

# Willkommen zur Getriebesynthese

im Rahmen der

## Angewandten Optimierung

Praxisorientiertes Lehrprojekt

rechnerunterstützt und optimal

Prof.Dr.-Ing.habil. Heinz Strauchmann

Teil 1:

**Getriebeanalyse**

Teil 2:

**Getriebesynthese/  
Optimierung**



## Getriebesynthese – Standardaufgabe der Optimierung Dresdner Lösungsstrategie



Teil 1: **Getriebeanalyse**

Teil 1: Getriebeanalyse und Aufgaben, 68 Seiten

Teil 2: Getriebesynthese/ Optimierung und Aufgaben, 80 Seiten



**Technische Universität Dresden**

Prof.Dr.-Ing.habil. Heinz Strauchmann

Autor von APPROX für Windows und des Lehrprojektes



**Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden**

Prof.Dr.-Ing. Iris Römhild

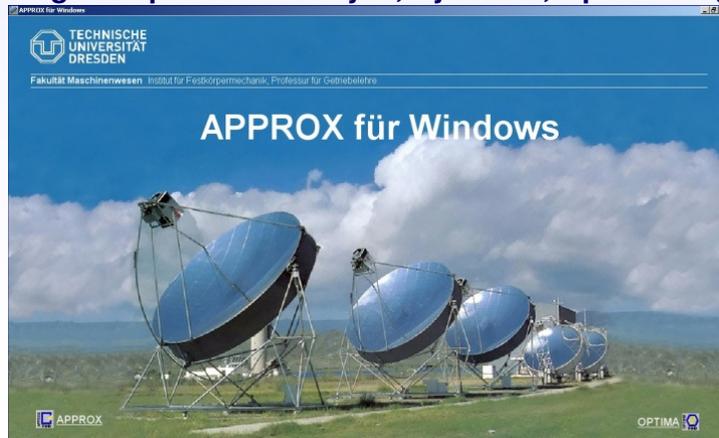
Professur für Konstruktion und Antriebstechnik

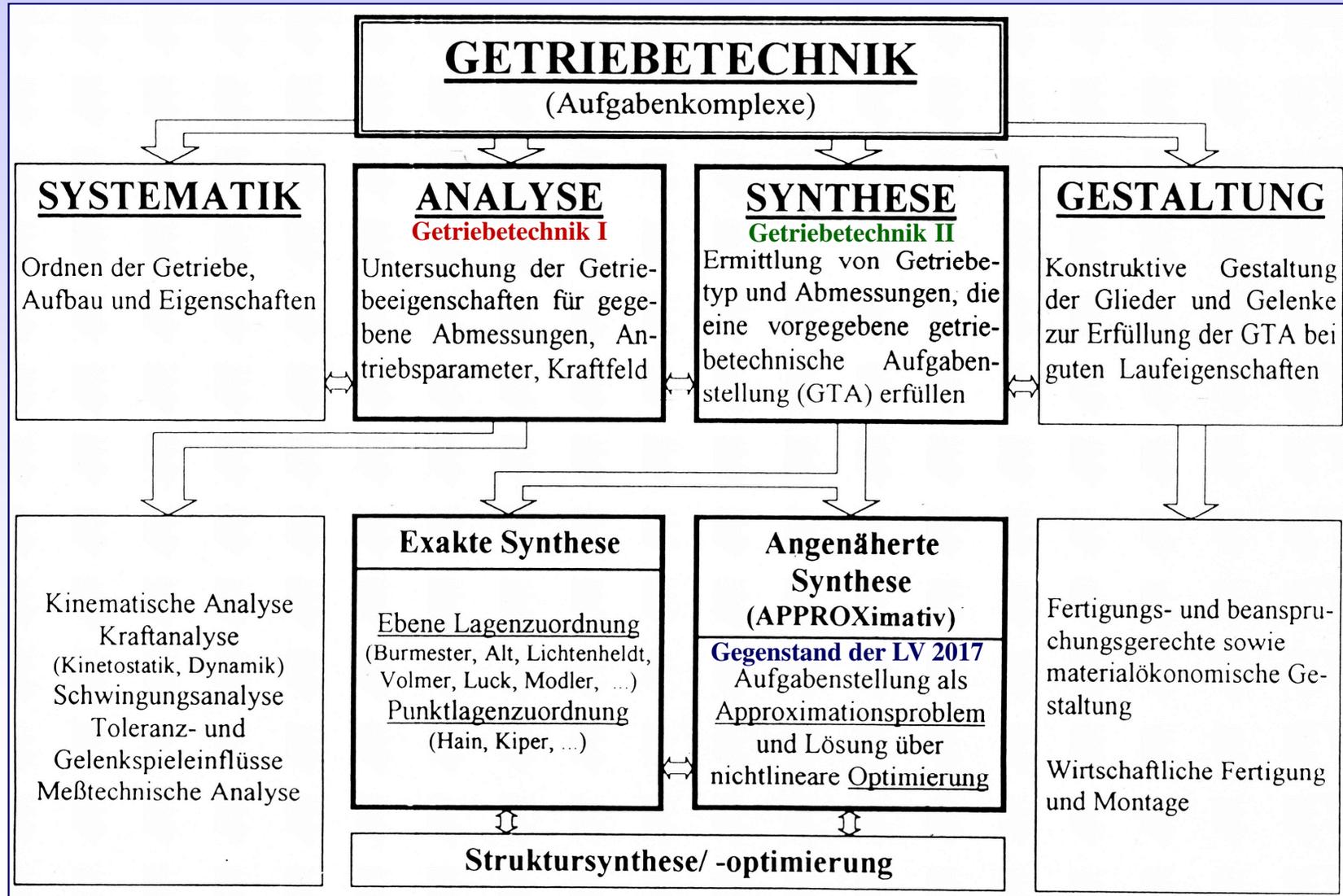
Die **Getriebetechnik**, vertreten durch die Komplexe der Systematik – **Analyse** – **Synthese** – Gestaltung – **Anwendung**, ist ein wichtiges Grundlagenfach für die Ausbildung disponibel einsetzbarer Ingenieure und stellt eine große Hilfe bei der Lösung praktischer Aufgaben mit getriebetechnischem Hintergrund dar.

Die Zielrichtung ist klar definiert: **Forschend lehren**, und das gilt auch für die **Getriebetechnik** an der HTW Dresden!

Mit **APPROX für Windows**  
treffen Sie  
(fast) immer ins Ziel.

Programmpaket zur Analyse, Synthese, Optimierung







# Rückblick auf die Getriebesynthese Synthese ebener Mechanismen

zeichnerisch und rechnerisch

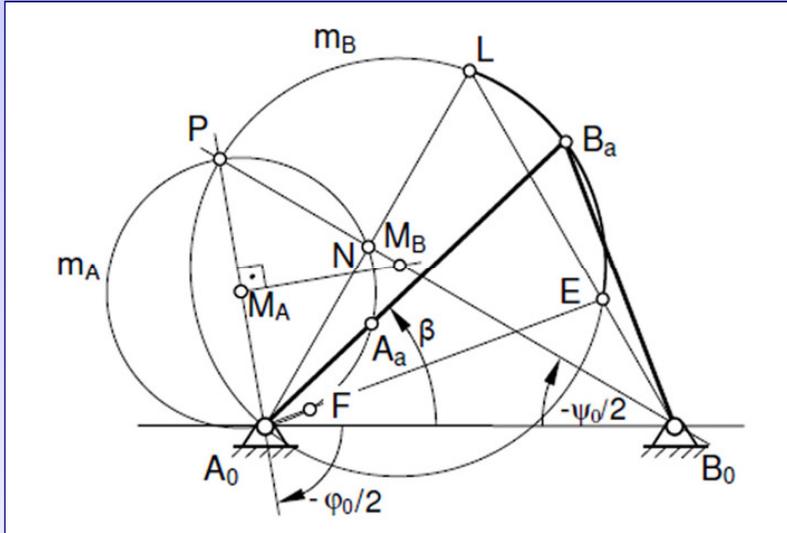
**Iris Römhild**



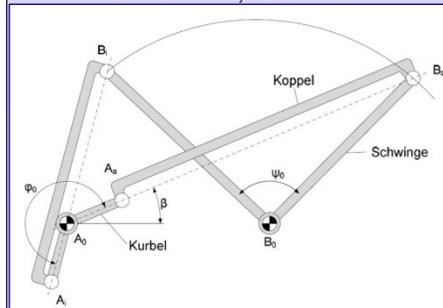


# Exakte Synthese mit grafischen Mitteln

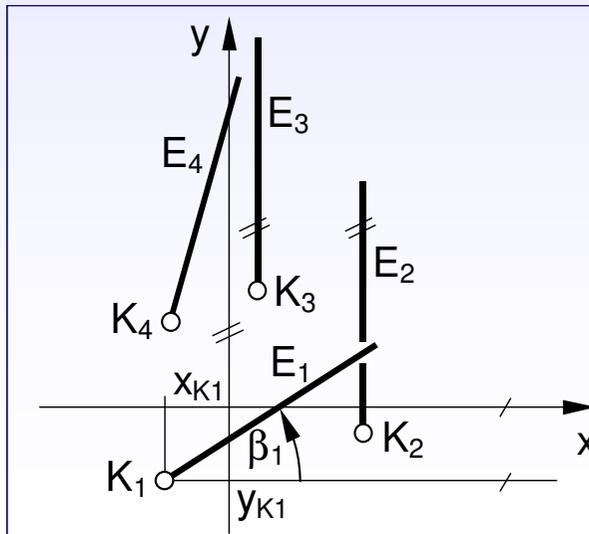
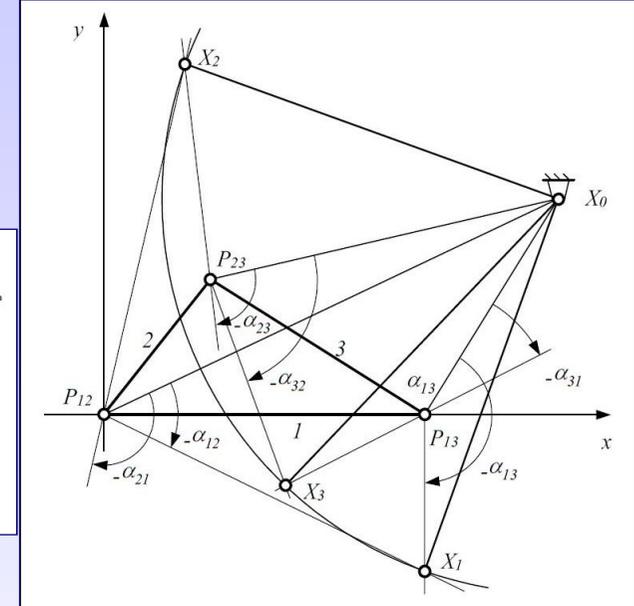
Alt'sche Totlagenkonstruktion



Hermann Alt, 1889 - 1954



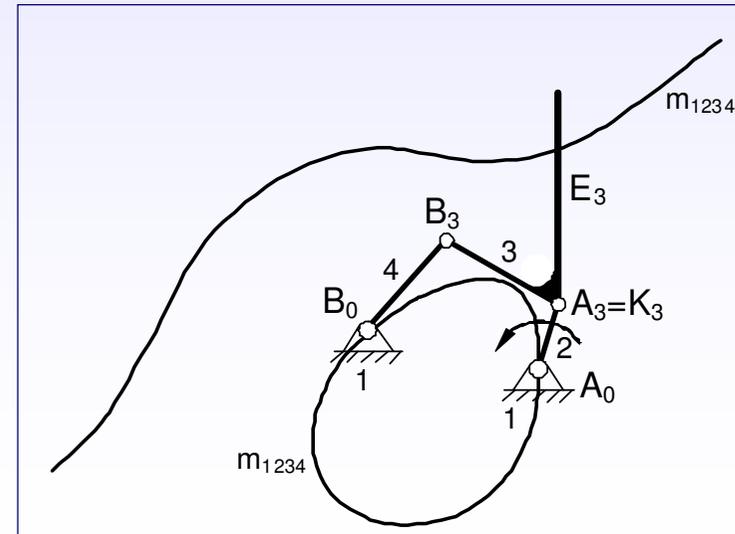
Winkelbeziehungen am Poldreieck



2, 3, 4 Ebenenlagen, Relativlagen



Ludwig Burmester  
05.05.1840 – 20.04.1927



Lagengeometrie nach der Theorie von Burmester



# Ausblick auf die Getriebesynthese Synthese als Optimierungsaufgabe

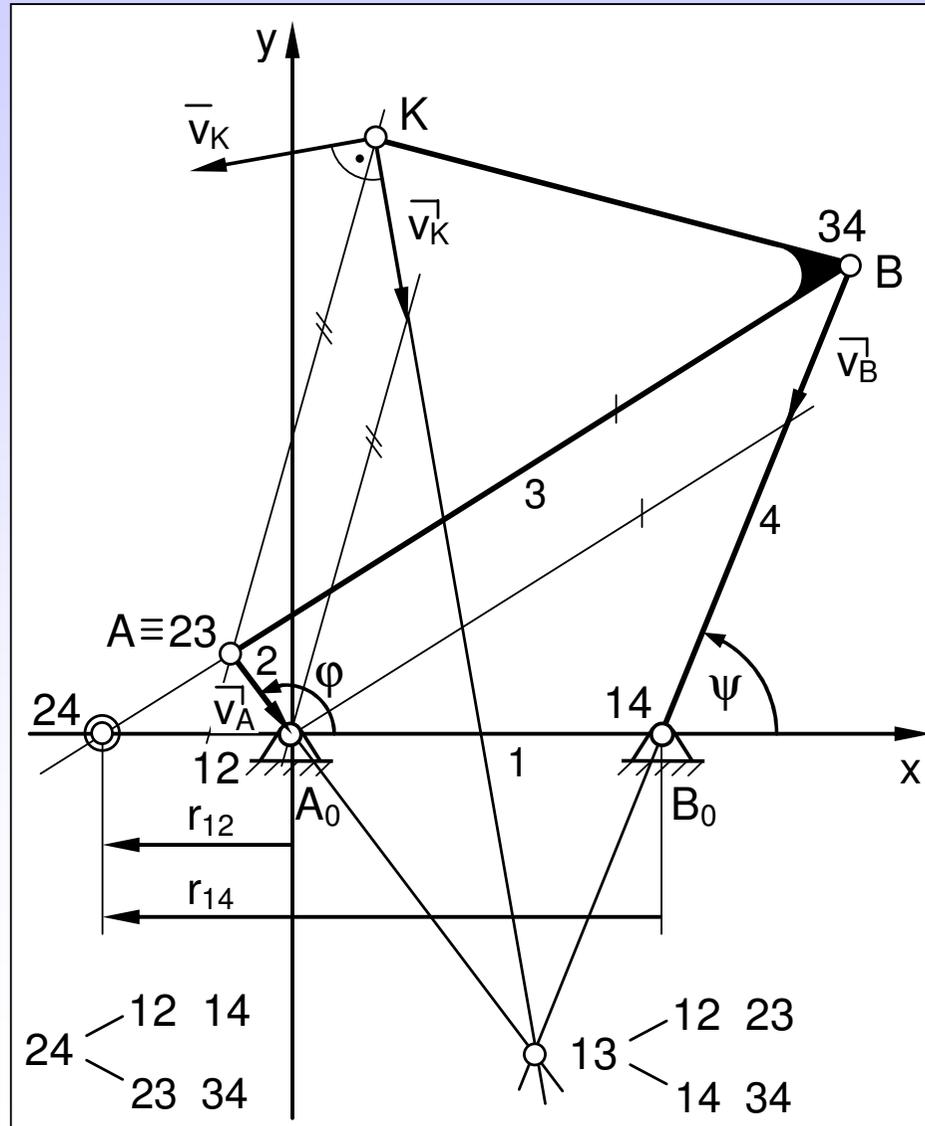
rechnerunterstützt und optimal

**Heinz Strauchmann**



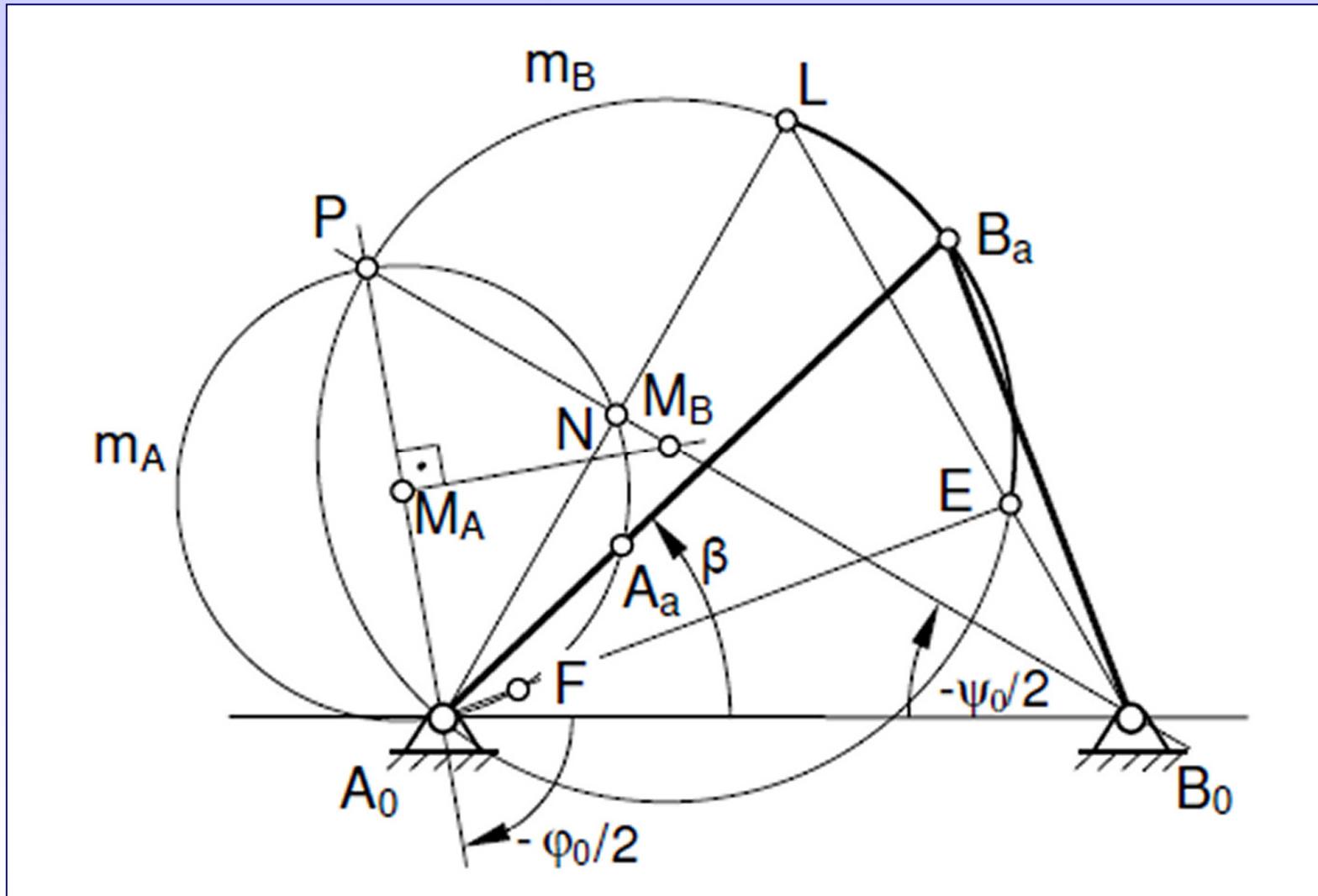
## Analyse – Voraussetzung für die Synthese als Optimierungsaufgabe

