

1 Einführung in das SAM - Programm

In diesem Kapitel wird anhand des Beispiels GL-3.3-1 die Vorgehensweise einer Bewegungsanalyse des Viergelenkgetriebes erläutert.

1.1 Start, erste Schritte und Voreinstellungen in SAM


1.1.1 SAM-Start

"Start / Programme / CAE Institut / Berechnung / Getriebe / SAM"



Symbol für SAM

1.1.2 Neues Dokument

Ein neues Dokument mit *"Datei / Neu"* öffnen
(oder auf Datei Symbol  klicken).

Es erscheint folgendes Fenster:

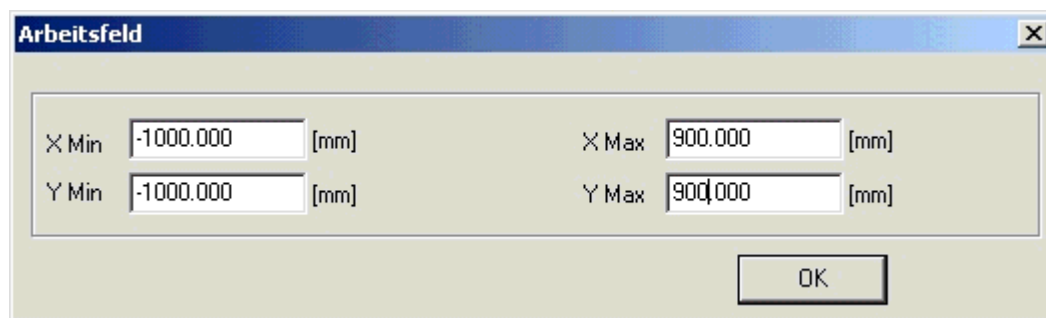



Abbildung 1: Arbeitsfelddefinition

Hier wird die Möglichkeit gegeben, die Arbeitsfeldgröße festzulegen. Durch anklicken des OK Buttons werden die Werte übernommen.

Hinweis: Achten Sie in diesem Schritt darauf, dass die Werte in diesem Feld den Getriebeabmessungen angepasst sind. Das heißt, für kleinere Getriebe sollen diese Werte dementsprechend auch kleiner gewählt werden. Ein überdimensioniertes Arbeitsfeld führt später zu Darstellungsproblemen.

1.1.3 Dokument speichern

”Datei / Speichern” oder auf Symbol Speichern  klicken.

Es ist wichtig, eine neue Datei schon ganz am Anfang zu speichern. Nur in diesem Fall wird die Analyse und Getriebe simulation möglich. Eine Systemmitteilung in Form von ”RUN TIME EROR” bedeutet, dass die Datei noch nicht gespeichert wurde und führt zum Systemabsturz.

1.1.4 Anpassen der Bildschirmanzeige

Im Menü ”Wiedergabe / Options” kann die Bildschirmanzeige geändert werden. Die gleiche Funktion wird durch drücken auf F10 ermöglicht.

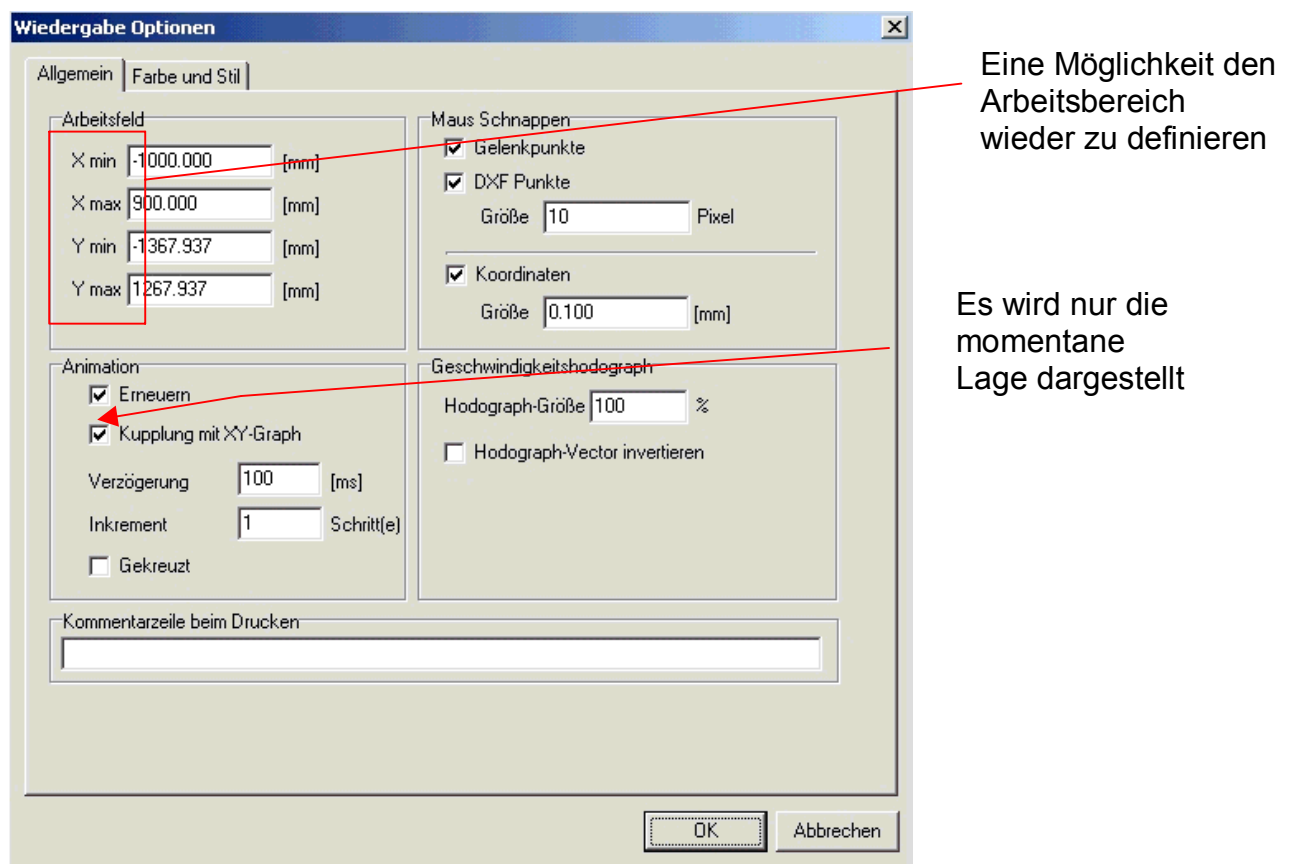


Abbildung 2: Optionen

Unter ”Farbe und Stil” werden die Einstellungen für die graphische Darstellung festgelegt. Jedem Zeichnungselement kann man eine Farbe und einen Darstellungsstil zuordnen.

Zu besserer Übersicht gibt es die Möglichkeit das Bildschirmraster zu aktivieren.

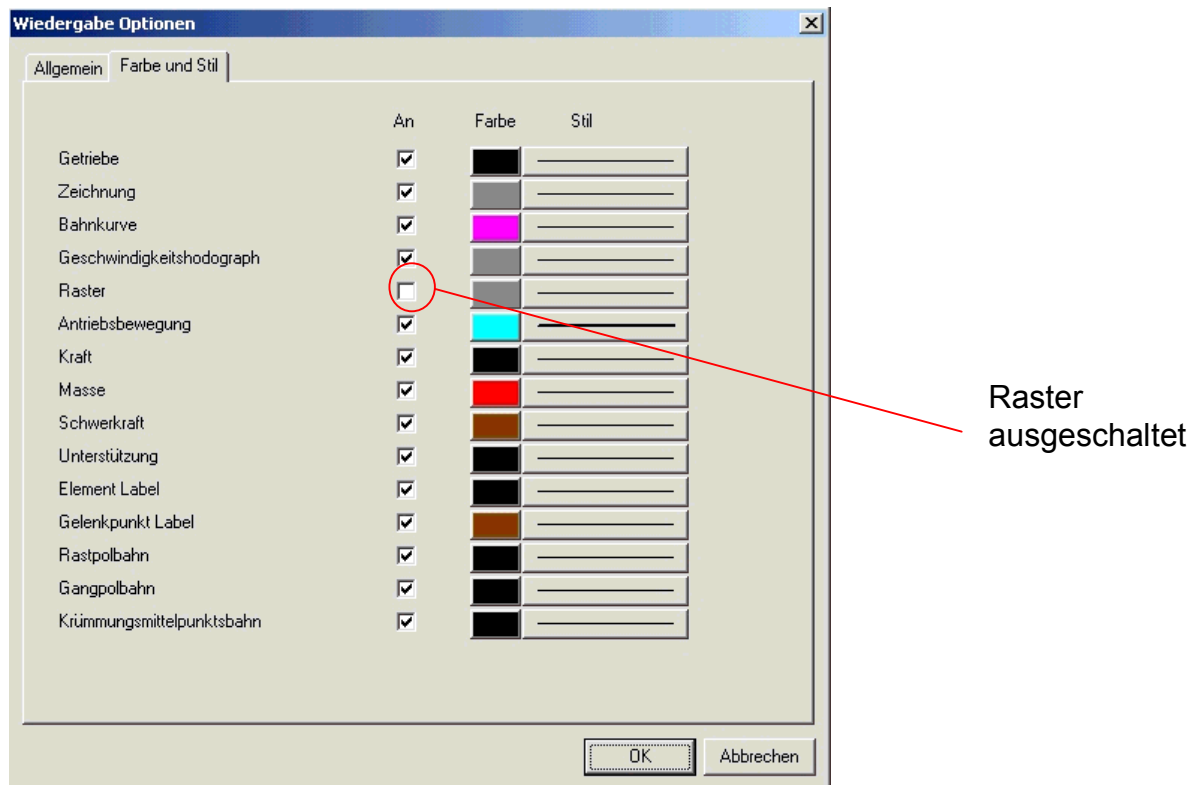


Abbildung 3: Farbe und Stil

Nach der Aktivierung vom Raster sieht der Bildschirm folgendermaßen aus:

