erfolgen kann. Für 4-stufige Getriebe führt Gl. (1) unter Beachtung des notwendigen Optimalitätskriteriums zu einem nichtlinearen Gleichungssystem, dessen Lösungen für  $F(X)=0$  durch das Newton-Verfahren und APPROX für Windows zu ermitteln sind.

Eine Zusatzaufgabe, die sich mit der Vorgabe von Zuordnungen für Werte der Übersetzungen befasst, rundet diese Teilaufgabe ab.

Für die rechnergestützte Bearbeitung aller im Praktikum angebotenen Aufgaben steht das Programmpaket **APPROX für Windows** zur Verfügung.

**Prof.Dr.-Ing.habil. Heinz Strauchmann**

<http://wwwm.htwk-leipzig.de/~hstrauch/approx/>