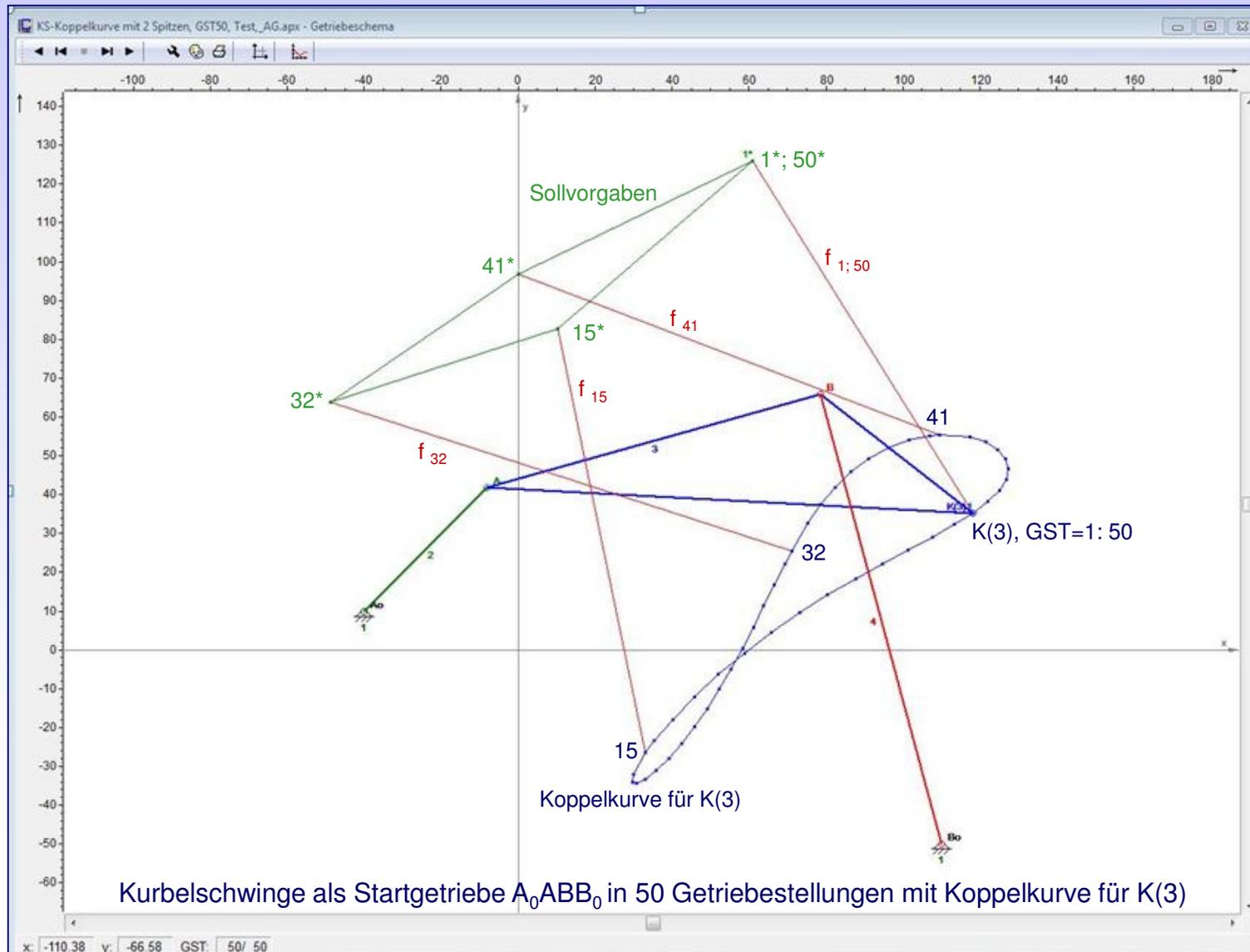
Kinematische Größen



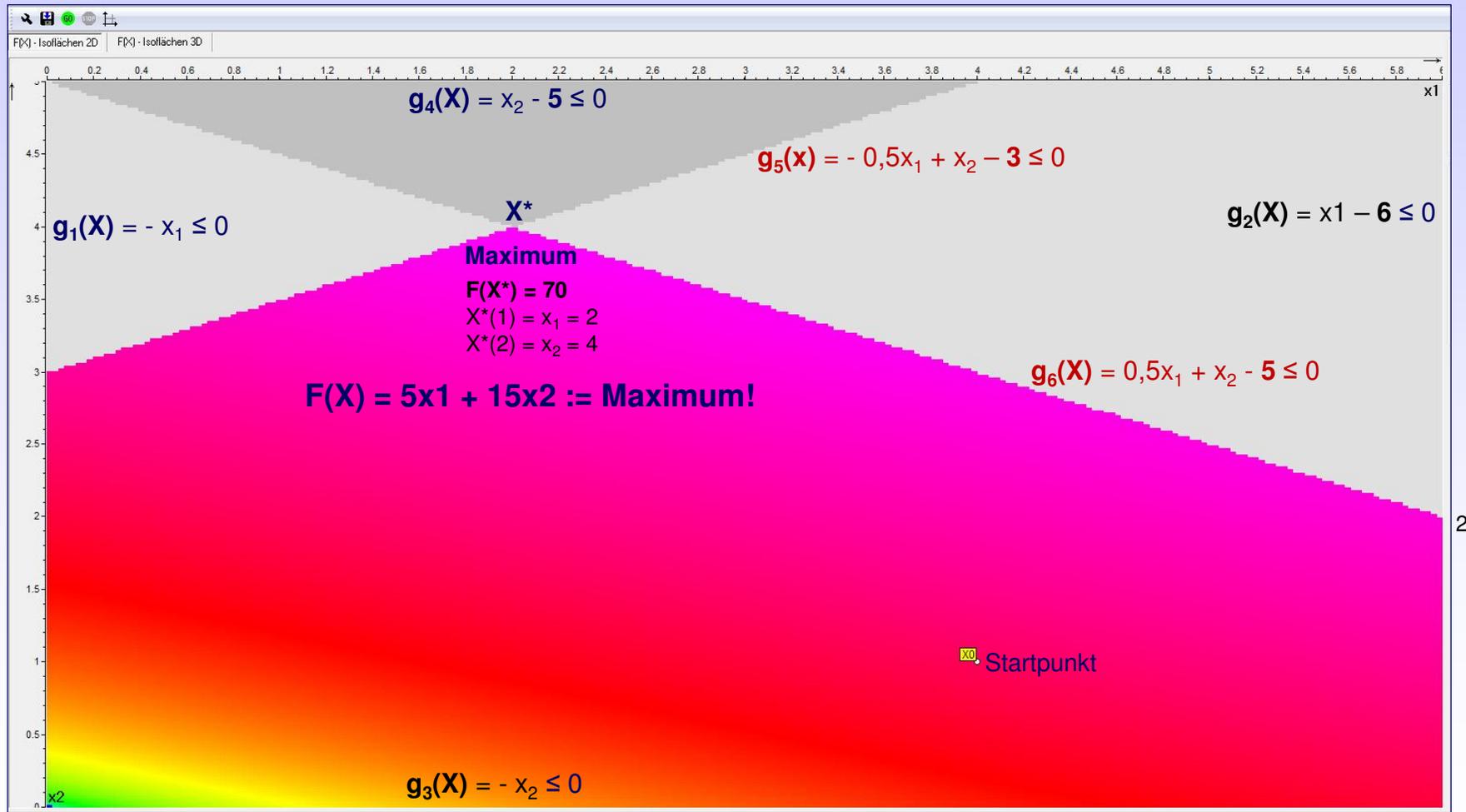
Kurbelschwinge

Rechnerunterstützte Lösung

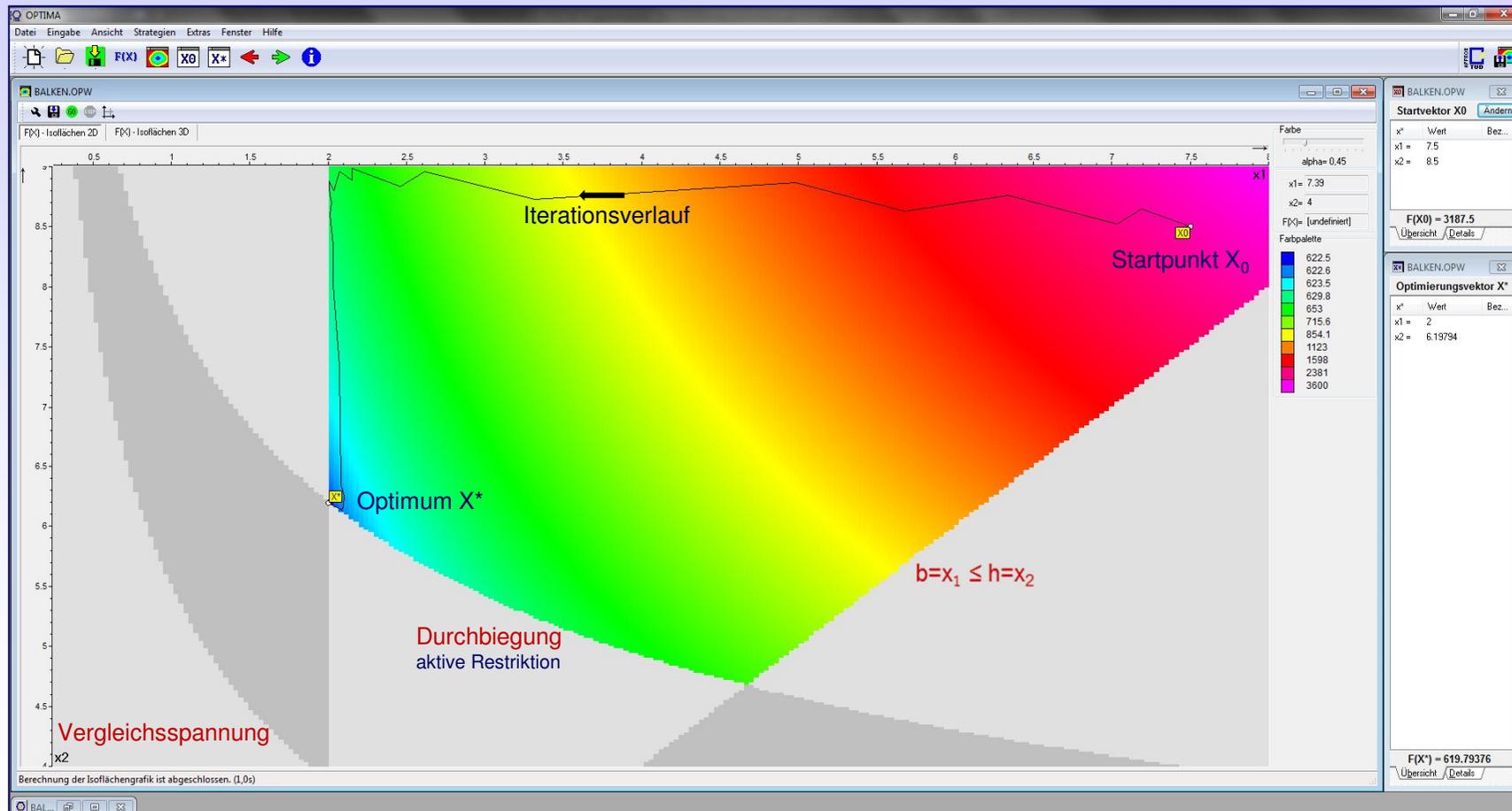




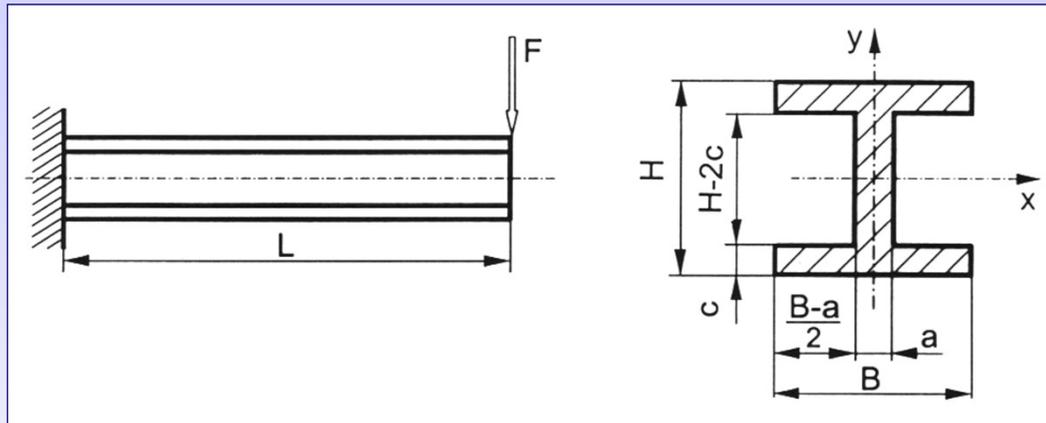
## Linearen Optimierung mit 2 Variablen und 6 Nebenbedingungen: Maximierungsaufgabe



### Einseitig eingespannter Balken mit Rechteckquerschnitt und Einzellast am Balkenende Beispiel der **Technischen Mechanik**



Ermittlung der Kompromissmenge für ein **2-kriterielles Optimierungsproblem**:  
Einseitig eingespannter und durch eine Kraft belasteter Profilbalken



$F=10\text{kN}$ ,  $E=2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$   
 $L=2000\text{mm}$ ,  $a=5\text{mm}$   
 $d=2c=10\text{mm}$

$F_1(X)$ : **Fläche**:= Min!  
 $F_2(X)$ : maximale  
**Durchbiegung**:= Min!

### Technisches Modell

Für den vorgegebenen Belastungsfall sollen die **Fläche** und die **Durchbiegung** minimale Werte annehmen.

### Mathematisches/ Optimierungsmodell

Algorithmen für die Querschnittsfläche und die max. Durchbiegung mit  $\mathbf{x}_1 = B$ ;  $\mathbf{x}_2 = H$

Ersatzzielfunktion  $F(X) = F_E(X)$ := Minimum!

$$F_E(X) = \lambda \frac{F_1(X)}{F_{1N}} + (1 - \lambda) \frac{F_2(X)}{F_{2N}}$$

$$F_{1N}(X^*) = 1450 \text{ mm}^2$$

$$F_{2N}(X^*) = 0,364 \text{ mm}$$

$$F(X) = \frac{\lambda}{1450} (x_1 d + a(x_2 - d)) + \frac{1 - \lambda}{0,364} \left( \frac{FL^3}{48EI(X)} \right)$$

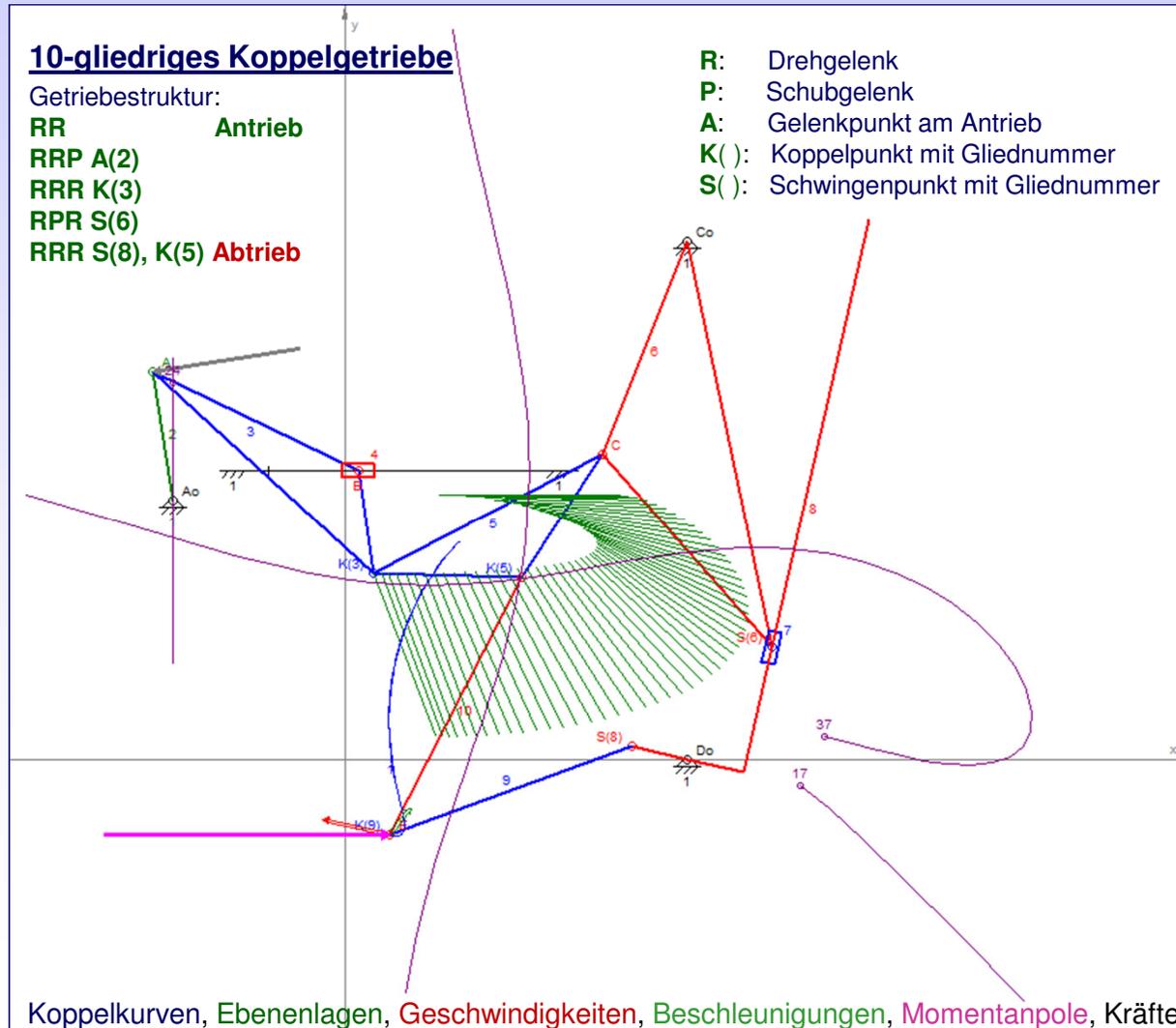
Die Kompromissmenge, aus der das Optimum ausgewählt wird, ergibt sich für  $\lambda = 0$  bis  $1$ .