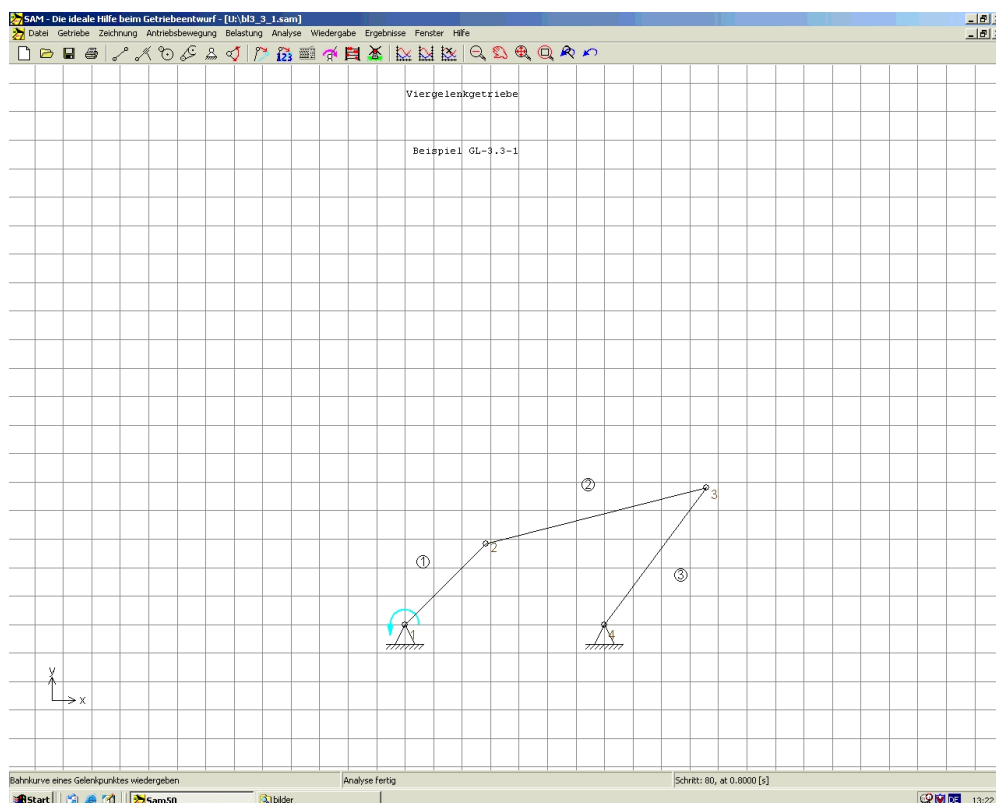


Abbildung 4: Raster

1.1.5 Festlegung von Einstellungen

Unter *"Datei / Einstellungen"* werden verschiedene Einstellungen in SAM festgelegt.

Im Dialogfenster unter *"Zahlendarstellung / Einheiten"* kann der Benutzer die gewünschte Zahlendarstellungsart einstellen. Es kann zwischen:

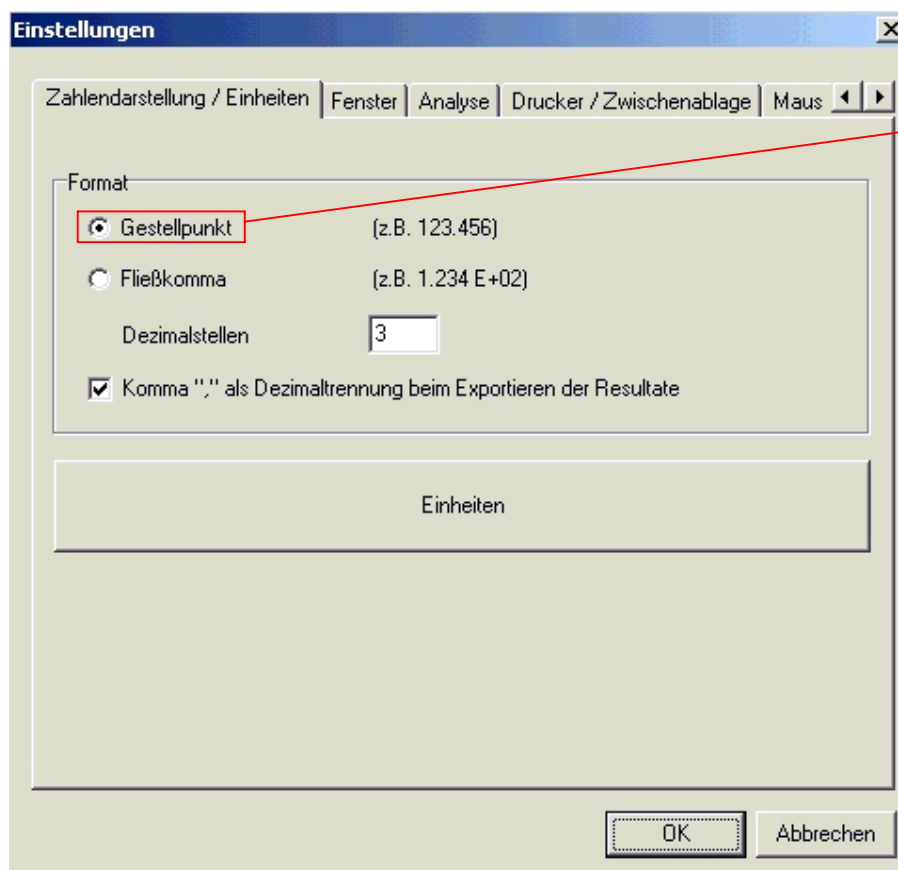
- Festkommadarstellung und
- Fließkommadarstellung

gewählt werden.

Unter Dezimalstellen wird die gewünschte Anzahl an Dezimalen manuell angegeben.

Beim exportieren von Ergebnissen kann später im Dialogfenster *"Ergebnisse / Export"* eine separate Einstellung vorgenommen werden, die nur die exportierten Daten beeinflusst.

Die eingestellte Dezimalenanzahl betrifft nur die Darstellung von Zahlen. Programmintern werden alle Zahlen mit der Genauigkeit des Fließkommaprozessors gespeichert. Es werden also immer alle eingegebenen Dezimalen bewahrt, unabhängig von der beschränkten Dezimaldarstellung.



Ungünstig formuliert
Festkomma wäre besser

Abbildung 5: Zahlendarstellung

Der Benutzer kann zwischen verschiedenen Einheiten-Systemen wählen.
(SI, Englisch...)

Kontrollieren Sie immer, ob Maßeinheiten mit Einheiten unseres Beispiels übereinstimmen (z.B. mm für Position, mm/s für Geschwindigkeit usw.).

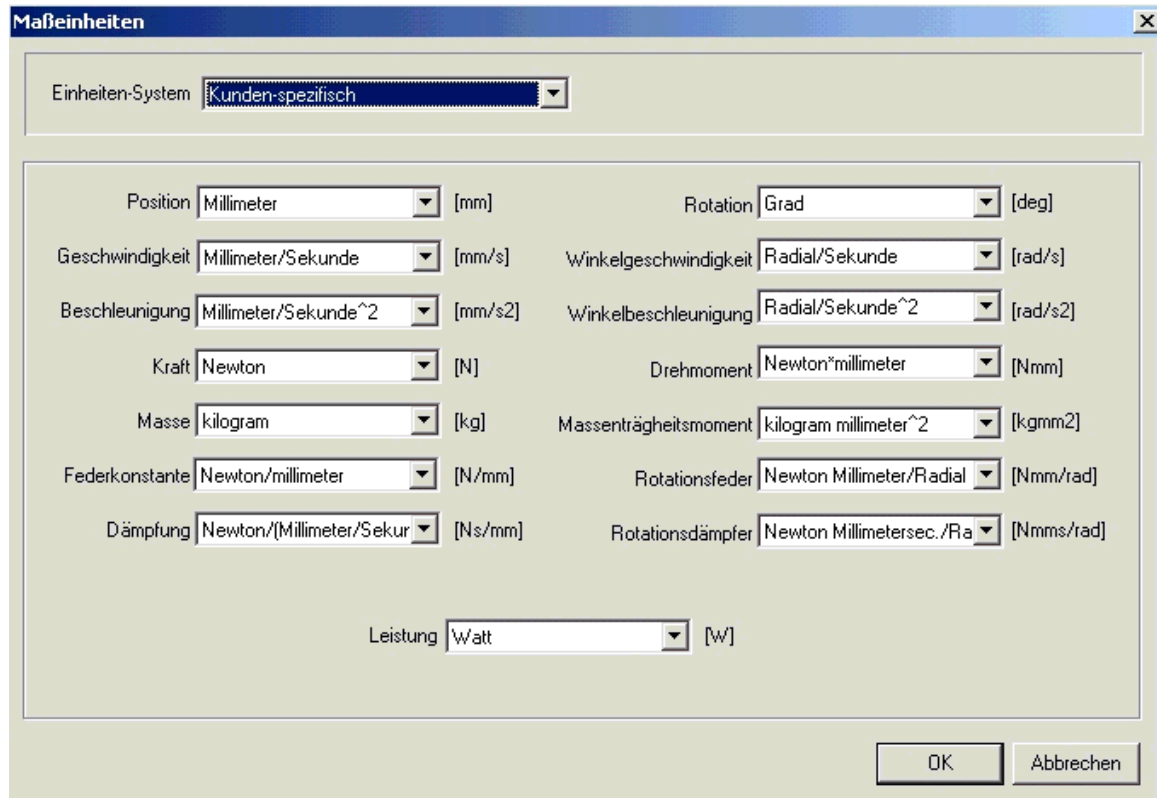


Abbildung 6: Einheiten-Einstellungen

Im Fenster Analyse deaktivieren Sie bei erstem Analysestart *"Autoanalyse"*. Falls die Autoanalyse aktiviert ist, werden später die einzelnen Komponenten im Analysefenster ausgeblendet.