# Getriebetechnik – wichtiges Grundlagenfach

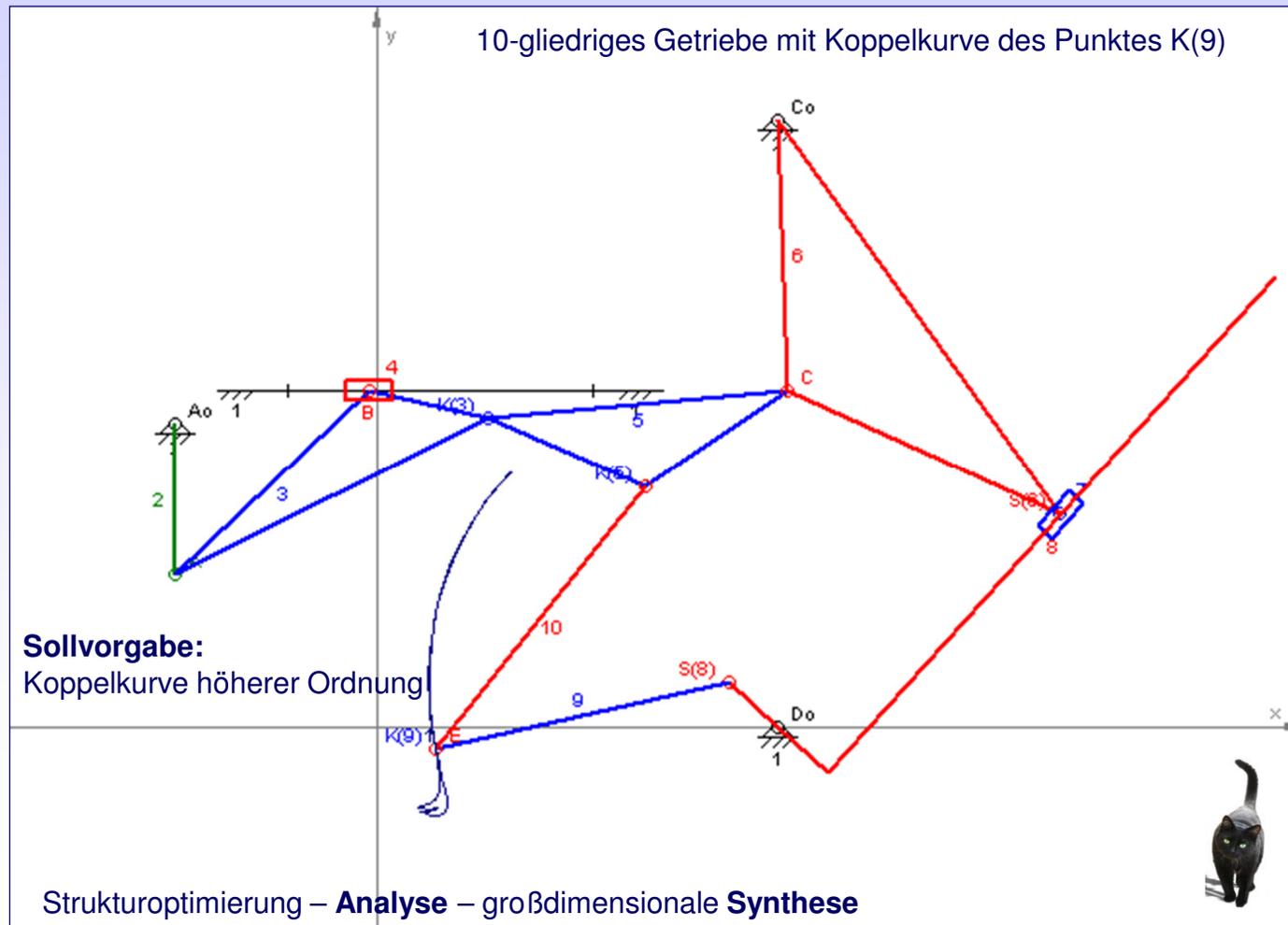
**Praktische Anwendungen** mit großer wirtschaftlicher Bedeutung  
Zwei der Beispiele werden bei einem eventuellen Praktikum als **Analyseaufgaben** angeboten.



Die **Analyse** liefert diese kinematischen und kinetostatischen Größen.  
Sie werden später zum Teil in die **Getriebesynthese** einbezogen.



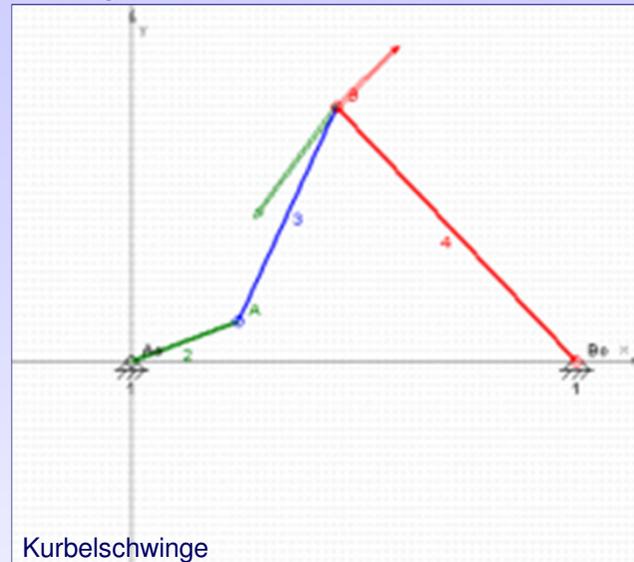
Als Vorschau auf die **Synthese** wird in dieser Darstellung auf ein Beispiel mit hohem Schwierigkeitsgrad verwiesen.



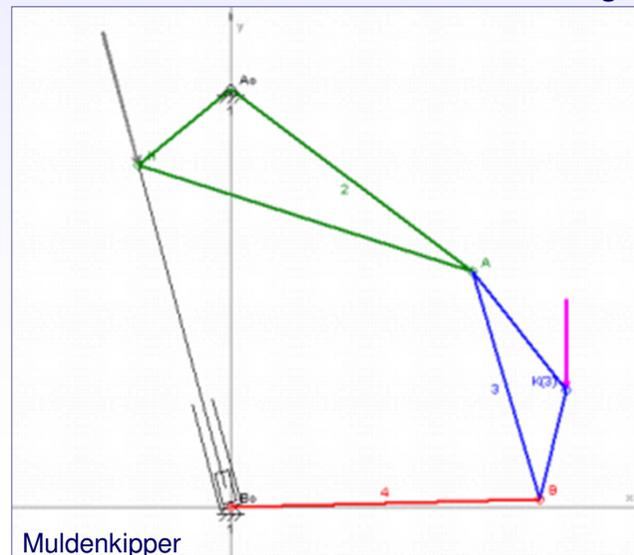
# Oft verwendete Getriebestrukturen zur Analyse und Synthese

- Kurbelschwinge
- Doppelkurbel
- Schubkurbel
- Doppelschwinge
- Kurbelschleife  
schwingend
- Kurbelschleife  
umlaufend
- Schubschwinge
- Schubschleife
- Doppelschieber
- Kreuzschieber

## Grundgetriebe



## Anwendungen



## Flugzeugfahrwerk

Bugradfahrwerk

## Muldenkipper

## Wagenheber

## Bogenanleger

## Garagentor

EL 115

## Flugzeugfahrwerk

AIRBUS A330

## Krananlage

## Klappenführung

Boeing 767

## Presse

14-gliedrig

## Ölförderpumpe

## Schließeinheit

## Presse

10-gliedrig

## Klemmvorrichtung

## Hobler

## Strandbeest

Lauf-Animation mit 6 Beinen

... von Theo Jansen

Und so stellt sich das Lehrprojekt vor:

**Getriebesynthese –  
Standardaufgabe der Nichtlinearen Optimierung  
Dresdner Lösungsstrategie**

Getriebestrukturierung über das Gliedergruppen–Konzept von ASSUR

Kinematische und kinetostatische Getriebeanalyse

Getriebesynthese als Optimierungsaufgabe

Minimierungs- und Maximierungsaufgaben für beliebige Funktionen

Gleichungssysteme mit Untersuchungen zur Lösbarkeit



Mit dieser Vorfreude ist ein Erfolg der Lehrveranstaltung garantiert!

# Unterlagen zum Lehrprojekt

Programmpaket zur Bearbeitung von  
Analyse-, Synthese- und Optimierungsaufgaben



APPROX für Windows

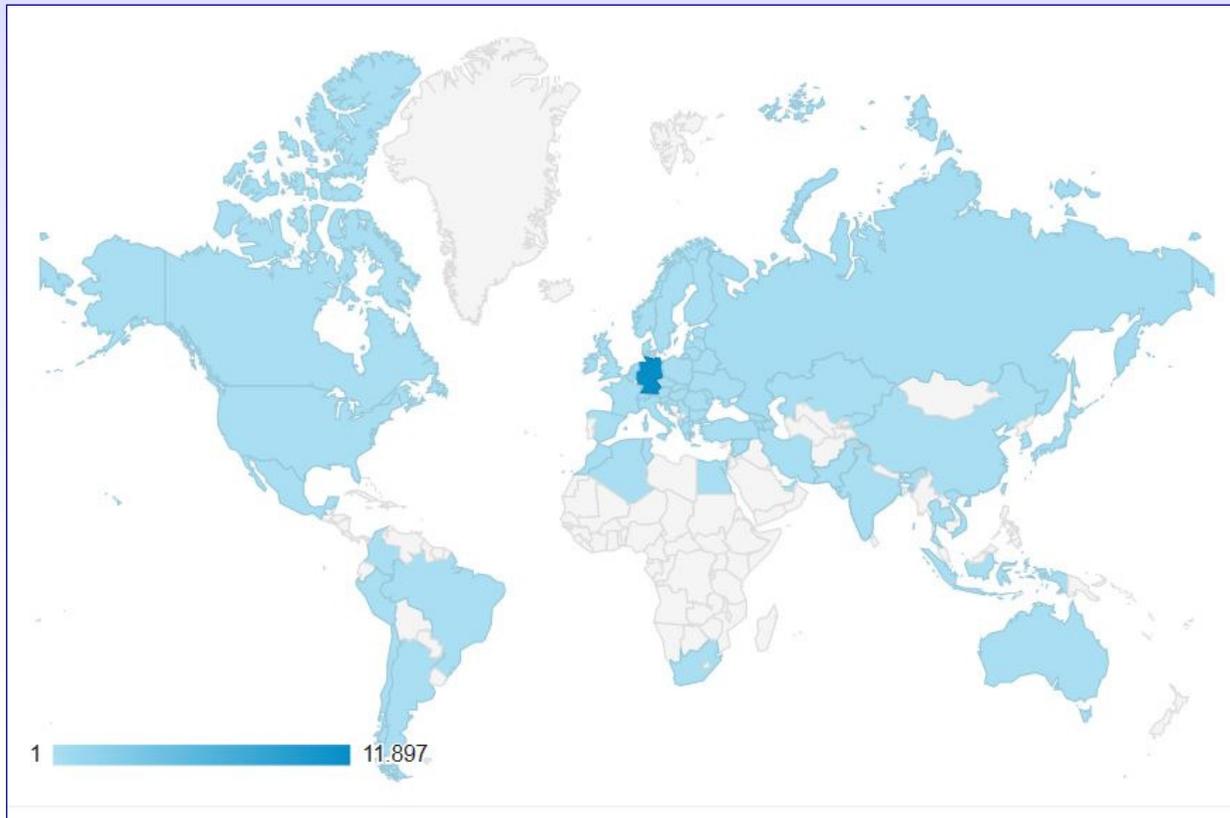
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN

Fakultät Maschinenwesen Institut für Festkörpermechanik, Professur für Getriebelehre

# APPROX für Windows

APPROX  
TUD

OPTIMA  
TUD



**APPROX für Windows**  
hat User in **75** Ländern.

Zu den **Top 20** gehören:

-  Germany
-  Russia
-  Austria
-  Switzerland
-  Ukraine
-  Turkey
-  United States
-  Italy
-  United Kingdom
-  Poland
-  France
-  Bulgaria
-  Finnland
-  Brasil
-  Belarus
-  Lithuania
-  Norway
-  China
-  Spain
-  Netherlands

ist modular strukturiert und besteht aus **APPROX** und **OPTIMA**.

APPROX

**Getriebeanalyse**  
Getriebestruktur  
Antriebssteuerung  
Abmessungen

OPTIMA

**Getriebesynthese**  
Optimierung  
Gleichungssysteme  
Funktionsanalyse



## Modul APPROX

Kinematische und kinetostatische Getriebeanalyse

Übertragungsfunktionen/ Führungsbahnen zur Bildung einer **Fehlerfunktion  $f(X)$** / **Zielfunktion  $F(X)$**

## Modul OPTIMA

Optimierung einer restringierten **Zielfunktion  $F(X)$**

mittels **Fehlerfunktion  $f(X)$**  für die **Getriebesynthese** (Minimierung)  
oder allgemein formuliert über **Algorithmensysteme** (Minimierung/ Maximierung)

Polyoptimierung



Angewandte  
Optimierung



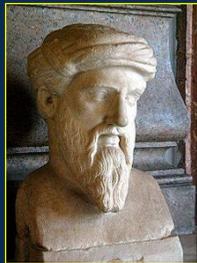
Aufgabe **Getriebesynthese** Lösung

Einsatz in der **Getriebetechnik**, wobei die Zielfunktion aufgabengebunden und rechnerintern gebildet wird. Animation

Funktionen **Optimierung** Gl.-Systeme

Einsatz für **Extremwertaufgaben** mit restringierten Algorithmensystemen, also auch zur Bearbeitung von **Gleichungssystemen**.

## Lehrveranstaltung GETRIEBE-TECHNIK II



**Pythagoras**  
570 – 510 v. Chr.

*Das Gestern ist fort-  
das Morgen nicht da.  
Lebe also heute.*

*Anstrengungen  
machen  
gesund und stark.*



**Martin Luther**  
1483 - 1546

Lehrgebiet:

Angenäherte Getriebesynthese-  
Standardaufgabe der Nichtlinearen Optimierung

Kontakt und Unterlagen:

[heinz.strauchmann@tu-dresden.de](mailto:heinz.strauchmann@tu-dresden.de)

Angewandte Optimierung  
APPROX für Windows

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

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

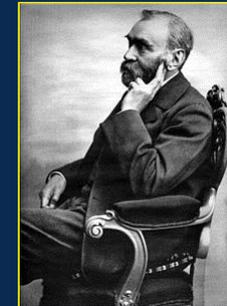


## Lehrveranstaltung GETRIEBE TECHNIK II

Alfred Nobel spricht die ganze Wahrheit aus:

*Die Schwierigkeiten wachsen,  
je näher man ans Ziel kommt.*

Alfred Nobel (1833 – 1896)



Die Vorlesungen zur GETRIEBE TECHNIK II werden mit der

Rechnerunterstützten Getriebesynthese  
im Rahmen der  
Angewandten Optimierung  
abgeschlossen.

Teil 1: APPROX für Windows, Getriebeanalyse

Teil 2: Getriebesynthese, Optimierung

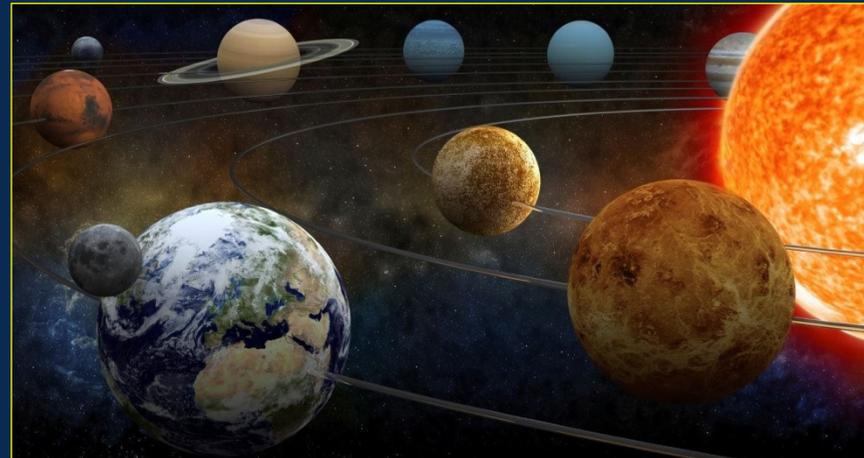
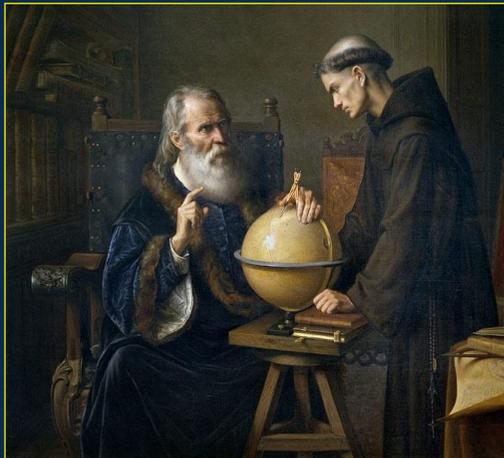
## Lehrveranstaltung GETRIEBETECHNIK II

Galileo Galilei – Begründer der naturwissenschaftlichen Methode

*Die Neugier steht immer an erster Stelle eines Problems,  
das gelöst werden will.*

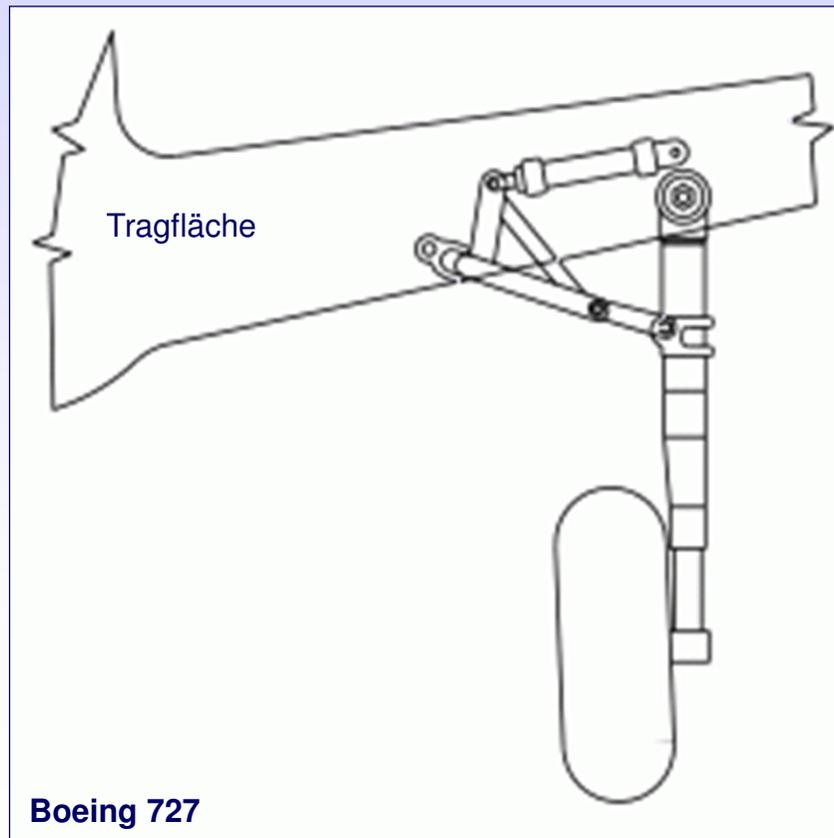
Galileo Galilei (1564 – 1642)

Zu den Lehrveranstaltungen gehört im Allgemeinen auch das  
Rechnerunterstützte Praktikum zur Getriebesynthese und Optimierung.



## Ein interessante Beispiel, geeignet für die **Analyse** und Synthese

Im abschließenden Teil der Lehrveranstaltung **Getriebetechnik II/Getriebesynthese** und **Optimierung** wird für einige Bereiche in Lehre und Praxis auf Lösungsmöglichkeiten hingewiesen.



Die für die Lehrveranstaltung aufbereiteten Grundlagen reichen aus, um durchgängig viele Aufgaben der

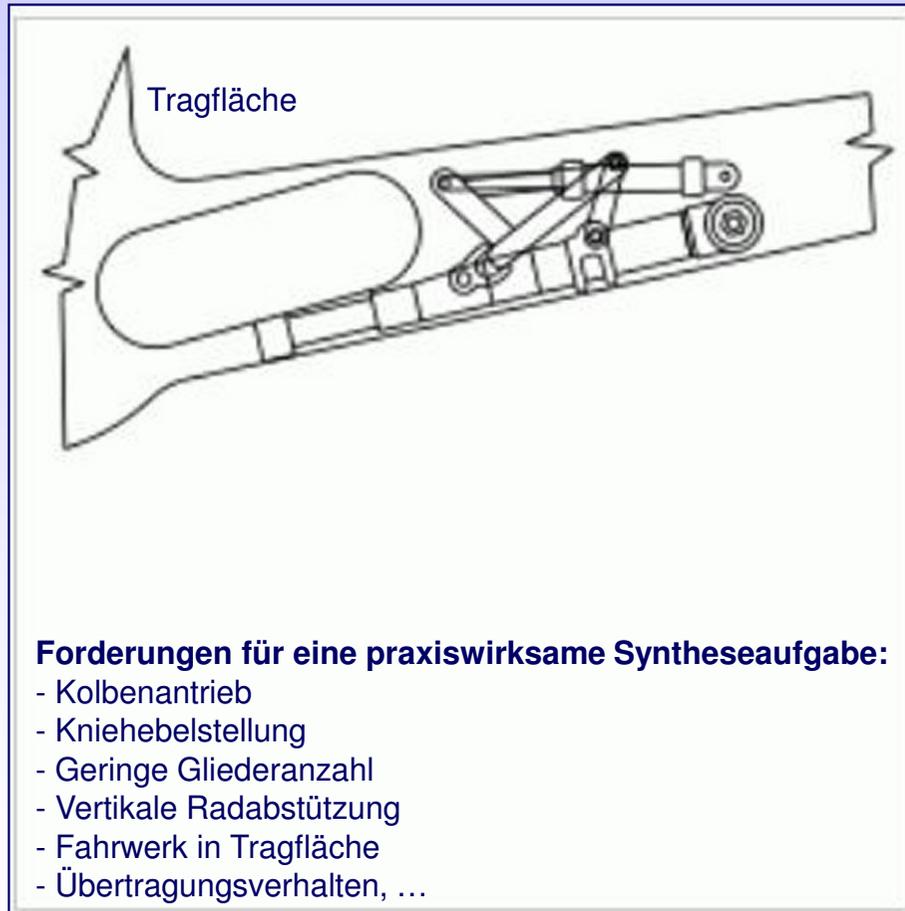
### **Rechnerunterstützten Getriebesynthese**

bearbeiten zu können.

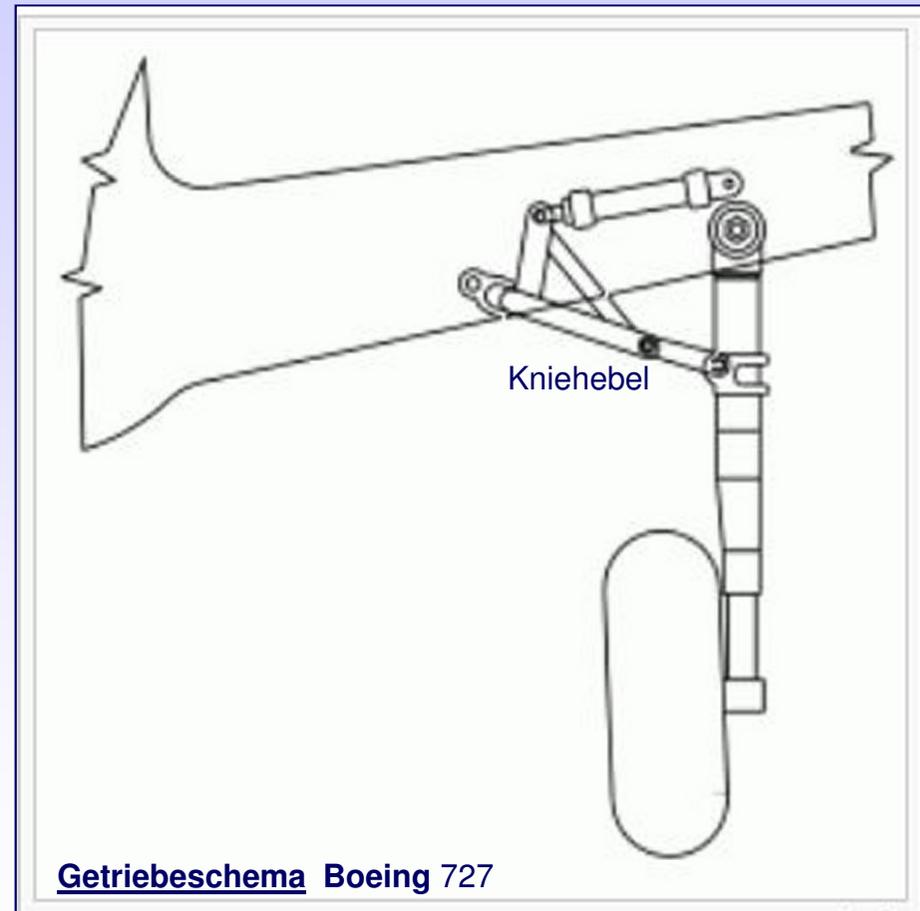
Aber leider nicht z.B. für die **Fahrwerksteuerung** einer **Boeing 727** mit zahlreichen Vorgaben. Hier bleibt vorerst „nur“ die Analyse.

# Anspruchsvoll und leistungsstark – Flugzeugfahrwerke der Boeing 727

Wie angekündigt, reicht die Zeit zur Bearbeitung der Syntheseraufgabe **Boeing 727** nicht aus. 😞  
Als Ersatz steht die **Analyseaufgabe 5** für das Fahrwerk des **AIRBUS A330** zur Verfügung! 😊



**Flugphase**  
(Fahrwerk eingefahren)



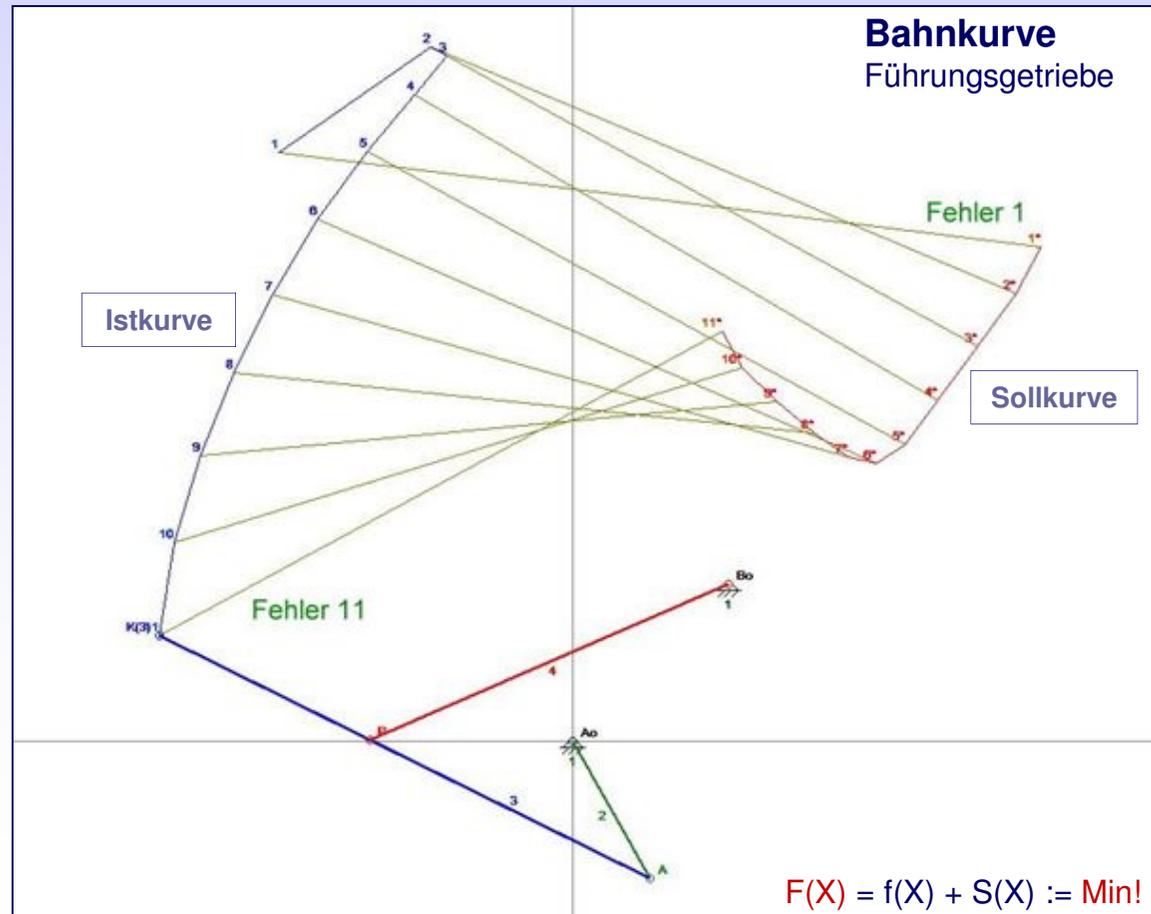
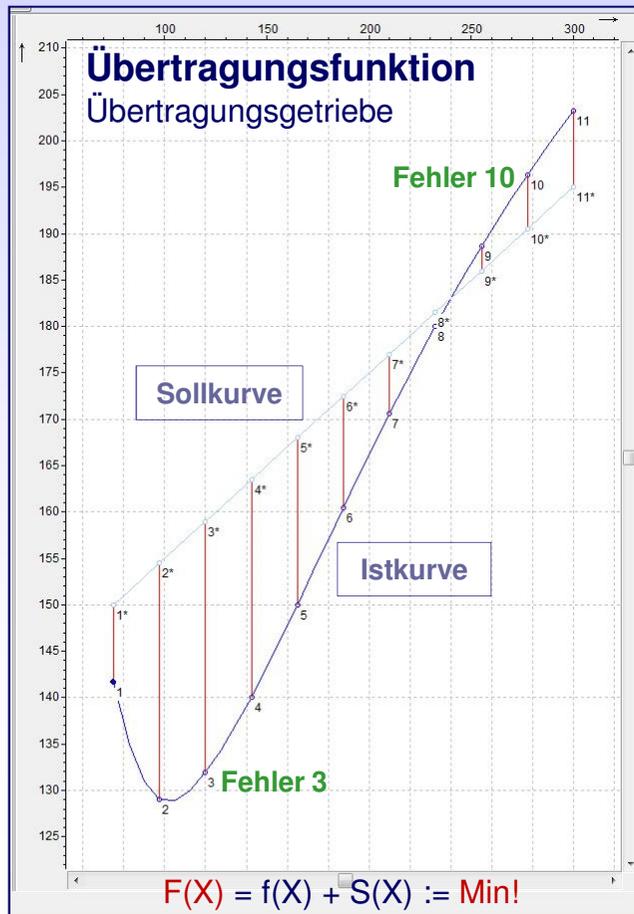
**Landeanflug**  
(Fahrwerk ausgefahren)

# Diese Aufgaben sind überschaubar und nicht weniger interessant.

Paradebeispiele der Getriebetechnik

(1) **Minimierung** der **Abstände** (Fehler) zugeordneter Punkte von Ist- und Sollkurven

Bearbeitung als Standardaufgabe der Nichtlinearen Optimierung



Die Bildung der Zielfunktion  $F(X)$  erfolgt aufgabengebunden und rechnerintern.

# Diese Aufgaben sind überschaubar und nicht weniger interessant.

Paradebeispiel der Antriebstechnik

(2) **Minimierung** des auf die Antriebswelle **reduzierten Massenträgheitsmomentes** eines **Zahnradgetriebes**

**Bearbeitung als Standardaufgabe der Nichtlinearen Optimierung**

Die Bildung der **Zielfunktion F(X)** erfolgt über **Algorithmensysteme**.

**Zahnradgetriebe** mit Gleichung für **F(X\*) := Min!**  $F(X_0) = 30$

$$F(X) = 1/x_1 + x_1 + 1/(x_1 x_2) + x_2/x_1 + i^2/(x_1^2 x_2^2)$$

$$x_1 = i_1^2, x_2 = i_2^2, i = i_1 i_2 i_3 = 10$$

**F(X\*) = 5,44** (Minimal erreichbares Massenträgheitsmoment)

Optimale Übersetzungen:

$$x_1^* = i_1^2 = 3,04 \quad x_2^* = i_2^2 = 4,12$$

**Zahnradgetriebe** mit GLS für **F(X\*) = 0**  $F(X_0) = 1390$

$$\partial F(X)/\partial x_1 = h_1 = -1/x_1^2 + 1 - 1/(x_1^2 x_2) - x_2/x_1^2 - 2i^2/(x_1^3 x_2^2) = 0$$

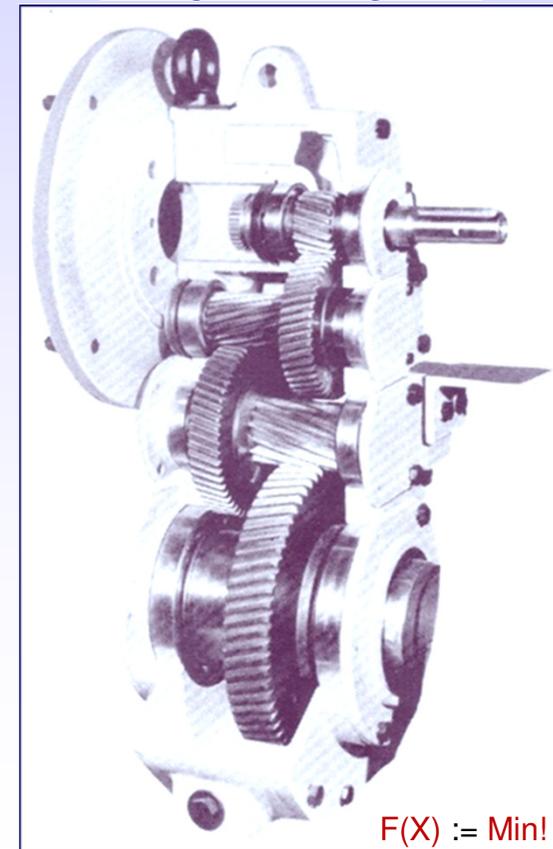
$$\partial F(X)/\partial x_2 = h_2 = -1/(x_1 x_2^2) + 1/x_1 - 2i^2/(x_1^2 x_2^3) = 0$$

$$F(X) = h_1^2 + h_2^2$$

**F(X\*) = 0** (Newton - Kriterium erfüllt.)

$$x_1^* = i_1^2 = 3,04 \quad x_2^* = i_2^2 = 4,12$$

3-stufiges Zahnradgetriebe



**F(X) := Min!**



## Wie funktioniert die Struktureingabe bei APPROX für Windows?



Dazu lassen wir den russischen Wissenschaftler

**L. V. ASSUR**

zu Wort kommen, dessen

**Gliedergruppen – Konzept**

zur Strukturierung der Koppelgetriebe in

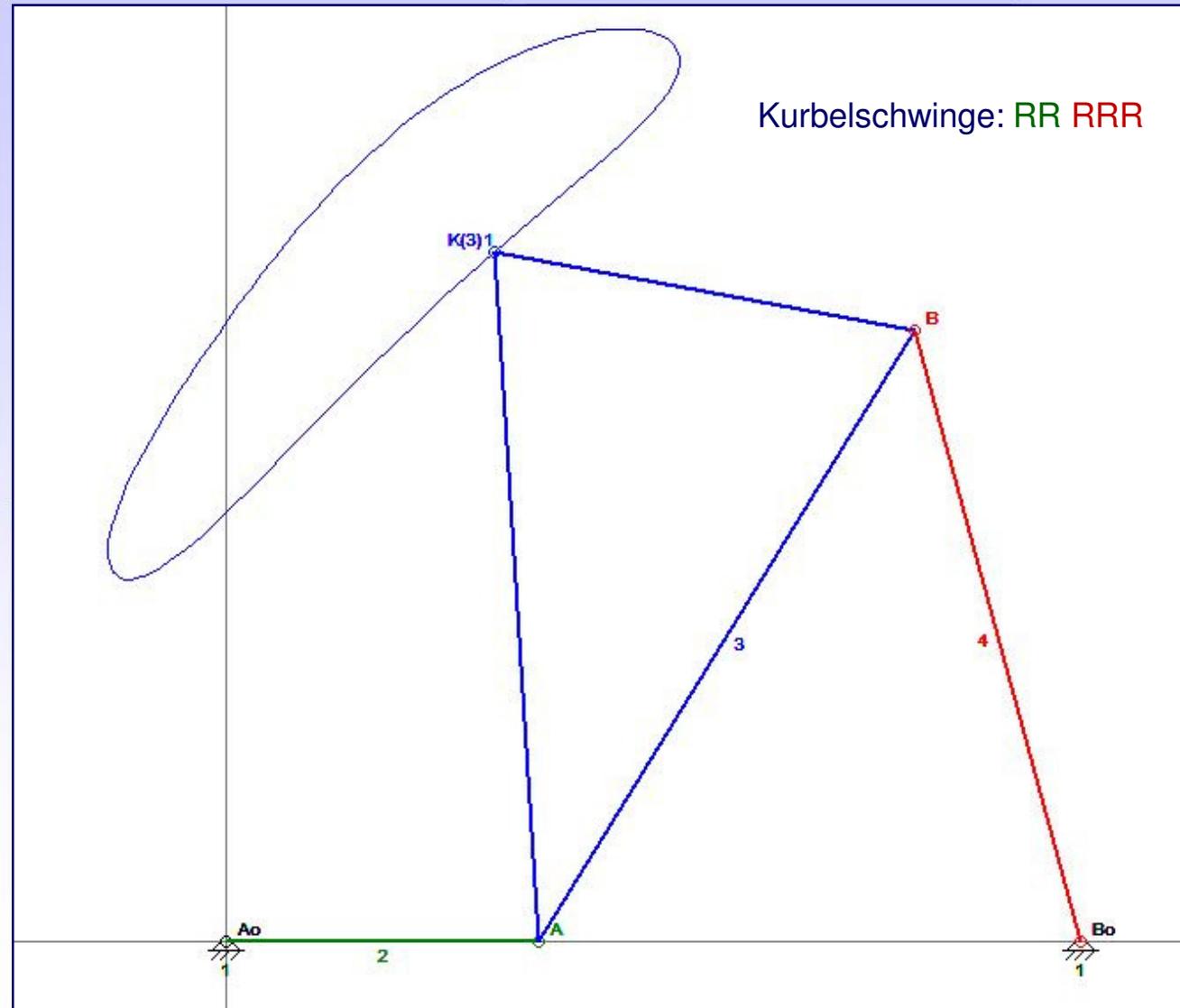
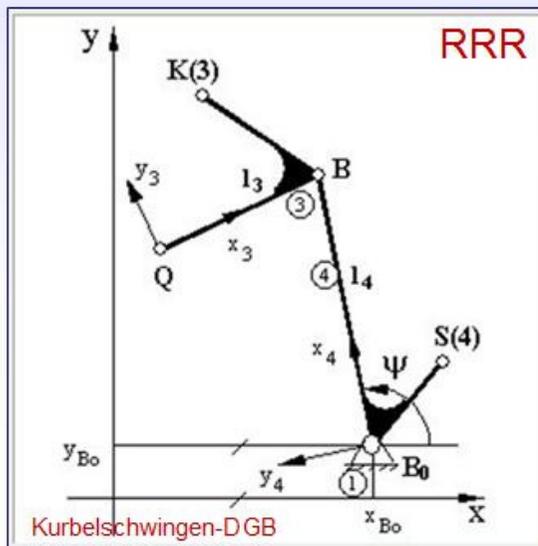
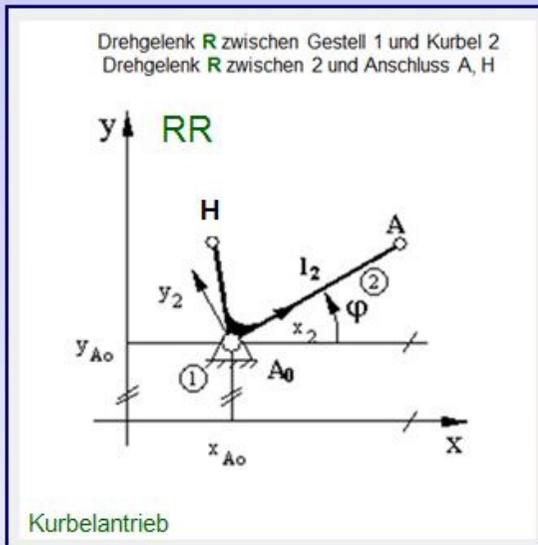
**APPROX für Windows**

herangezogen wurde.