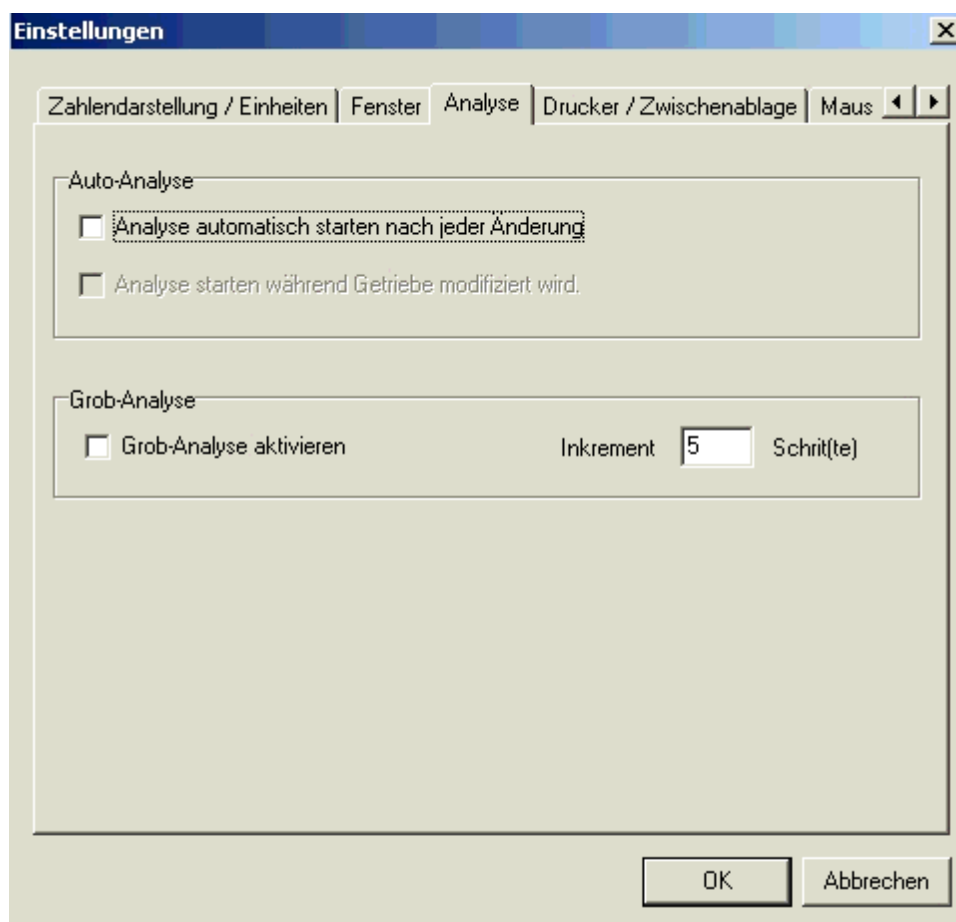


Abbildung 7: Einstellungen / Analyse

Weitere wichtige Einstellungen in SAM:

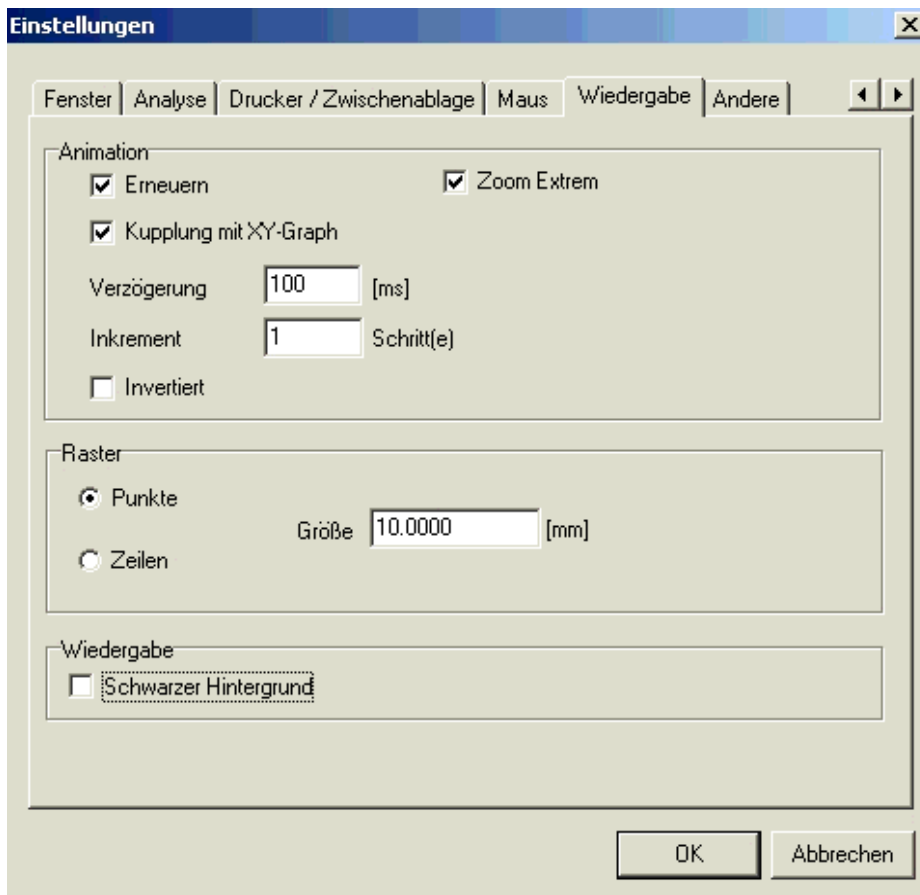


Abbildung 8: Einstellungen / Wiedergabe

In diesem Fenster wird die Größe des Rasters festgelegt.

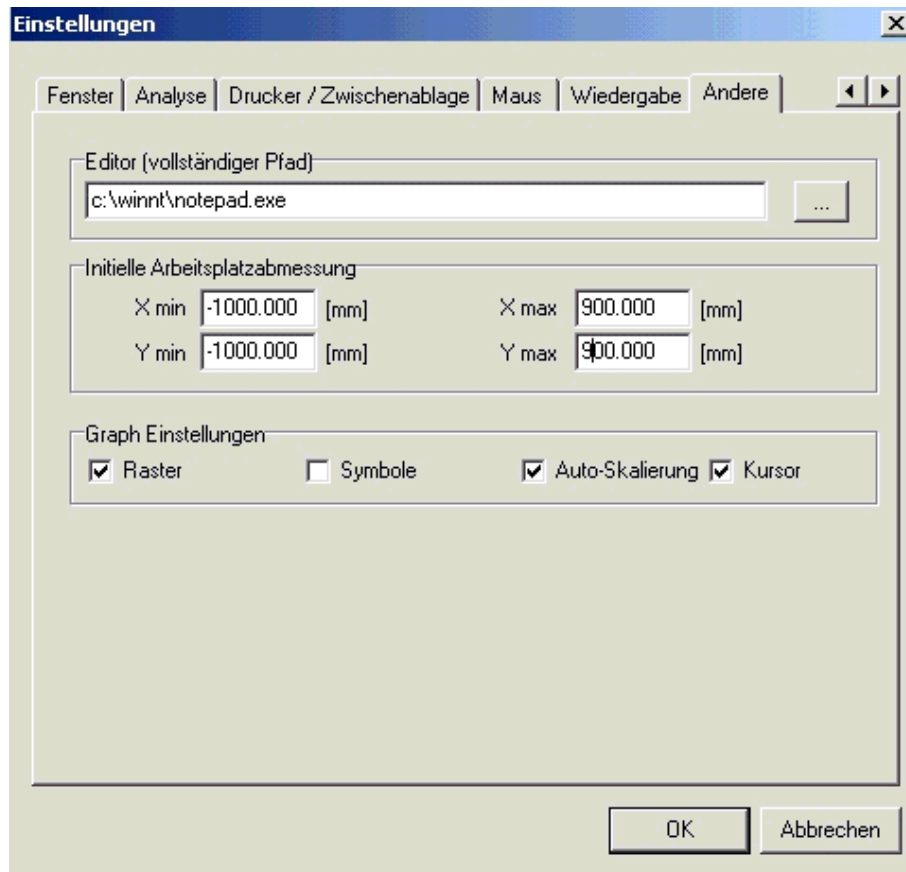


Abbildung 9: Einstellungen / Arbeitsfeldgröße

Die Feldgröße, die man hier einstellt, erscheint am Anfang beim Öffnen eines neuen Dokuments.

Während die Maus bewegt wird, werden die jeweiligen Koordinaten am unteren Rand des Bildschirms angezeigt.