Literatur: **Assur**, Leonid Vladimirovich (1878-1920)  
Untersuchung ebener Mechanismen mit niederen Paaren  
unter dem Gesichtspunkt ihrer Struktur und Klassifikation  
(Übersetzung des russischen Originaltitels)  
Akademie der Wissenschaften der UdSSR, 1952

# Gliedergruppen zur Strukturierung einer Kurbelschwinge

So einfach erfolgt die Eingabe eines Koppelgetriebes.



Abmessungen Antrieb [RR]

Name	Wert	Einheit
$x_{A0}$	0	mm
$y_{A0}$	0	mm
L2	20	mm

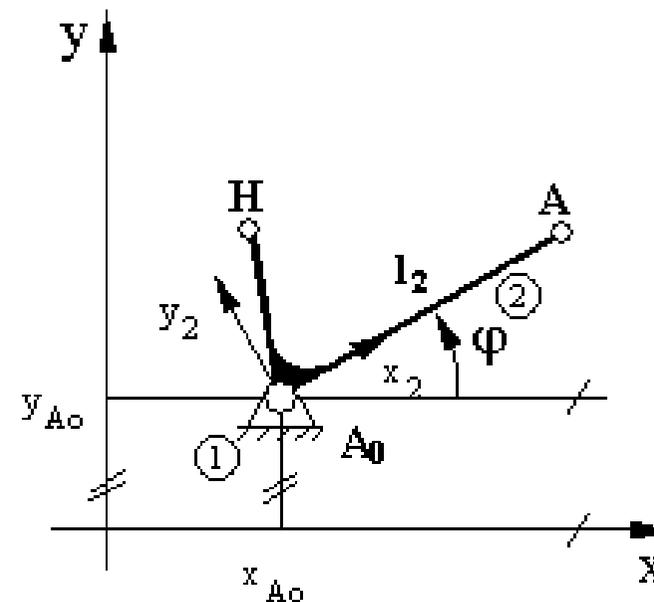
$x_{A0}$  beliebig

OK

Abbruch

<<

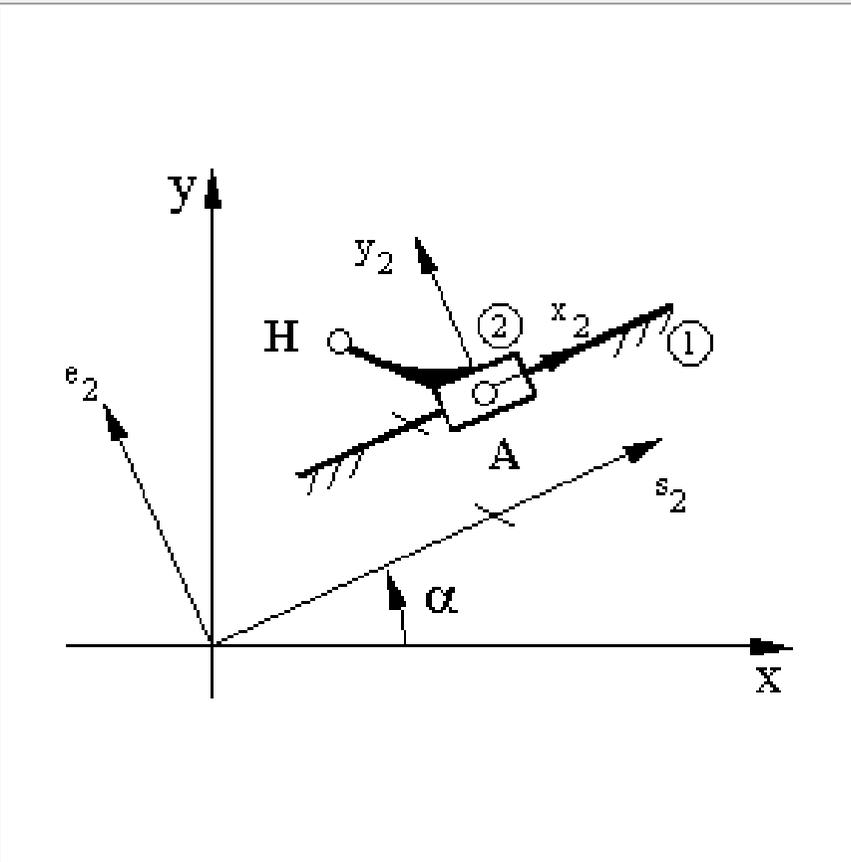
Drehgelenk **R** zwischen Gestell 1 und Kurbel 2  
 Drehgelenk **R** zwischen 2 und Anschluss A, H



Abmessungen Antrieb [PR] X

Name	Wert	Einheit
e2	50	mm
alpha	0	Grad

0 <= alpha < 180

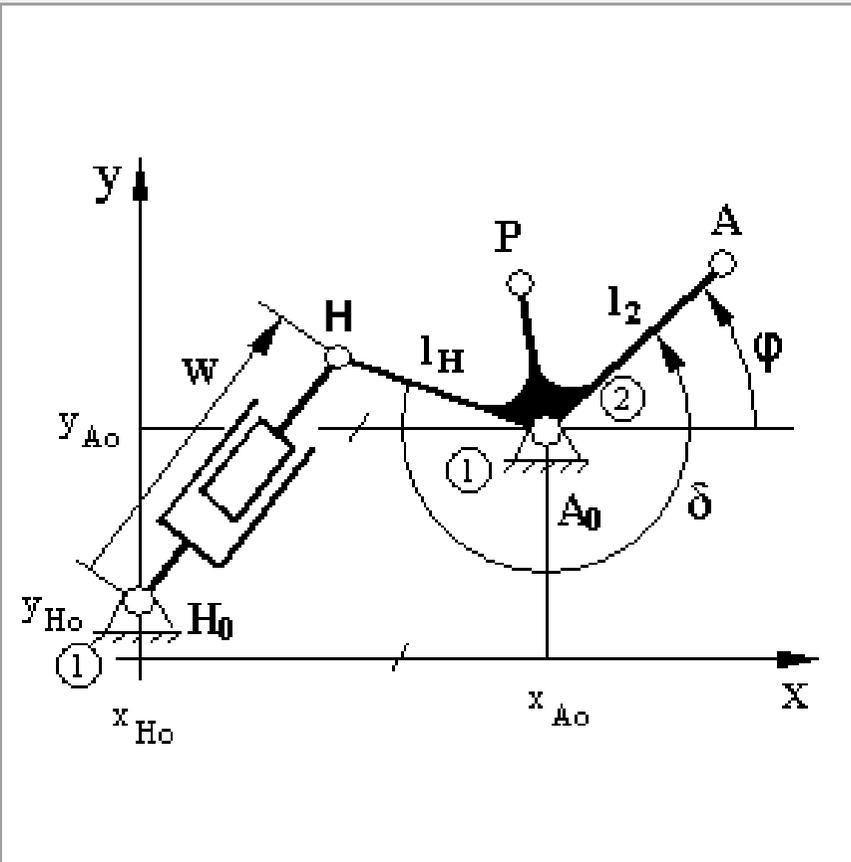


Abmessungen Antrieb [TR] X

Name	Wert	Einheit
$x_{A0}$	0	mm
$y_{A0}$	0	mm
$x_{H0}$	-40	mm
$y_{H0}$	25	mm
L2	73	mm
LH	36	mm
delta	344	Grad
BB	1	

$x_{A0}$  beliebig

OK
Abbruch
<<

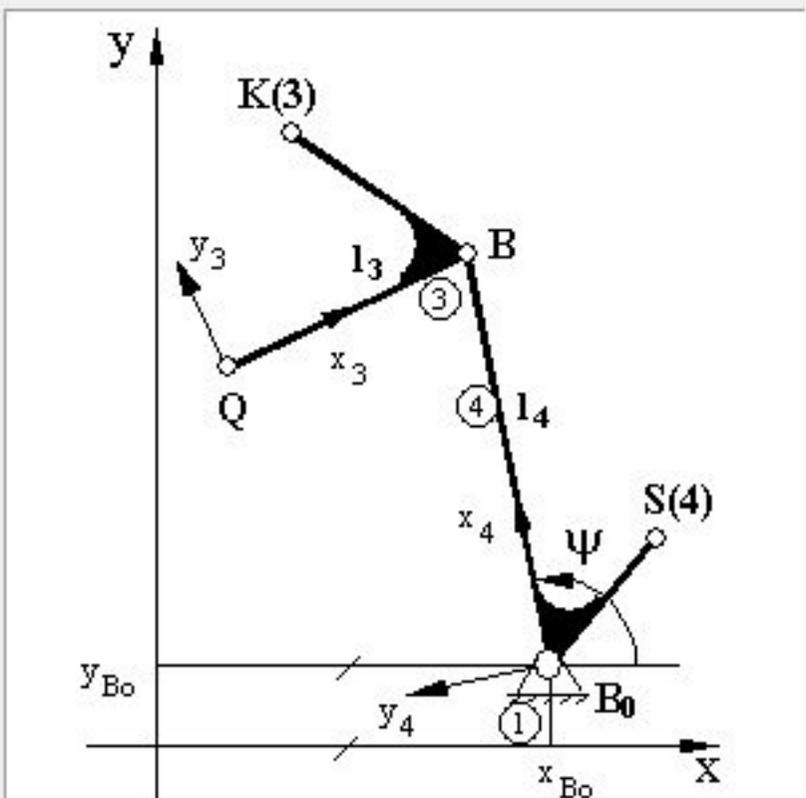


Abmessungen 1. DGB [RRR]

Bezeichnung	Wert	Einheit
$x_{B0}$	90	mm
$y_{B0}$	0	mm
$L_3$	75	mm
$L_4$	55	mm
$BB_1$	1	
$x_{3K}$	35	mm
$y_{3K}$	20	mm
$x_{4S}$	30	mm
$y_{4S}$	20	mm
$\beta_{3K}$	0	Grad

$x_{B0}$  beliebig

OK Abbruch <<



Abmessungen 1. DGB [RRP]

Bezeichnung	Wert	Einheit
L3	50	mm
e4	10	mm
gam4	30	Grad
BB1	1	
x3K	39	mm
y3K	28	mm
x4S	-10	mm
y4S	-15	mm
beta3K	0	Grad
beta4S	0	Grad

L3 > 0

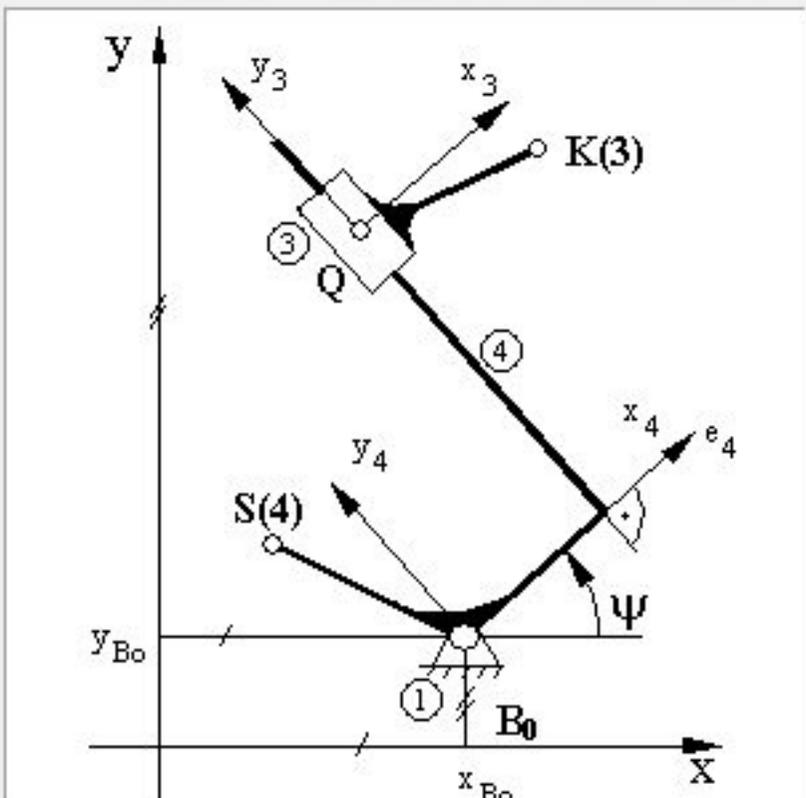
OK Abbruch <<

Abmessungen 1. DGB [RPR]

Bezeichnung	Wert	Einheit
x <sub>B0</sub>	60	mm
y <sub>B0</sub>	0	mm
e <sub>4</sub>	10	mm
BB1	1	
x <sub>3K</sub>	10	mm
y <sub>3K</sub>	15	mm
x <sub>4S</sub>	-10	mm
y <sub>4S</sub>	-15	mm
beta <sub>3K</sub>	0	Grad
beta <sub>4S</sub>	0	Grad

x<sub>B0</sub> beliebig

OK Abbruch <<



Abmessungen 1. DGB [RPP]

Bezeichnung	Wert	Einheit
e4	-10	mm
gam4	90	Grad
x3K	-5	mm
y3K	-10	mm
x4S	2.5	mm
y4S	7.5	mm
beta3K	0	Grad
beta4S	0	Grad

e4 beliebig

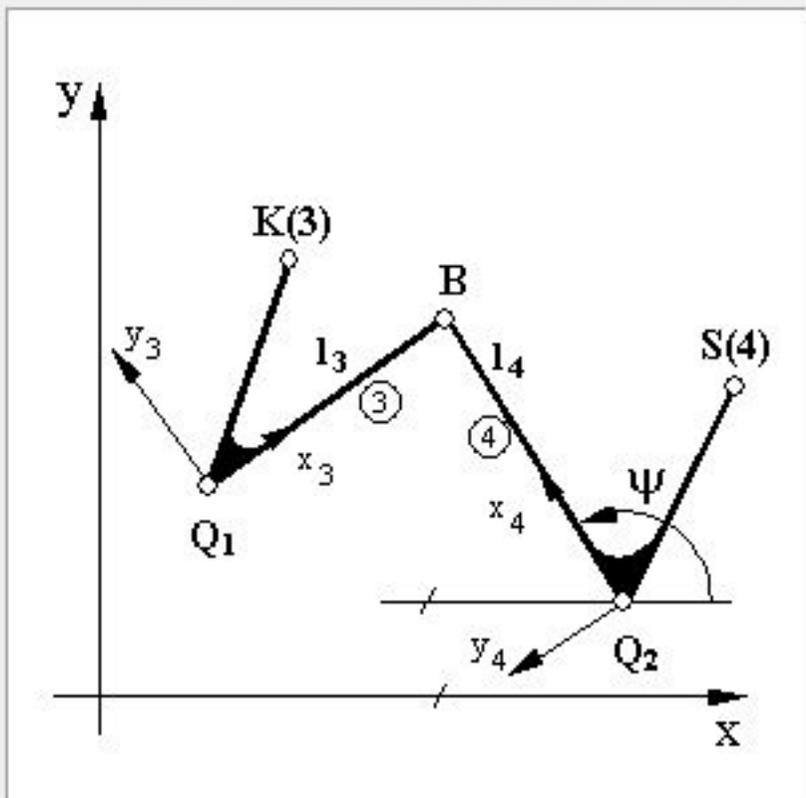
OK Abbruch <<

Abmessungen 1. DGB [ZRRR]
X

Bezeichnung	Wert	Einheit
L3	130	mm
L4	140	mm
BB1	1	
x3K	100	mm
y3K	40	mm
x4S	30	mm
y4S	-50	mm
beta3K	0	Grad
beta4S	0	Grad

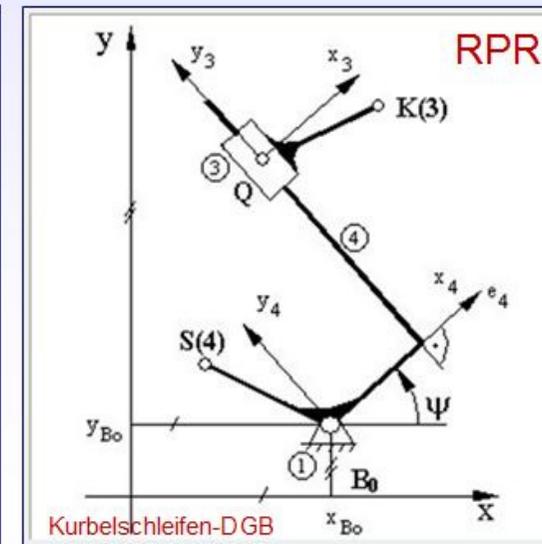
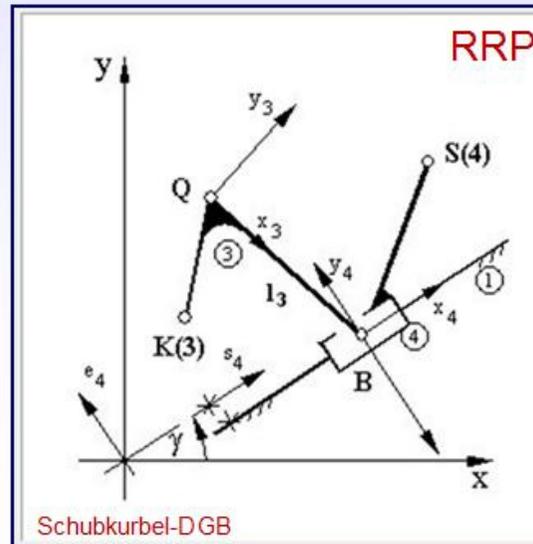
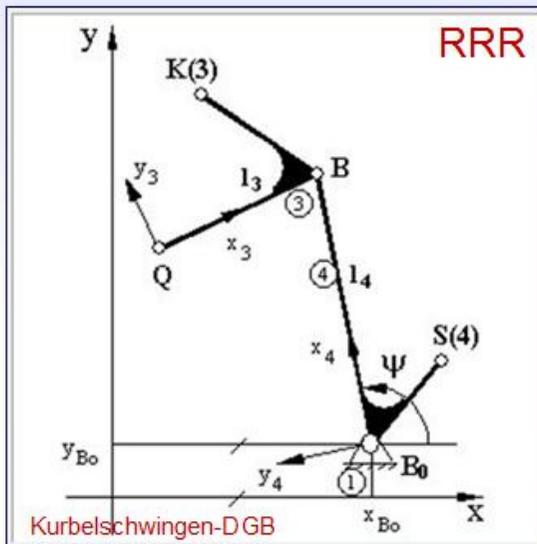
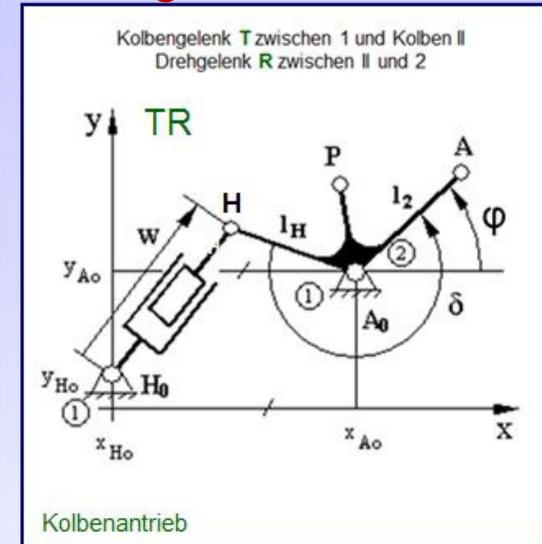
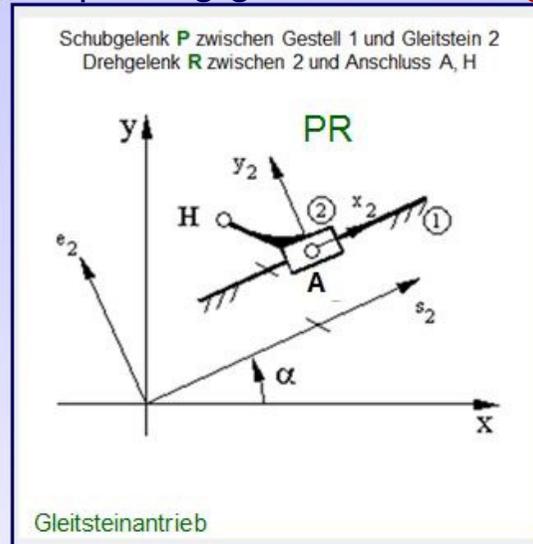
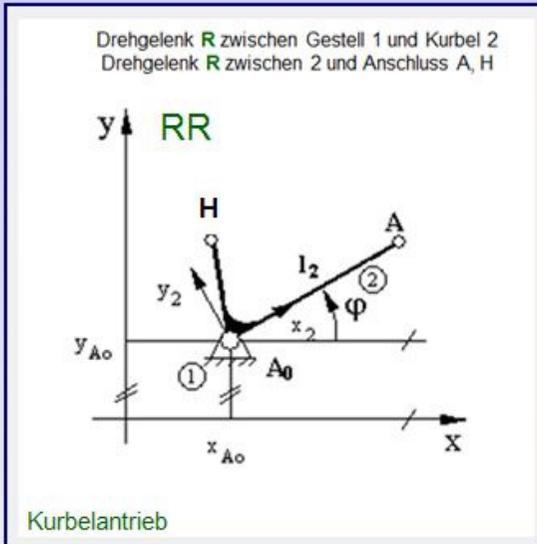
L3 > 0

OK
Abbruch
<<



# Übersicht zur Getriebestrukturierung und Eingabe

## Antriebe und 1-punktig gesteuerte Dreigelenkbögen



# Zur Einstimmung auf die Synthese folgt diese interessante Aussage:

Die Getriebesynthese ist so faszinierend wie ein Flug über Sydney!



APPROX für Windows fliegt immer mit, der Autor bisher erst einmal.

# Aufgabenstellung für AIRBUS A380

Mechanische Ventilsteuerung zur Kabinendruckregulierung,  
entworfen und optimiert mit APPROX für Windows.  
Beitrag zur Sicherheit im Kabinenbereich



Klappenführung, Boeing 767  
Konstruktionsschema

Klappenführung, Boeing 767  
Animation der Steuerung



Boeing 747, Start- und Landeklappen

Flugzeugfahrwerk/ Hauptfahrwerk  
Getriebeschema



AIRBUS A330

P  
r  
a  
k  
t  
i  
k  
u  
m  
s  
a  
u  
f  
g  
a  
b  
e

Analyse 5

# Komfortabel erfolgt nun der Start:

Herausforderung *Getriebeanalyse* und  
Faszination *Getriebesynthese*



Jungfernflug am 27. April 2005, 10:29 Uhr in Toulouse

## Kinematische Analyse

Übertragungsfunktionen,  
Geschwindigkeiten/ Beschleunigungen,  
Bahn- und Koppelkurven,  
Ebenenlagen,  
Momentanpole

## Kinetostatische Analyse

Äußeres Kraftfeld,  
Gleichgewichtskraft am Antrieb

## Getriebesimulation

Getriebschema/ Bauraum

## Anwendungen

Schließsysteme bei Spritzgießmaschinen  
Flugzeugfahrwerke  
Krananlagen  
Pressen  
Ölförderpumpen, u.v.m.

# Herausforderung „Getriebeanalyse“

rechnerunterstützt – syntheseorientiert – leistungsstark

1. und 2. Lehrveranstaltung

Totlagenkonstruktion

Punktlagenreduktion

3-Ebenenlagen, *Synthese*

4-Ebenenlagen, *Animation*

Koppelkurven

Koppelkurven

*höherer Ordnung*

Übersetzungen

*Koppelgetriebe*

Große Amplituden

Pilgerschritte

Rasten hoher Güte

Übersetzungen

*Zahnradgetriebe*

*Solarkollektoren PKW-Verdeckmechanismen Ventilsteuerung A380*

*Flugzeugfahrwerke Start- und Landeklappenführungen*

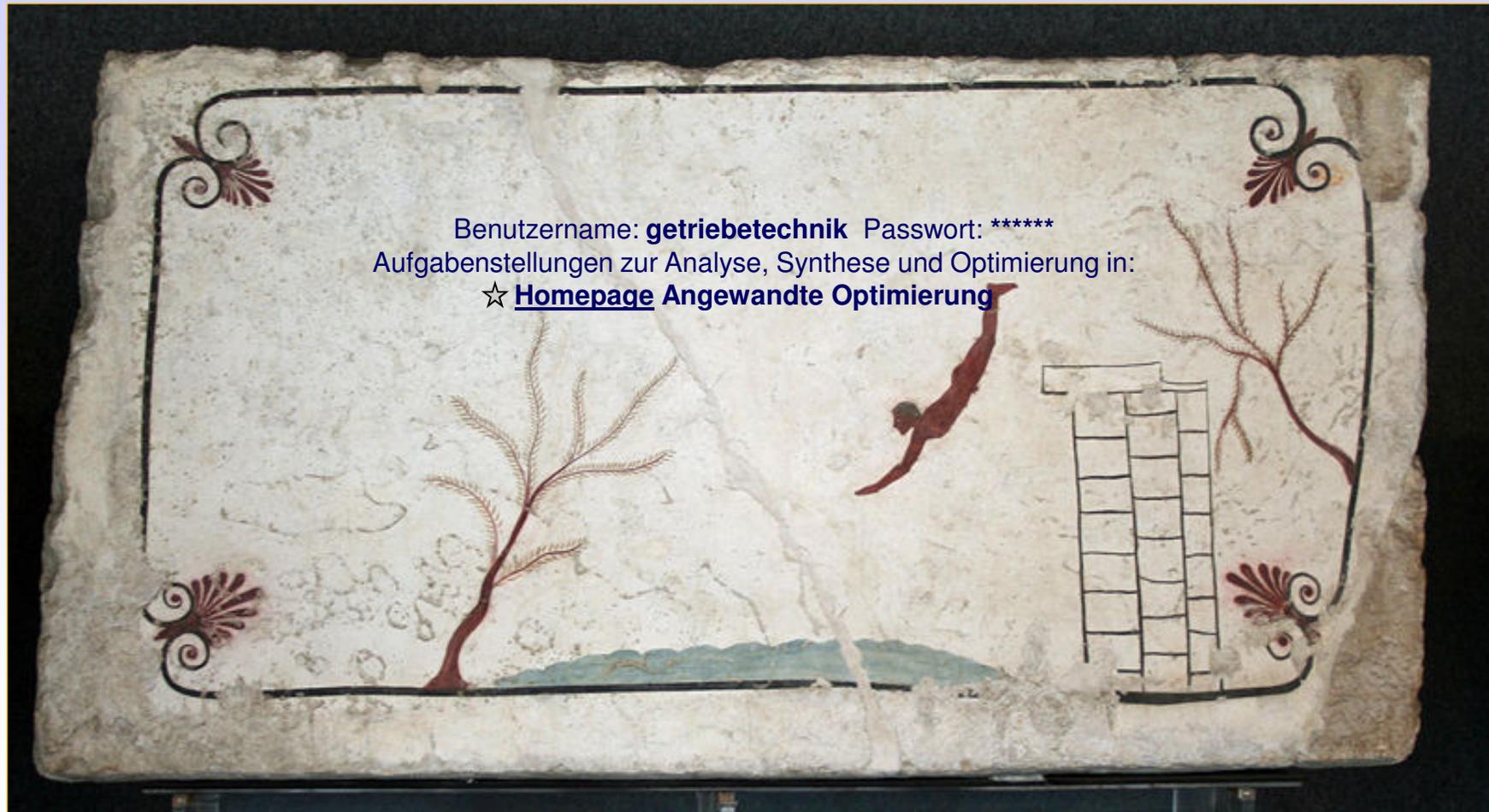
# *Faszination „Getriebesynthese“*

*rechnerunterstützt – optimal – praxisorientiert*

**3. und 4. Lehrveranstaltung**



Erwartet werden die **Getriebeanalyse**, **Synthese** und **Optimierung**.



## Informationen zur Bearbeitung der Analyseaufgaben

Eingabe von Koppelgetrieben  
Einführungsbeispiele **E1** und **E2** sowie  
Analyseaufgaben **A2** bis **A5**

**E1**: 6-gliedriges Koppelgetriebe, 1-punktig gesteuerte DGB

**E2**: 6-gliedriges Koppelgetriebe, 1- und 2-punktig gesteuerte DGB

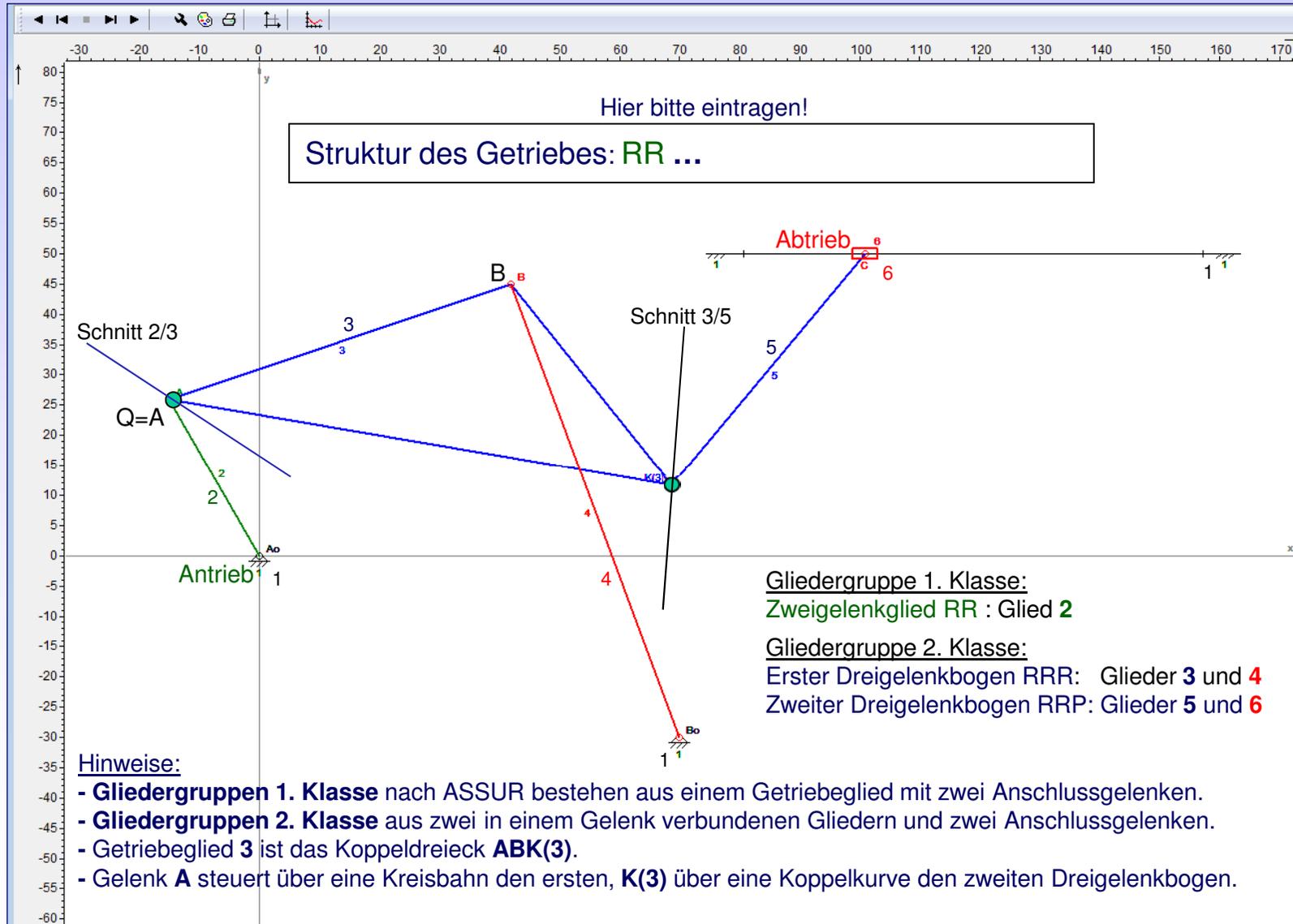
**A2**: Rastgetriebe nach Stephenson mit schwingendem Abtrieb

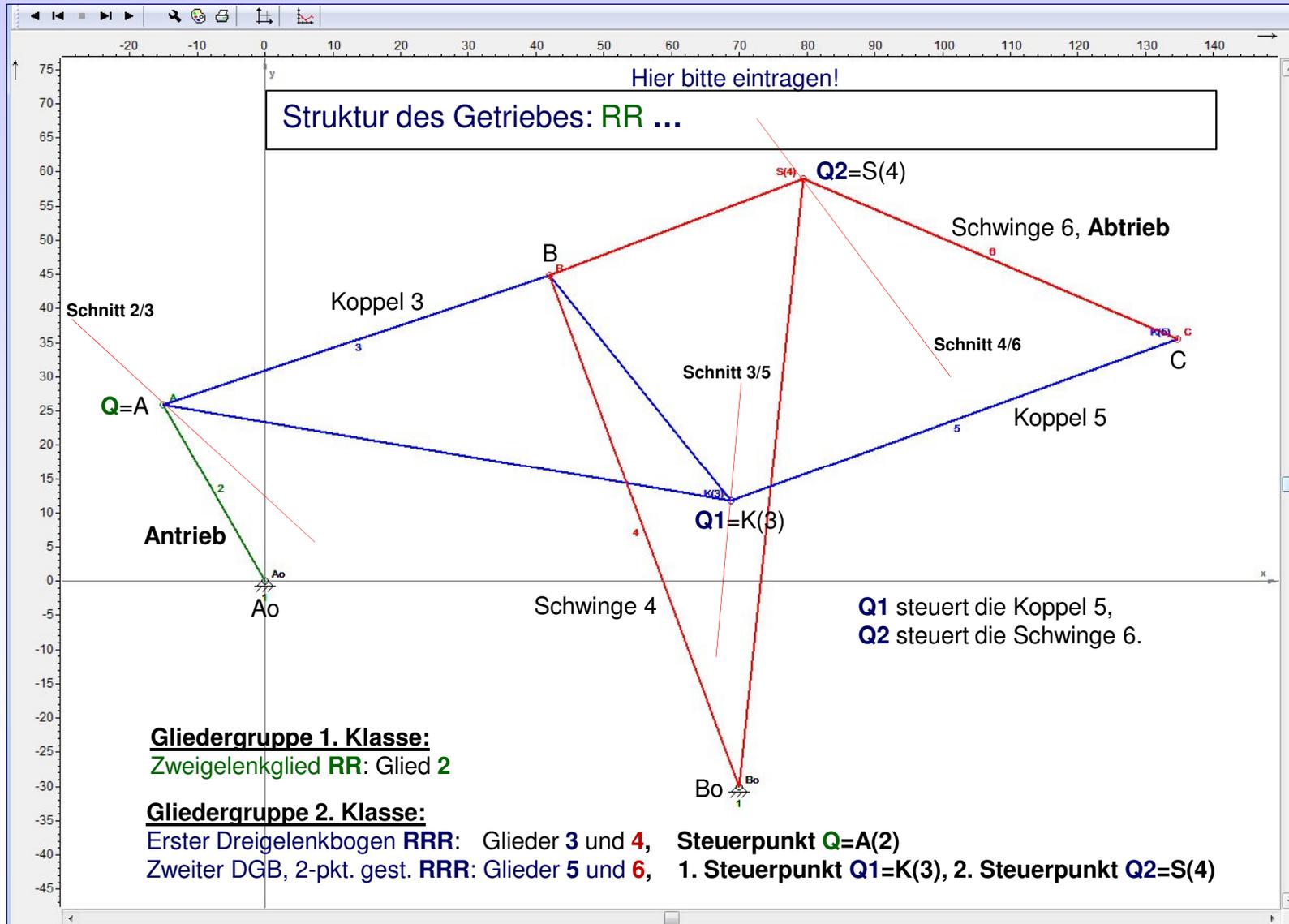
**A3**: Koppelgetriebe mit Abtrieb über ein Kurbelschleifenelement

**A4**: Klappenführungsgetriebe für Boeing 767

**A5**: Fahrwerksteuerung für AIRBUS A330

In der Homepage [Angewandte<sup>☆</sup> Optimierung](#) sind die erforderlichen Dateien enthalten.