Der Bildschirm sieht nun folgendermaßen aus:

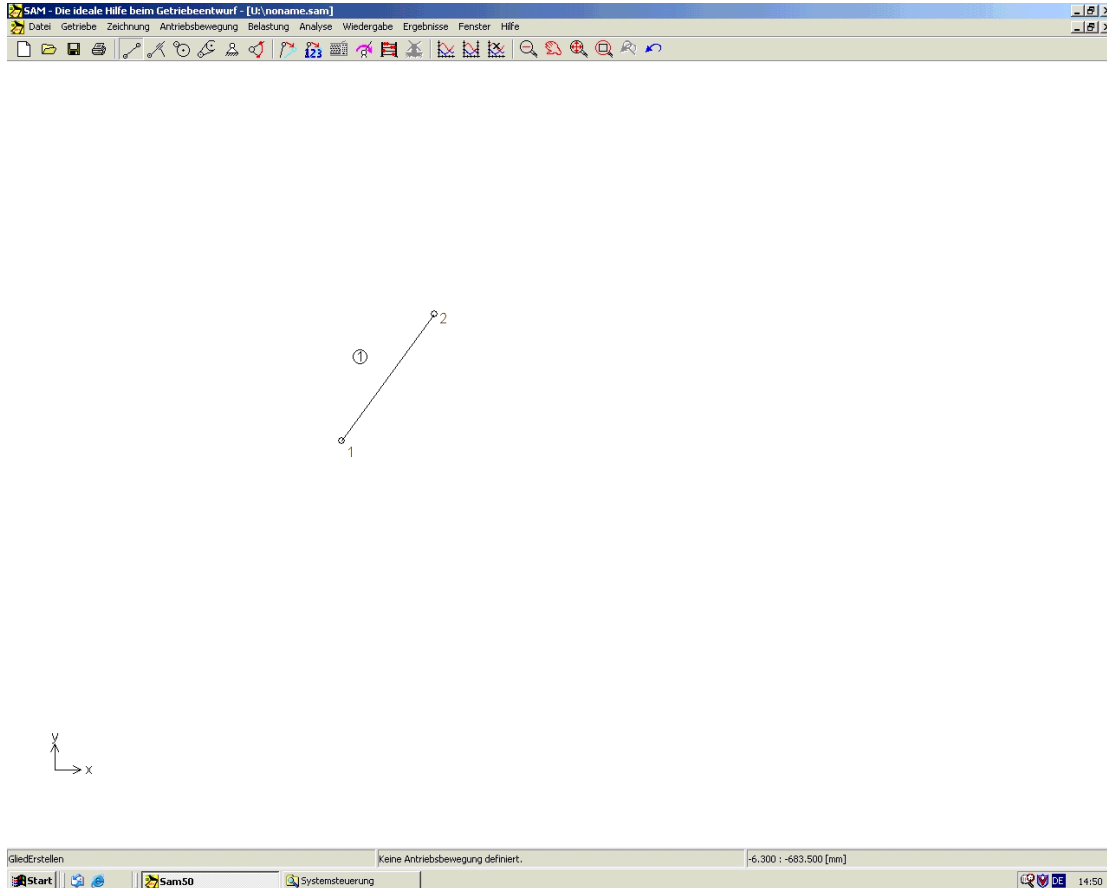


Abbildung 11: Gliederstellung

Das zweite Glied wird nach derselben Vorgehensweise wie das erste erstellt, mit dem Unterschied, dass eines der Gelenke des neuen Gliedes mit einem Gelenk des ersten Gliedes zusammenfallen muss, um eine Verbindung herzustellen.

Wenn die Maus in die Nähe eines bereits existierenden Gelenks gebracht wird, zeigt die Form des Cursors, dass das neue Gelenk mit Hilfe des Fangmodus mit diesem bereits existierenden Gelenk verbunden wird.

Nach dem gleichem Schema werden alle anderen Glieder des Getriebes auf die SAM-Oberfläche gebracht.


Wenn ein Glied falsch erstellt wurde, besteht die Möglichkeit dieses wieder zu löschen. Um ein Glied zu löschen wird die Funktion im Menü *"Getriebe / Element löschen"* aufgerufen.

Die Gliedlängen können im Eigenschaftsfenster abgelesen werden, welches man durch Doppelklick auf das Glied öffnet. Hier können auch die Element- und Gelenknummern nachgelesen, sowie die Trägheitseigenschaften des Gliedes definiert werden.

Trägheitseigenschaften sind:

- Masse
- Schwerpunkt und
- Trägheitsmoment

1.2.2 Gestellkonstruktion

Um ein Gestell zu konstruieren wird auf das Symbol  geklickt, oder das Menü "Getriebe / Fixieren Gelenkpunkt" aufgerufen.

Die Lagerform hängt von der Cursorstellung ab. Ein Gelenkpunkt wird angeklickt und die Maus wird um den Gelenkpunkt bewegt, ohne die Maustaste loszulassen, bis die gewünschte Lagerungsart angezeigt wird.

Mit der Eingabe der gewünschten Lagerung ist das Getriebe sozusagen vorkonstruiert, nur die richtigen Gliedlängen fehlen noch.

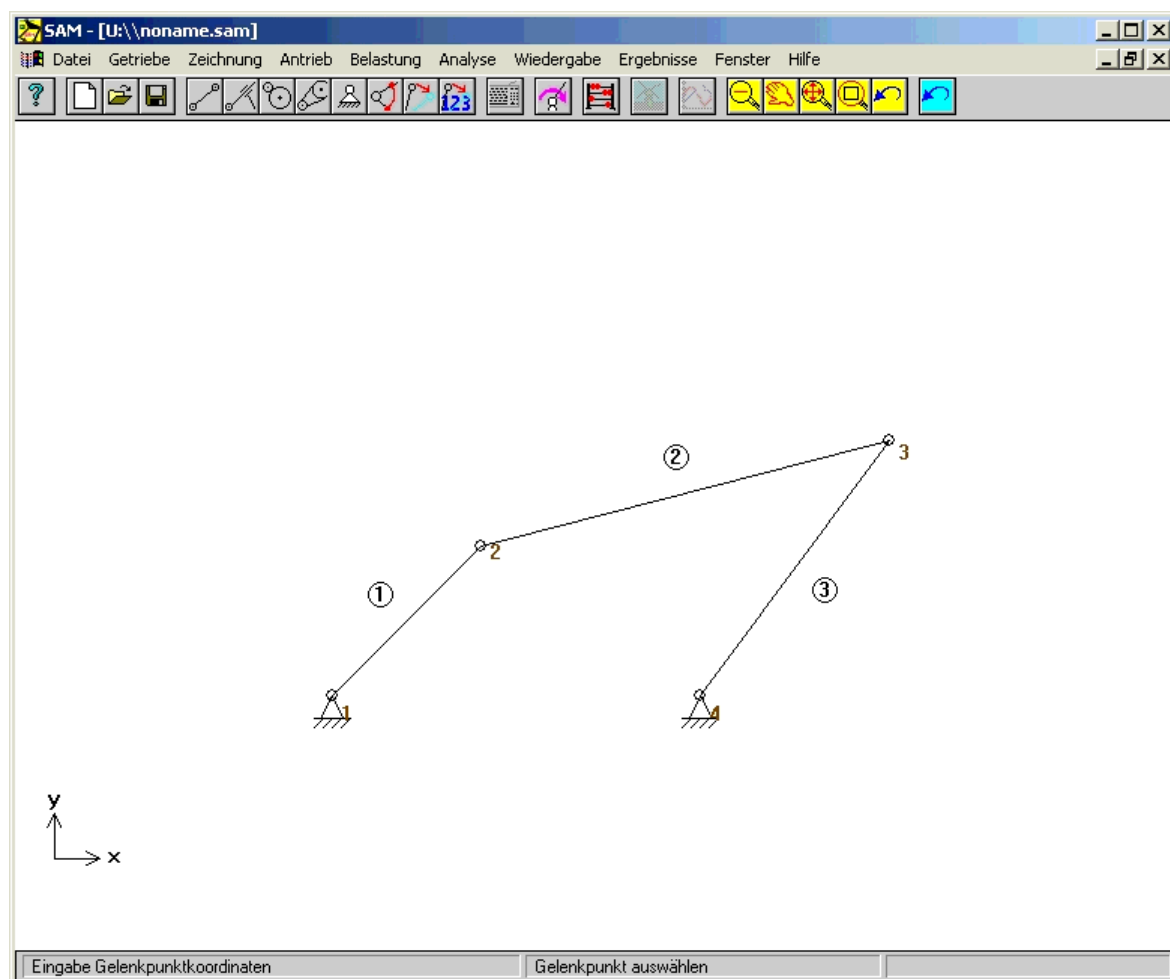




Abbildung 12: Viergelenkgetriebe im SAM

1.2.3 Gelenkkoordinaten

Jedem Getriebegelenk werden entsprechende Koordinaten zugeordnet.
Es bestehen einige Möglichkeiten um Gelenkpunktkoordinaten einzugeben:

- durch anklicken des Symbols 
- durch anklicken des Symbols 
- drücken auf Leertaste
- im Menü "Getriebe" wird "Gelenkpunktkoordinaten" ausgewählt

Drücken auf Leertaste öffnet ein Fenster, in welchem ein Gelenkpunkt eingegeben wird.

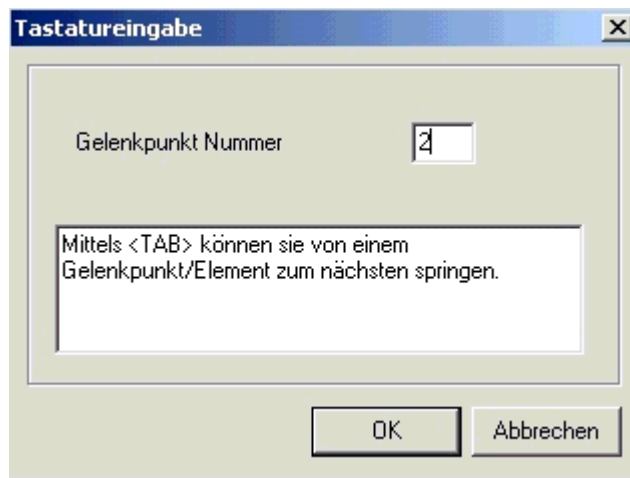


Abbildung 13: Gelenkpunkteingabe über Leertaste

Alle oben genannten Möglichkeiten bietet folgendes Fenster:

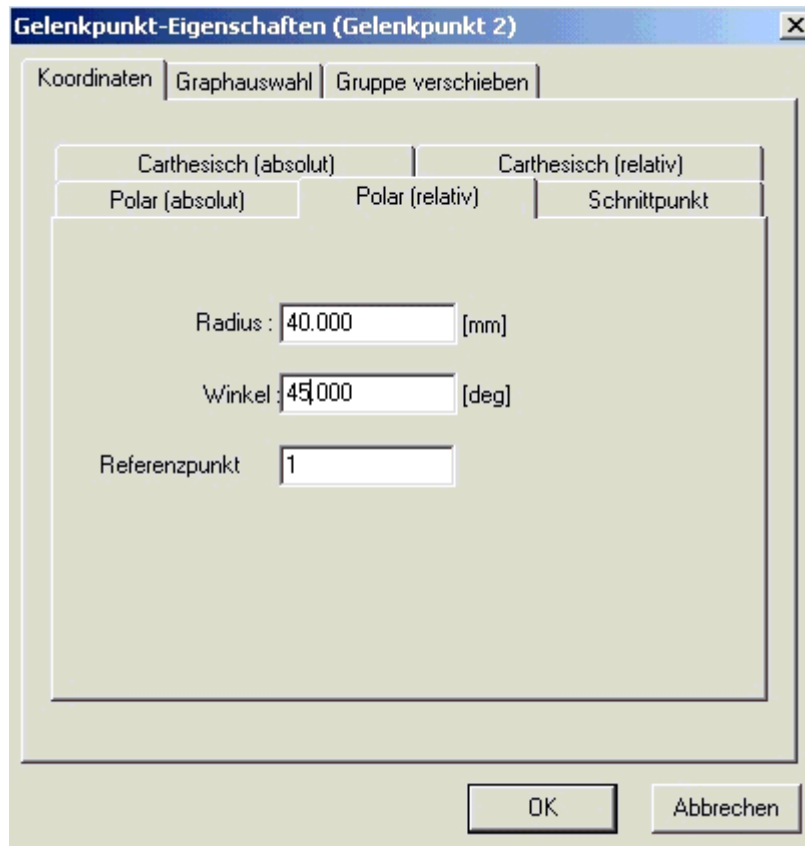


Abbildung 14: Koordinaten / Gelenk 2

Das Fenster öffnet sich nach dem Klick auf den gewünschten Gelenkpunkt.

Zuerst wird der Gelenkpunkt 2 definiert. Hierfür sind am besten relative Polarkoordinaten

geeignet. Als Referenzpunkt wird Gestell 1 genommen. Der Gelenkpunkt 2 wird mit einem Abstand von 40 mm und mit einem Winkel von 45° in Bezug auf Punkt 1 definiert. Hier ist besonders zu beachten, dass die Einheiten stimmen (für Länge [mm] und für Winkel [deg]).

Im nächsten Schritt wird der Gelenkpunkt 4 bezüglich Gelenkpunkt 1 definiert.

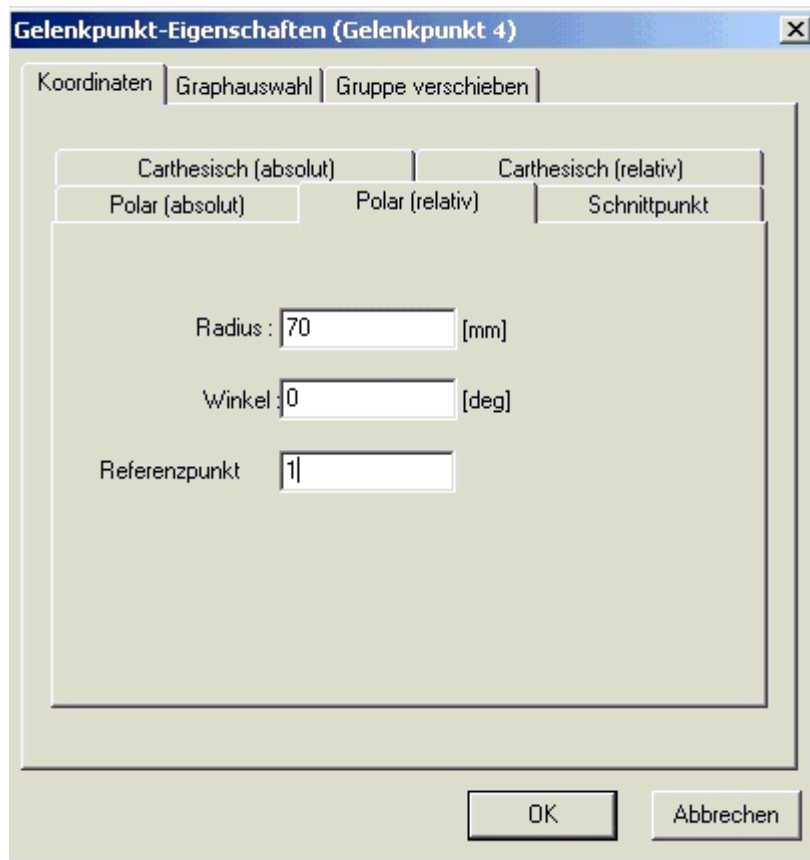


Abbildung 15: Koordinaten / Gelenk 4

SAM bietet eine sehr praktische Möglichkeit einen Gelenkpunkt als Schnittpunkt zweier Längen zu erzeugen. Auf diese Weise wird der Gelenkpunkt 3 erzeugt.

Der Gelenkpunkt 3 ist der Schnittpunkt von den Längen l und r_2 .

Als Schnittpunkt sind zwei verschiedene Lösungen möglich. In unserem Fall ist die Lösung *"Links von N1-N2"* richtig.

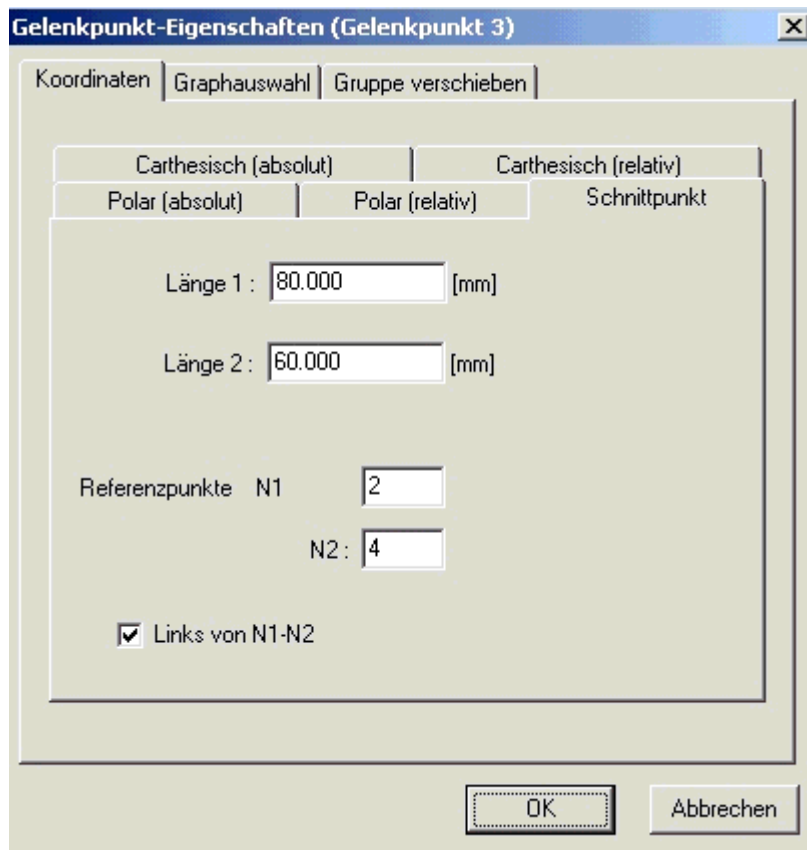


Abbildung 16: Koordinaten / Gelenk 3


Damit ist das Getriebe geometrisch vollständig definiert.

1.2.4 Antriebsdefinition

SAM ermöglicht die Definition mehrerer gleichzeitiger Eingangsbewegungen. Dies können Verschiebungen, Verlängerungen oder (relative) Winkeländerungen sein. Alle Bewegungen können unabhängig voneinander definiert werden. Häufig angewendete Bewegungsgesetze können kombiniert werden um somit jeden gewünschten Bewegungsablauf darstellen zu können.

Es sind folgende Arten der Antriebsbewegung möglich:

- Linear: Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit
- Sinus: Sinusförmige Bewegung
- Pol345: Polynomische Antriebsbewegung bis 5. Grad
- Trapezium: Bewegungsprofil 2.Ordnung
- Spline: Spline 3. Ordnung

Um einen Antrieb zu definieren wird das Symbol  gewählt. Anschließend wird auf den Gelenkpunkt, an dem der Antrieb definiert werden soll, geklickt (Gelenkpunkt 1).

Es erscheint folgendes Fenster:

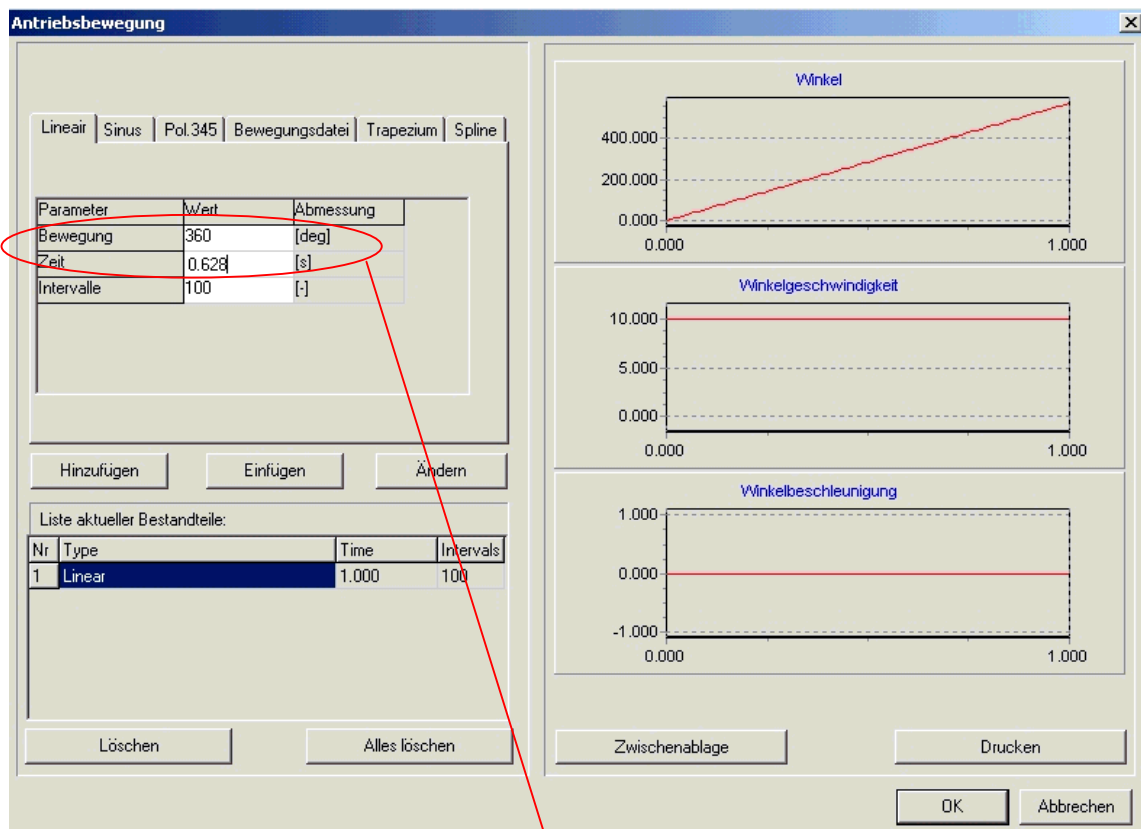


Abbildung 17: Antriebsbewegung

$$\frac{\text{Bewegung}}{\text{Zeit}} = \dot{\alpha}_1$$

Es ist erforderlich, folgende Daten zu definieren:

- Relativbewegung
- Dauer der Bewegung
- Zahl der Intervalle, in welchen die Berechnung durchgeführt werden soll

Die Antriebsbewegung des Viergelenkgetriebes ist über die konstante Winkelgeschwindigkeit $\dot{\alpha}_1 = 10 \text{ s}^{-1}$ vorgegeben.

Die Winkelgeschwindigkeit $\dot{\alpha}_1$ wird als $\frac{\text{Bewegung}}{\text{Zeit}}$ [rad/s] eingegeben.

Optimal ist die Angabe einer Umdrehung ($360^\circ = 2\pi$) mit zugehöriger Zeit.

Die zugehörige Zeit für eine Umdrehung beträgt:

$$t = \frac{2\pi}{\dot{\alpha}_1}$$

$$t = \frac{2\pi}{10} = 0,628 \text{ [s]}$$


Damit werden in das Dialogfenster folgende Daten eingetragen:

- Bewegung (eine volle Umdrehung) 360°
- ausgerechnete Zeit t = 0,628 [s]
- Anzahl der Intervalle (max.720) 100

Die Daten werden erst nach dem Klick auf "*Hinzufügen*" übernommen.

1.3 Analyse und Animation des Getriebes

1.3.1 Analyse

Die Analyse des Getriebes wird durch anklicken auf das Symbol Analyse  gestartet(oder über Menü "*Analyse*" aufgerufen).

Dabei werden alle Punkte außer "*Alle Kräfte*" gewählt (dieses wird im Anschluss erklärt)

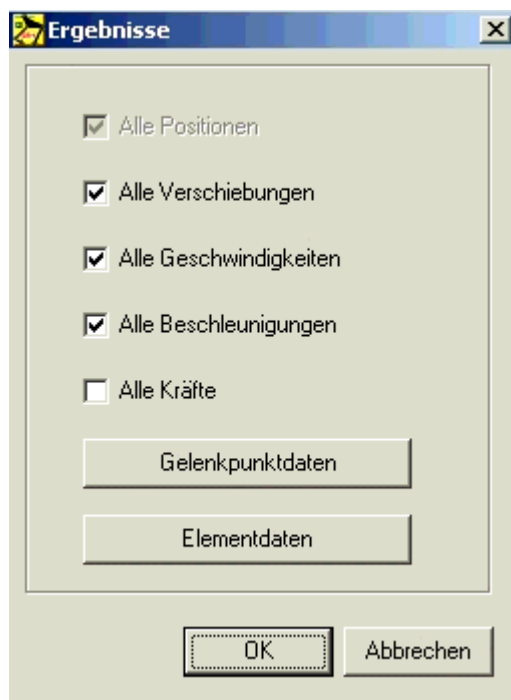


Abbildung18: Analysestart

Bevor die Analyse gestartet wird, kann der Benutzer definieren, welche Elementeigenschaften berechnet und für die weitere Verarbeitung gespeichert werden sollen.

Im Fall eines Gliedes können die folgenden Punkte ausgewählt werden:

- Länge, Verlängerung (und deren Ableitungen)
Hinweis: Verlängerung sollte Weg heißen.
- Absoluter und relativer Winkel, Winkelgeschwindigkeit, Winkelbeschleunigung
- Normalkraft und Leistung
- Drehmoment und resultierende Kräfte an Gelenken

Diese Auswahlmöglichkeiten findet man nach dem Klick auf *"Gelenkpunktdaten"* oder *"Elementdaten"* und anschließendem Klick auf das gewünschte Element (Glieder oder Gelenkpunkt).

Für das Glied 3 öffnet sich folgendes Fenster:

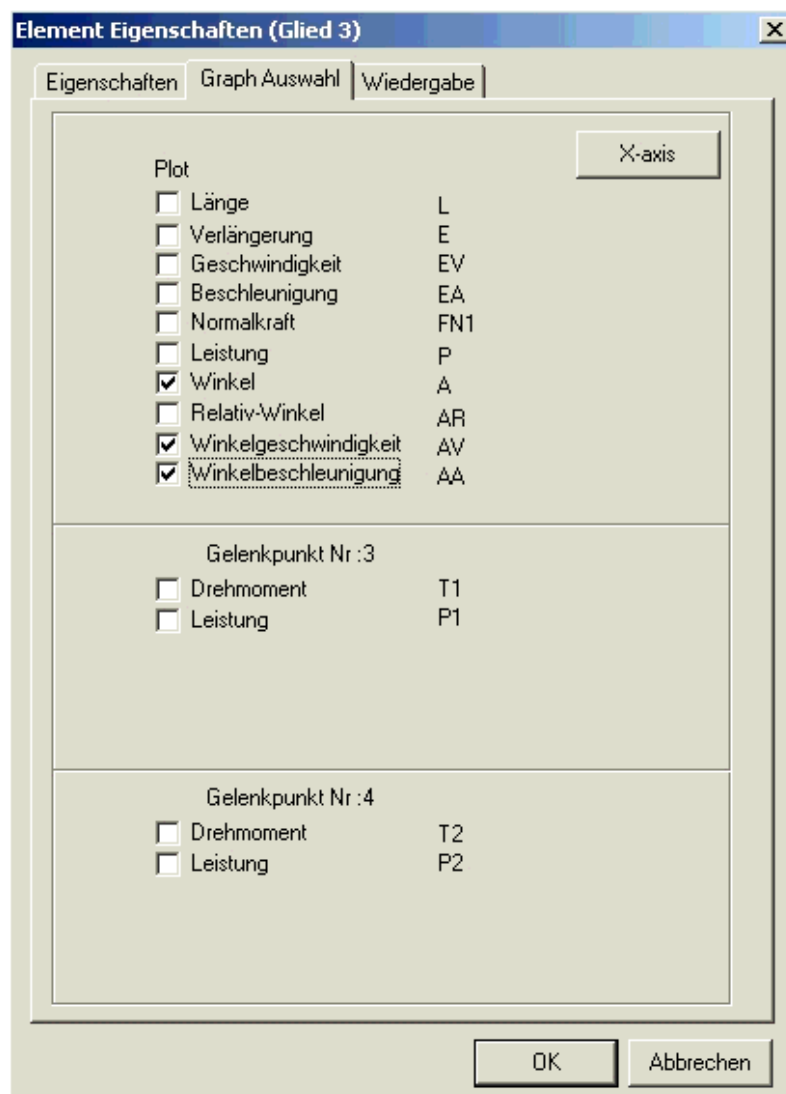



Abbildung 19: Element Eigenschaften, die zu berechnen sind

Nach dem Klick auf "OK" wird die Berechnung durchgeführt.

Die Funktionstaste F9 ermöglicht den direkten Start einer Berechnung ohne den Dialog aufzurufen. Dieses ist vor allem praktisch, wenn die gleichen Berechnungen wiederholt durchgeführt werden.

1.3.2 Animation

Nach dem Klicken auf das Symbol für Animation  wird der Bewegungsablauf des Getriebes auf dem Bildschirm gestartet (oder im Menü "Wiedergabe/Animation"). Im Menü "Wiedergabe" besteht außerdem die Möglichkeit folgendes darzustellen:

- Bahnkurve: Bahnkurve von Gelenken
- Hodograph: Geschwindigkeiten von Gelenken
- Rastpolbahn und Gangpolbahn für ein Getriebeglied
- Krümmungsmittelpunktsbahn für ein Gelenk

Geschwindigkeits-Hodograph stellt einen geometrischen Ort aller Spitzen des Geschwindigkeitsvektors (um 90 Grad gedreht) eines bewegenden Punktes dar.

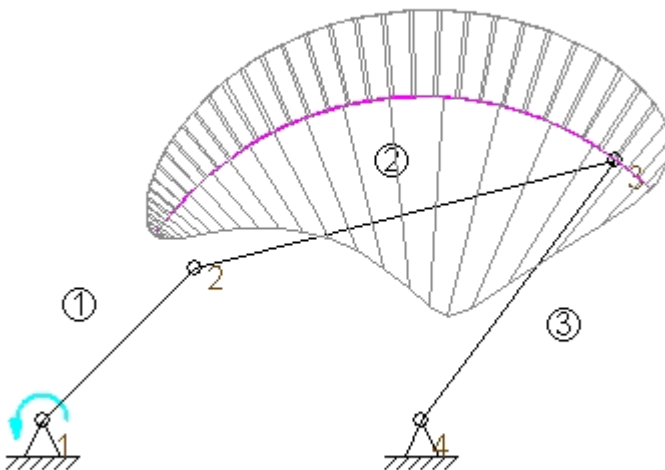



Abbildung 20: Bahnkurve und Hodograph des Gelenkes 3

1.4 Ausgabe der Ergebnisse

Nachdem das Getriebe einmal konstruiert ist und die Bewegungsdaten definiert sind, können folgende Werte errechnet werden (alle relativ oder absolut):

- Position,
- Verschiebung,
- Geschwindigkeit und Beschleunigung von Gelenkpunkten,
- Winkel,
- Winkeländerungen,
- Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung

Die Resultate der Analyse können entweder tabellarisch oder graphisch dargestellt werden.

Um die Ergebnisse graphisch darzustellen wird auf das Symbol  geklickt und anschließend auf den gewünschten Gelenkpunkt oder das Getriebeglied.

Für Getriebeglied 3 erscheint folgendes Fenster:

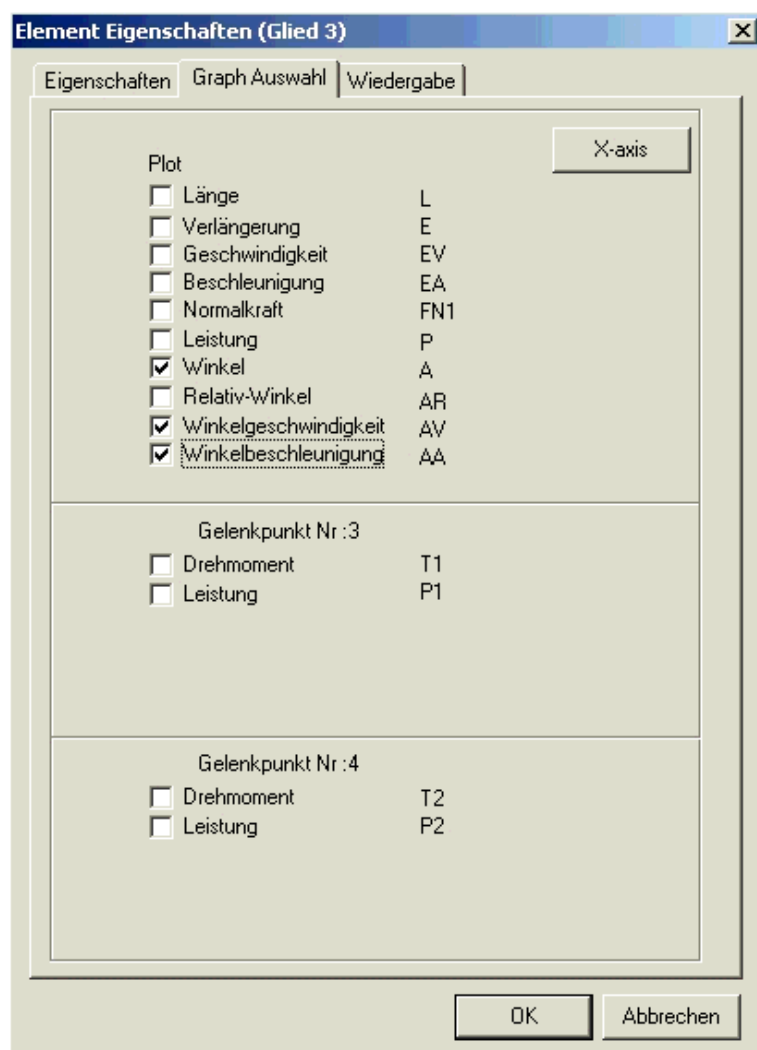


Abbildung 21: Datenauswahl für Darstellung von der Ergebnisse

Nach der Selektion der gewünschten Daten in diesem Fenster werden entsprechende Daten im gleichen Graph dargestellt.
Die Auswahl im Menü "Ergebnisse/Graph" zeigt die Ergebnisse für den Winkel, die Winkelgeschwindigkeit und die Winkelbeschleunigung des Getriebegliedes 3.

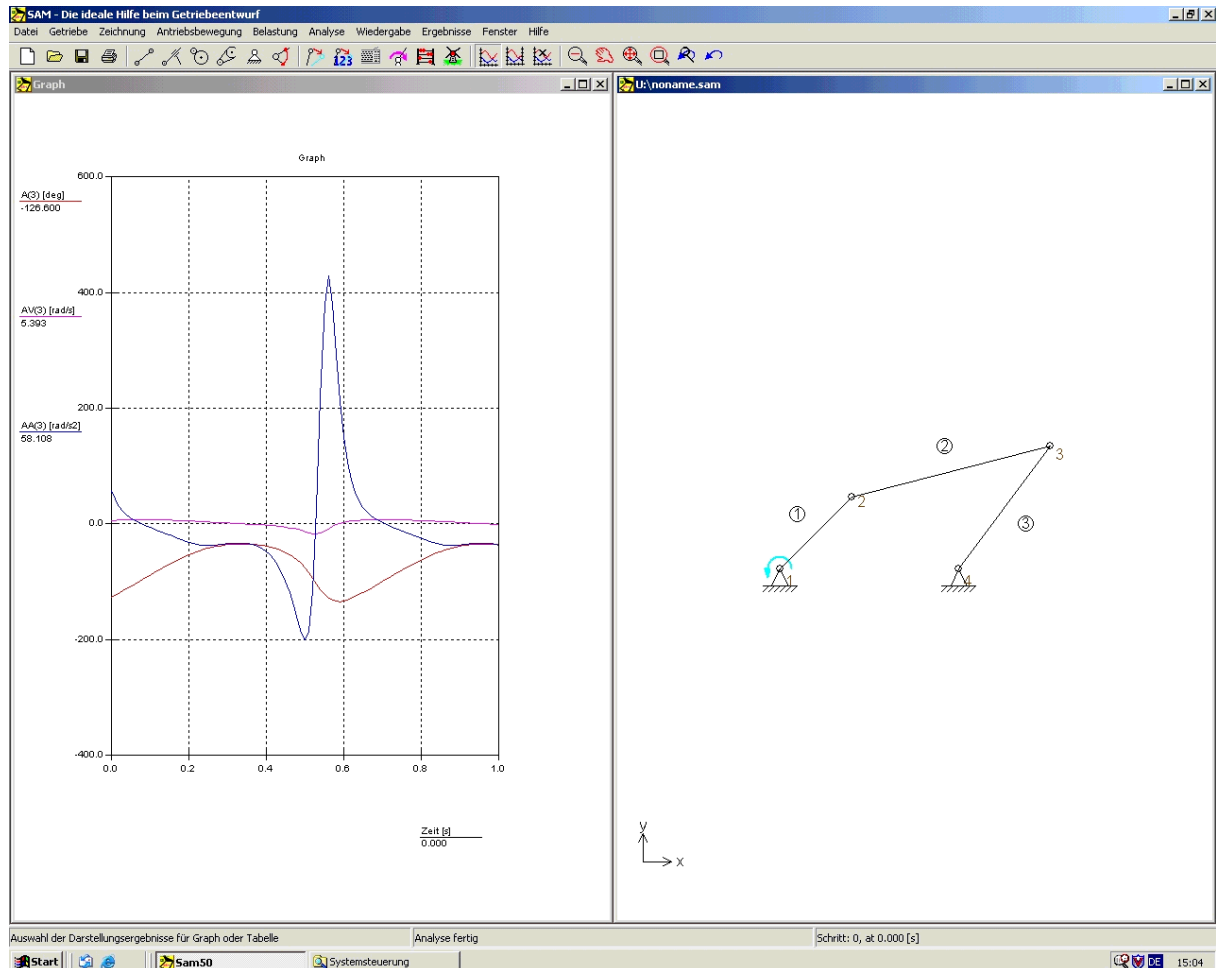



Abbildung 22: Graph. Ergebnisse für Glied 3

Das Getriebe wurde genau in der gewünschten Lage gezeichnet, was einem Zeitpunkt $t=0$ entspricht. Es wird mit der Maus so weit nach links bewegt bis die Zeitachse $t=0.000$ anzeigt. Die Ergebnisse für das Glied 3 lassen sich jetzt aus dem Graph ablesen:

- Winkel $\alpha_2 = 180^\circ - 126,6 = 53,4^\circ$
- Winkelgeschwindigkeit $\dot{\alpha}_2 = 5,393$ [1/s]
- Winkelbeschleunigung $\ddot{\alpha}_2 = 58,108$ [1/s²]

Manchmal ist es schwierig die verschiedenen Größen deutlich darzustellen, da der Min/Max Bereich stark unterschiedlich ist. Daher gibt es in SAM die Möglichkeit zwei unterschiedliche Y-Achsen (mit unterschiedlicher Skalierung) darzustellen. Eine Skalierung wird links dargestellt, während die andere an der rechten Seite des Graphen wiedergegeben wird.

Zunächst wird "Kurve links/rechts" aus Ergebnis-Menü ausgewählt (oder das Symbol  geklickt) und danach auf die gewünschte Variable (z.B. AA(3)) im Graph geklickt.

Die Variable wird auf die rechte Seite des Graphen verschoben und die Y-Achse ist neu skaliert. Die Kurve ist damit besser sichtbar.