**EINGABEN für EINFÜHRUNGSBEISPIEL 1****ABMESSUNGEN**

&gt; Abmessungen des ersten Antriebes:

x-Koord. A0	0 mm
y-Koord. A0	0 mm
Kurbellänge L2	30 mm

&gt; Abmessungen des 1. Dreigelenkbogens:

x-Koord. B0	70 mm
y-Koord. B0	-30 mm
Länge L3	60 mm
Länge L4	80 mm
x-Koord. K(3)	75 mm
y-Koord. K(3)	-40 mm

**Bew.-Bereich**

&gt; Abmessungen des 2. Dreigelenkbogens:

Exzentr. e	50 mm
Winkel gamma	0 Grad
Länge L5	50 mm

**Bew.-Bereich****ANTRIEBSPARAMETER**

&gt; Globale Parameter:

Antriebssteuerung = diskret  
 Getriebebestellungen = 1

&gt; Steuerparameter des ersten Antriebes:

GST	$\varphi$ in Grad	$\omega$ in rad/s	$\alpha$ in rad/s <sup>2</sup>
1	120	1	0

**EINGABEN für EINFÜHRUNGSBEISPIEL 2****ABMESSUNGEN**

&gt; Abmessungen des ersten Antriebes:

x-Koord. A0	0 mm
y-Koord. A0	0 mm
Kurbellänge L2	30 mm

&gt; Abmessungen des 1. Dreigelenkbogens:

x-Koord. B0	70 mm
y-Koord. B0	-30 mm
Länge L3	60 mm
Länge L4	80 mm
x-Koord. K(3)	75 mm
y-Koord. K(3)	-40 mm
x-Koord. S(4)	80 mm
y-Koord. S(4)	-40 mm

**Bew.-Bereich**

&gt; Abmessungen des 2. Dreigelenkbogens:

Länge L5	70 mm
Länge L6	60 mm

**Bew.-Bereich****ANTRIEBSPARAMETER**

&gt; Globale Parameter:

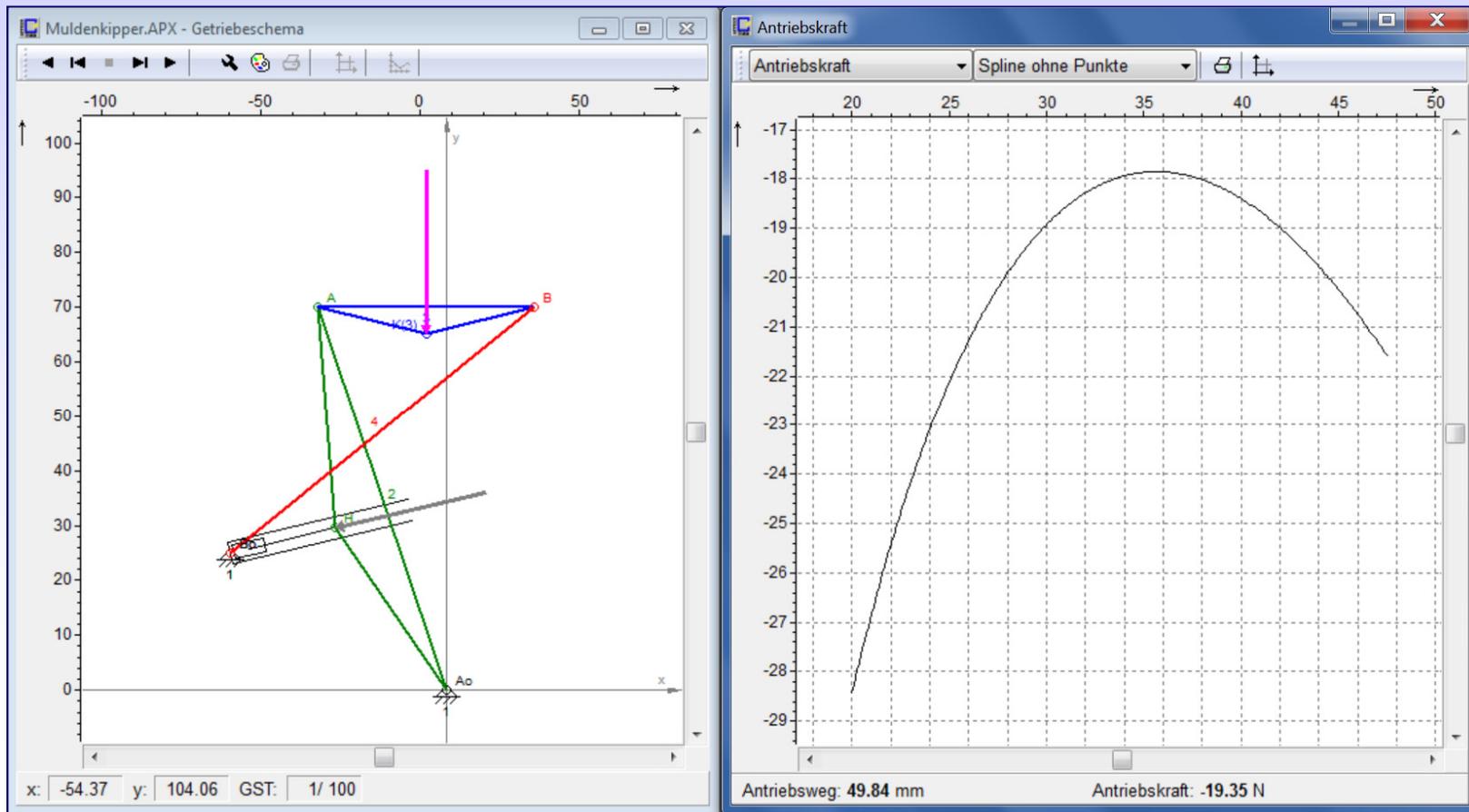
Antriebssteuerung = diskret  
 Getriebebestellungen = 1

&gt; Steuerparameter des ersten Antriebes:

GST	$\varphi$ in Grad	$\omega$ in rad/s	$\alpha$ in rad/s <sup>2</sup>
1	120	1	0

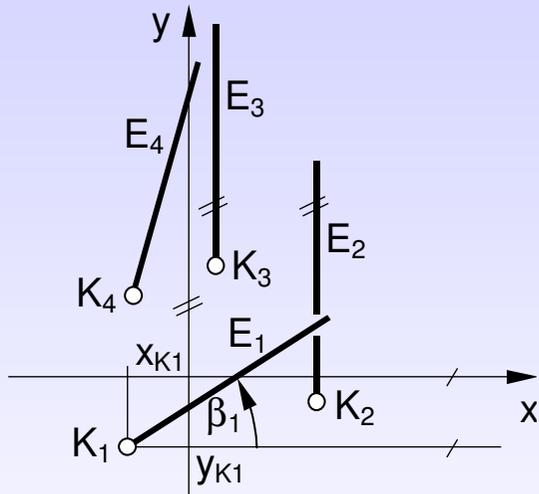
## Analyse eines Muldenkippers

Äußeres Kraftfeld, Antriebskraft, Kraftverlauf, ...

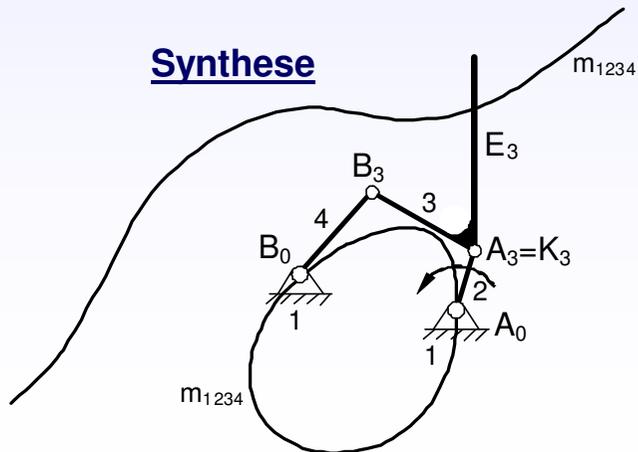


## (1) Ebenenlagen

Analyse, optimierte Version

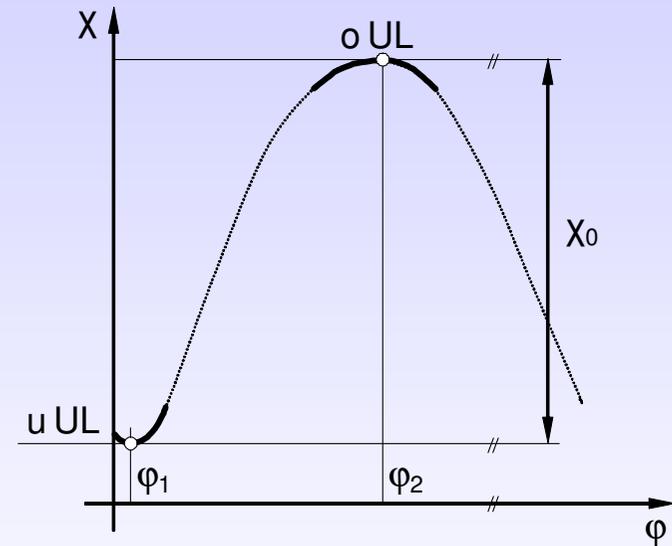


Synthese

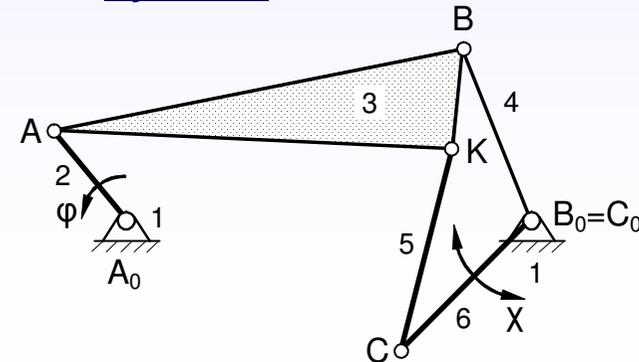


## (2) Umkehrlagen

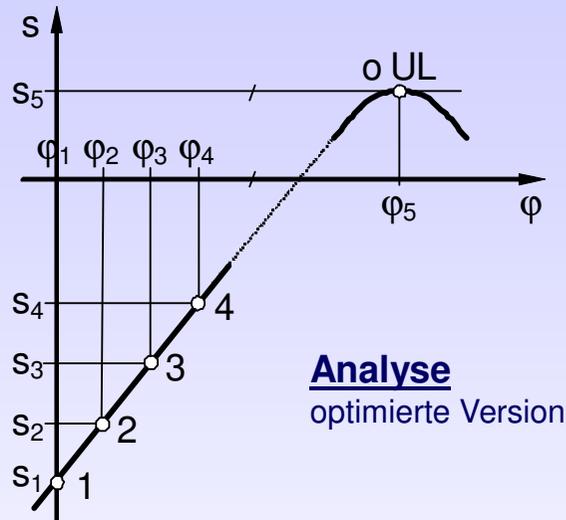
Analyse, optimierte Version



Synthese

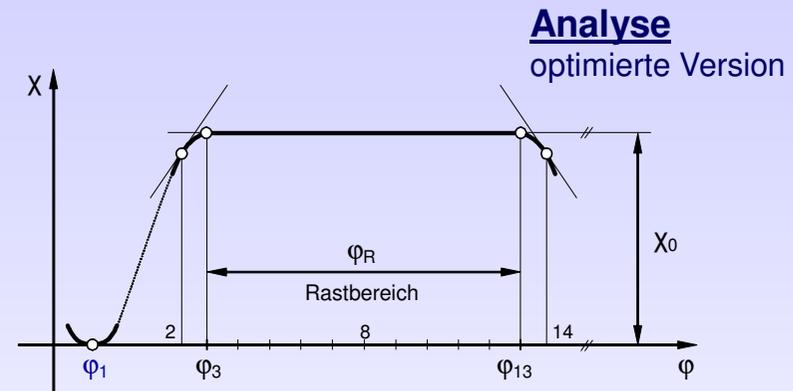


### (3) Stationäre v–Verlauf

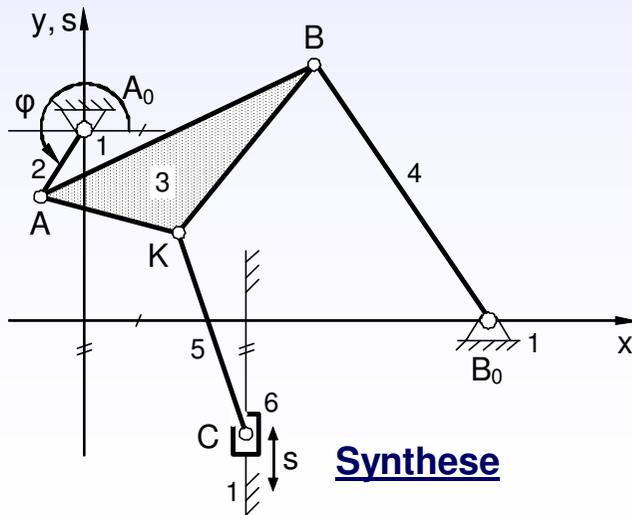


Analyse  
optimierte Version

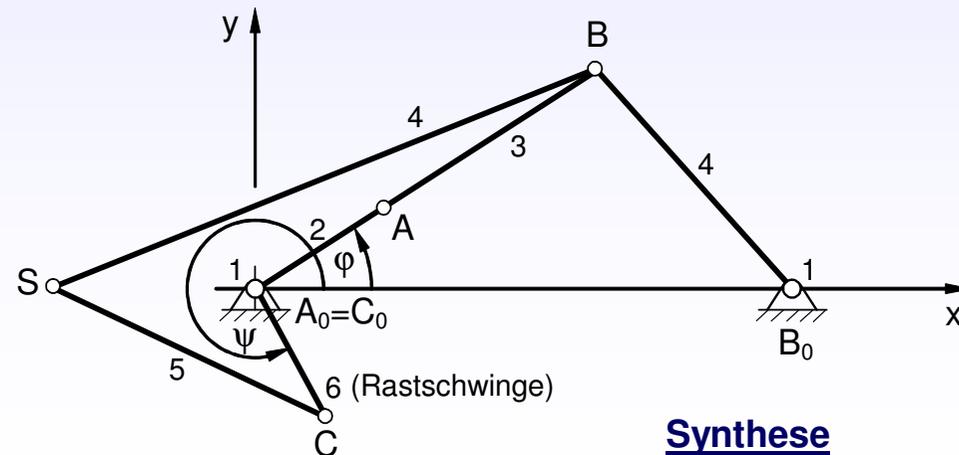
### (4) Rastbereich mit hoher Güte



Analyse  
optimierte Version



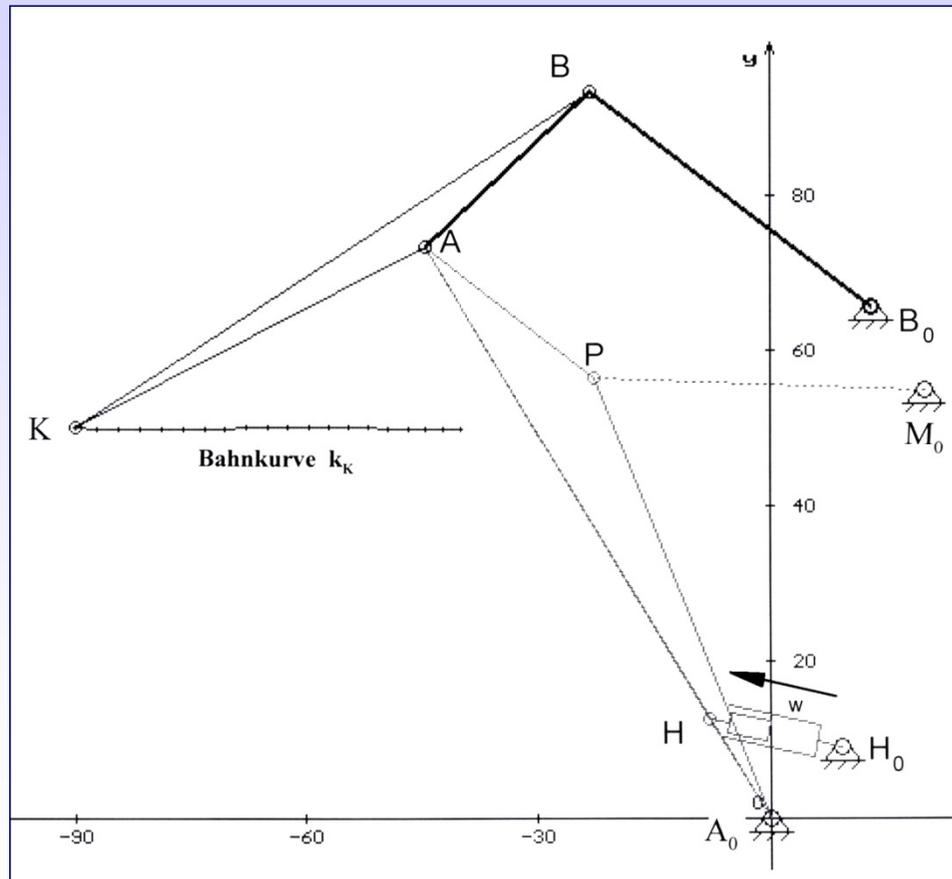
Synthese



Synthese

## (1) Doppellenker-Wippkran

Punktlagen-Führungsgetriebe



**Analyse** der praxiswirksamen Version

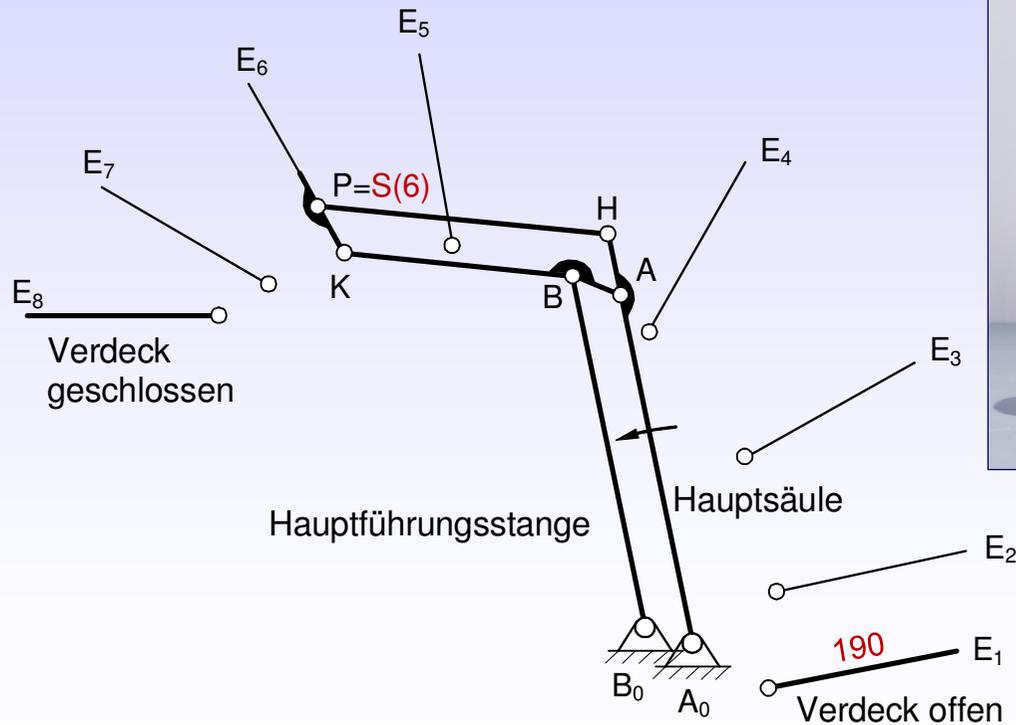


**Auftraggeber**  
MAN TAKRAF Fördertechnik  
GmbH Leipzig

## (2) PKW-Verdeckmechanismus

Ebenenlagen-Führungsgetriebe

Mercedes-Benz



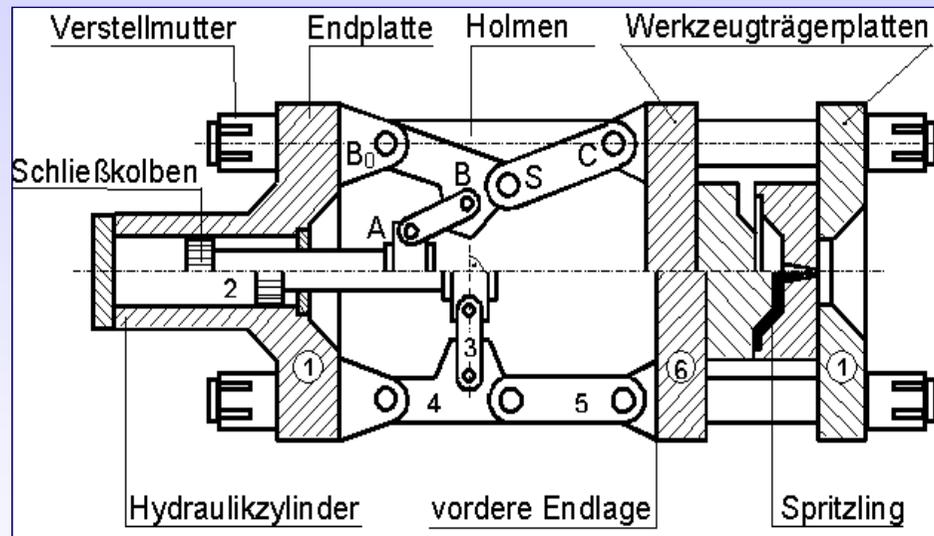
Verdeckmechanismus mit Stoffdach

Analyse der praxiswirksamen Version  
RWTH Aachen

## (3) Schließeinheit

Doppelkniehebelmechanismus für Spritzgießmaschinen

Praxiswirksames Version

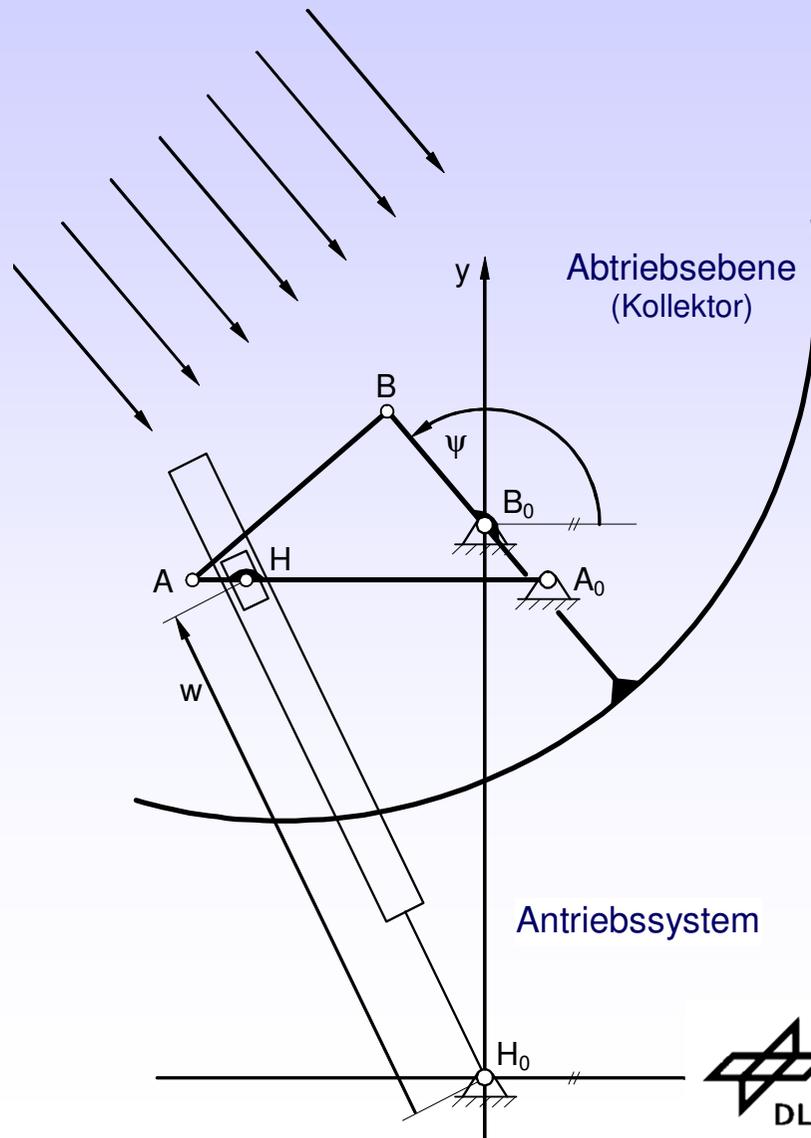


Spritzgießmaschine mit Schließeinheit  
100 bis 4000 kN

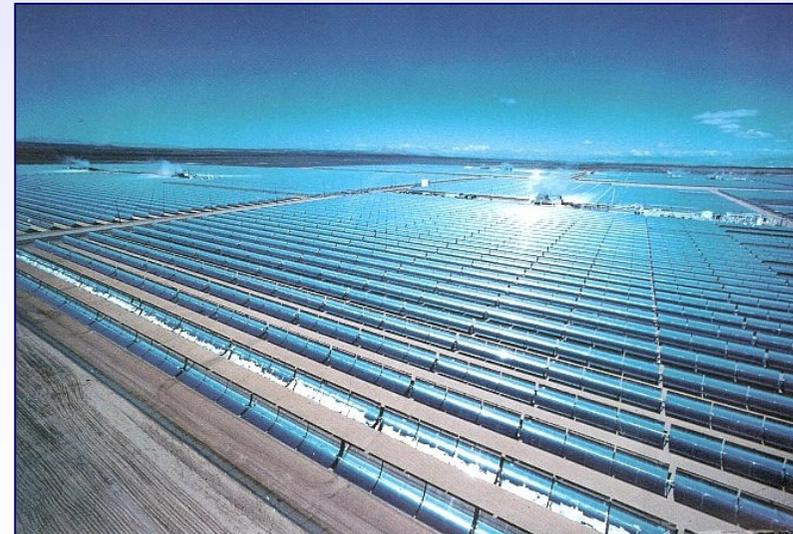


**Auftraggeber**  
Sächsische Kunststofftechnik GmbH Freital

## (4) Antriebseinheit für Solarkollektoren

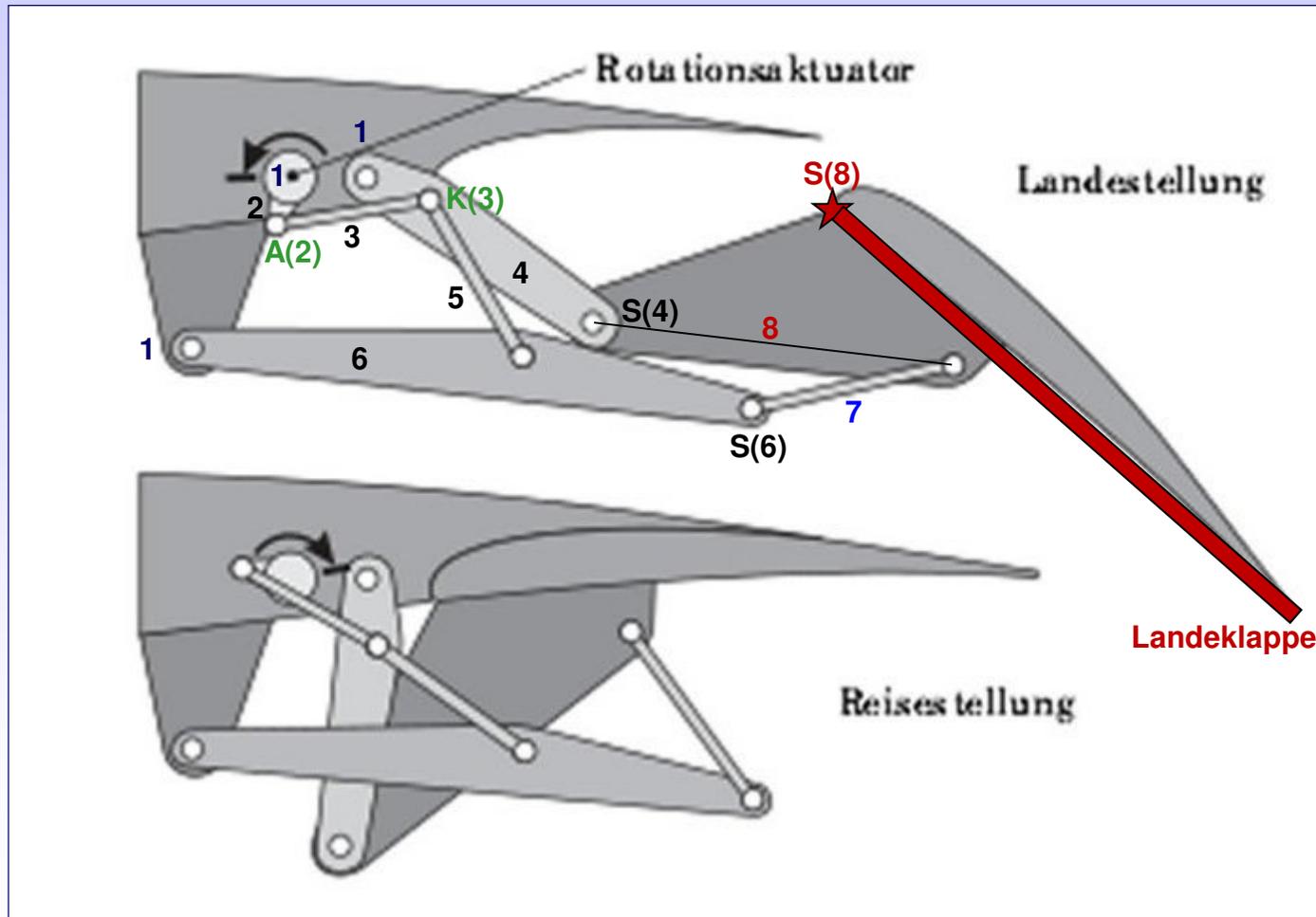


Texas/ USA



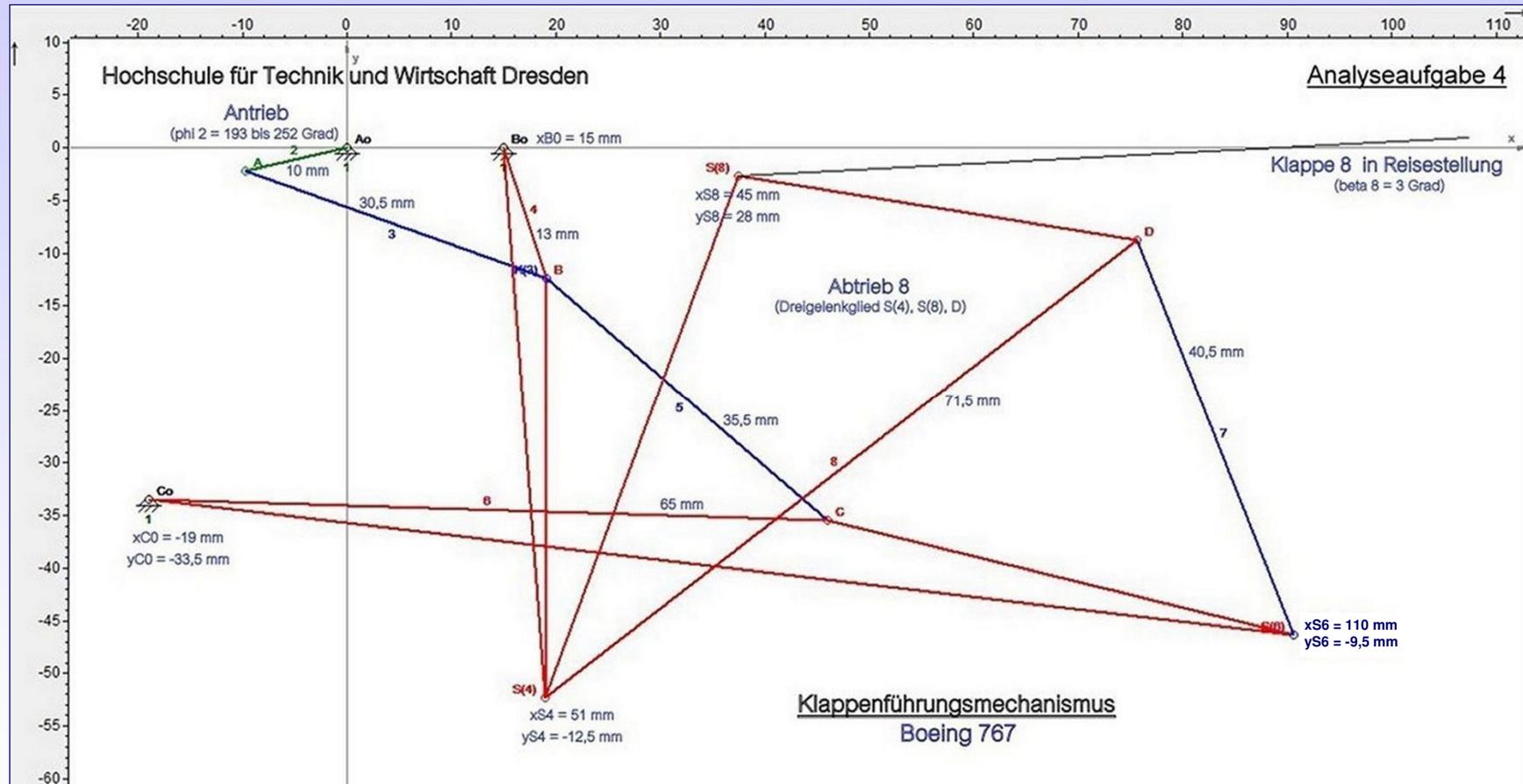
**Auftraggeber**  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

## Zu (5) Konstruktionschema: Lande-, Reisestellung



Klappenführungsmechanismus einer Boeing 767  
Analyseaufgabe 4

## Zu (5): Getriebeschema mit Antriebsgrößen und Abmessungen



Klappenführungsmechanismus Boeing 767

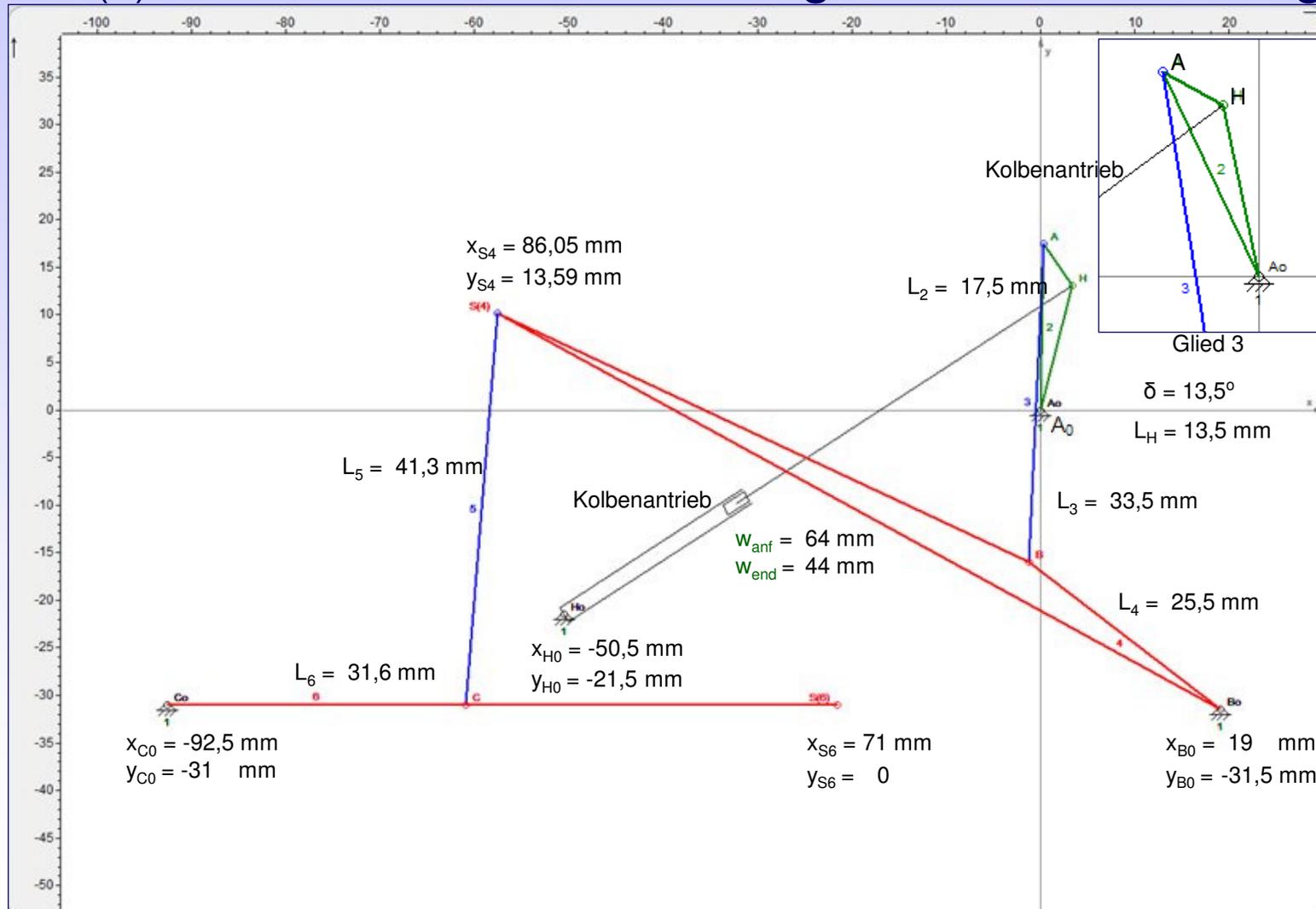
Analyseaufgabe 4

**(6) Hauptfahrwerk für AIRBUS A330**



**Praxisvariante zur Fahrwerksteuerung**  
**Analyseaufgabe 5**

## ... zu (6): Getriebeschema mit Antriebsgrößen und Abmessungen



# Aufgabenstellungen für das Praktikum Getriebeanalyse

## **Aufgabe 1**, Vorführbeispiel

Kurbelschwinge mit Koppelpunkt für zwei Bewegungsbereiche  
Kinematische Analyse

## **Aufgabe 2**, Standard

**Rastgetriebe nach Stephenson mit schwingendem Abtrieb**  
Kinematische und kinetostatische Analyse

## **Aufgabe 3**, Standard

**Koppelgetriebe mit drehendem An- und schwingendem Abtrieb  
sowie Schubkurbel- und Kurbelschleifenelementen**  
Momentanpole, Übersetzung, Drehschubstrecke, Gleichgewichtskraft

## **Aufgabe 4**, optional

**Klappenführungsgetriebe mit schwingendem Antrieb  
und 2-punktig gesteuertem Dreigelenkbogen**

Ebenenlagenführung für Start-/ Landeklappen **Boeing 767**

## **Aufgabe 5**, optional

**Fahrwerksteuerung mit Kolbenantrieb  
und schwingendem Abtrieb**

Abtriebsbewegung bis zur Kniehebelstellung **AIRBUS A330**

## Datei-Bezeichnungen bei APPROX für Windows

... gilt als Empfehlung!

### APPROX

.....\_AG.apx: Ausgangsgetriebe

.....\_SV.apx: Startversion für den Optimierungsprozess

.....\_OP1.apx: Lokales Optimum 1

.....\_OP2.apx: Lokales Optimum 2, usw.

.....\_OP.apx: Globales Optimum

.....\_LV.apx: Praktische Laufversion für globales Optimum

### OPTIMA

.....opw: Datei mit Isoflächen

.....ogr: Isoflächen-Grafik-Viewer

**Ende der Präsentation:**

**Getriebeanalyse und Beispiele  
zum  
Rechnerunterstützten Praktikum**