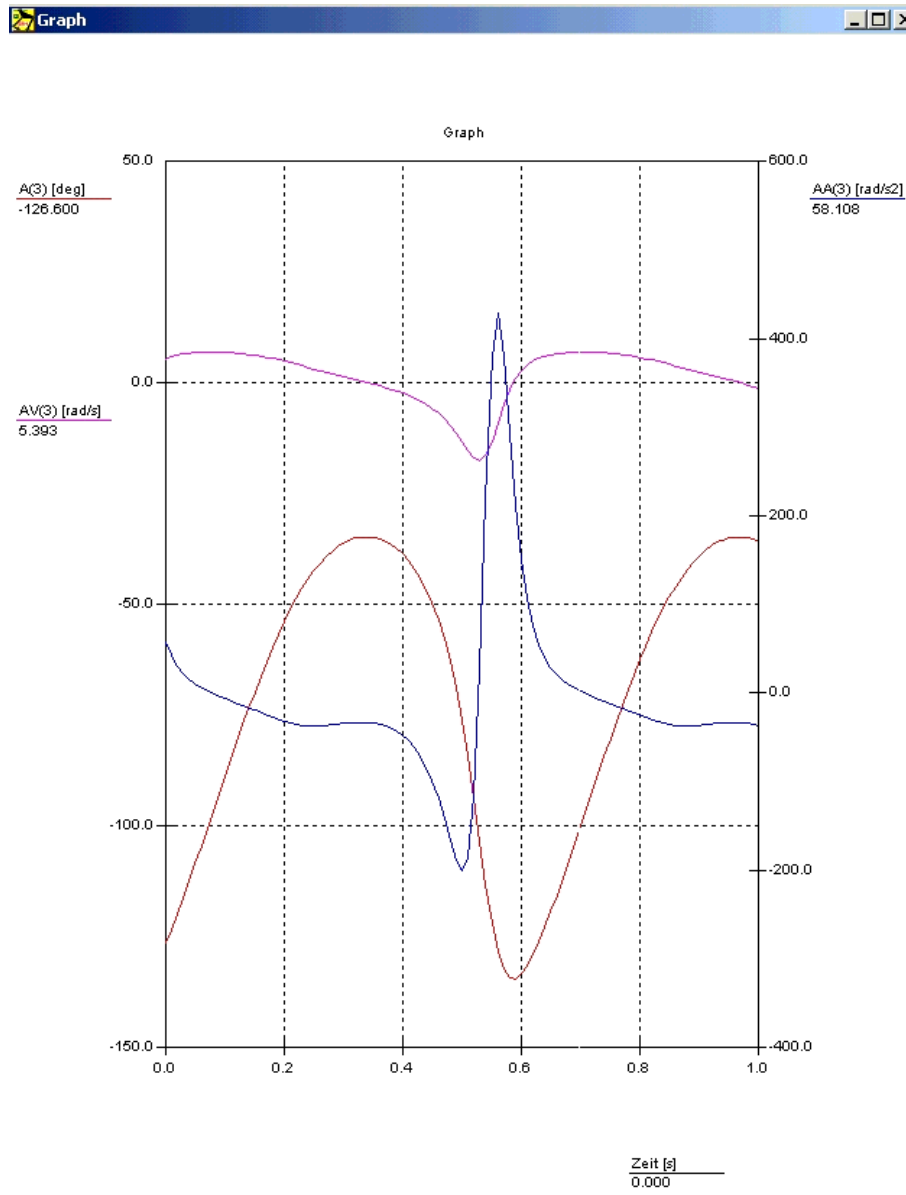


Abbildung 23: neue Skalierung für AA(3) / Winkelbeschleunigung

An einem Graph lassen sich einige Einstellungen vornehmen.
Nach einem Doppelklick auf den Graph öffnet sich folgendes Fenster:

Bereich		
	Min	Max
X-axis	0.0000	1.0000
Y links	-400.0000	600.0000
Y rechts	0.0000	1.0000

Abbildung 24: Graph-Einstellungen

Hier wird sehr oft der Darstellungsbereich für die X- und Y-Achse erweitert oder verkleinert, um einen vollständigen Graph darzustellen.

Die X-Achse wird standardmäßig als Zeit-Achse definiert. Es ist auch möglich andere Werte als X-Achse zu definieren. Im Menü *"Ergebnisse/Definition X-Achse/X-Achse: Auswahl"* können neue Werte für die X-Achse definiert werden.

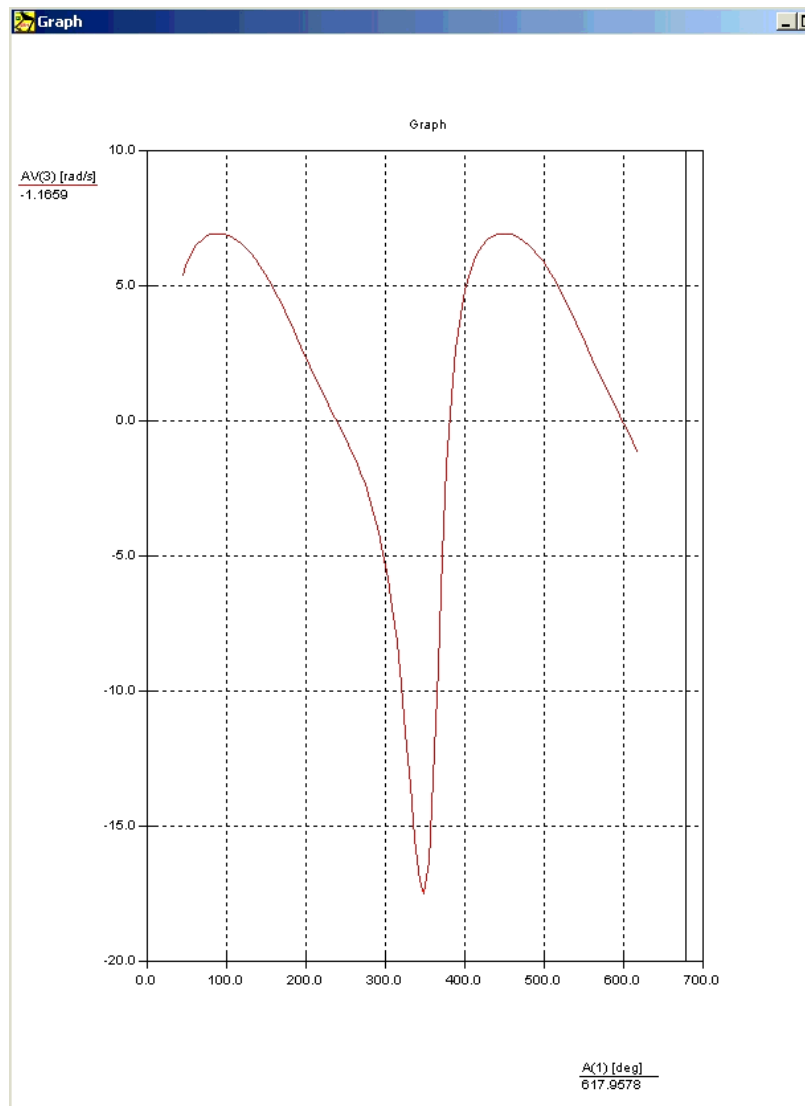


Abbildung 25: Winkel als X-Achse

Die Ergebnisse können auch in Form einer Textdatei ausgegeben werden. Im Menü *"Ergebnisse / Exportieren"* findet man die entsprechende Funktion, um die Ergebnisse in Textform darzustellen. Nach dem Klick auf OK, wird der Dateiname und Speicherort eingegeben.

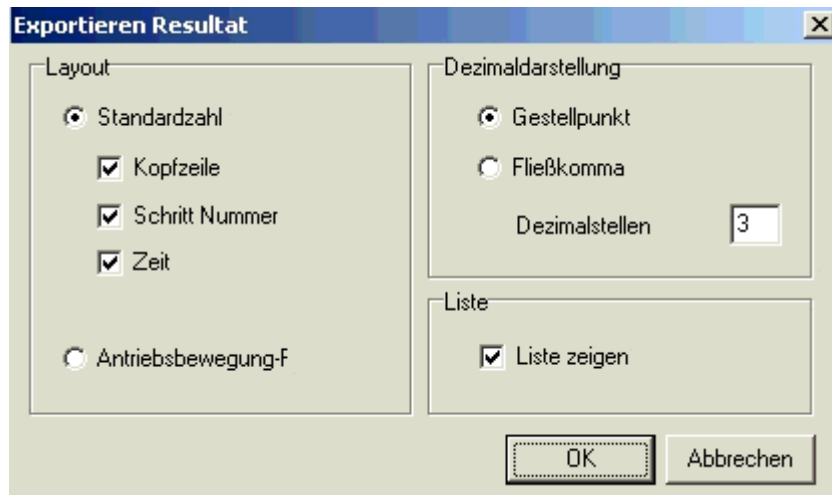


Abbildung 26: Export von Ergebnissen

Die Ergebnis-Datei sieht folgendermaßen aus:

```

Resultat Liste SAM 4.2c .   Getriebe: b13_3_1

```

Nr:	Zeit	A(3)	AV(3)	AA(3)	
[-]	[s]	[deg]	[rad/s]	[rad/s ²]	
0	0.0000	-126.6002		5.3928	58.1079
1	0.0100	-123.3605		5.8897	42.1511
2	0.0200	-119.8771		6.2504	30.5714
3	0.0300	-116.2171		6.5109	21.9353
4	0.0400	-112.4305		6.6957	15.2985
5	0.0500	-108.5556		6.8214	10.0318
6	0.0600	-104.6227		6.8995	5.7088
7	0.0700	-100.6568		6.9378	2.0349
8	0.0800	-96.6791		6.9417	-1.1977
9	0.0900	-92.7081		6.9148	-4.1381
10	0.1000	-88.7608		6.8595	-6.8944

Gewünschtes Ergebnis
für t=0

Abbildung 27: Textdatei mit Ergebnissen

1.5 Aufgabe (Bewegungsanalyse)

Bitte lösen Sie die folgende Aufgabe:

Ermitteln Sie mit Hilfe von SAM:

- Lage
 - Geschwindigkeit
 - Beschleunigung
- des Punktes B.

Gegeben:

- Gliedlängen [mm]: $r = 50$, $l = 220$
- $e = 0$
- $n = 3000$ 1/min
- $\alpha = 77,2^\circ$

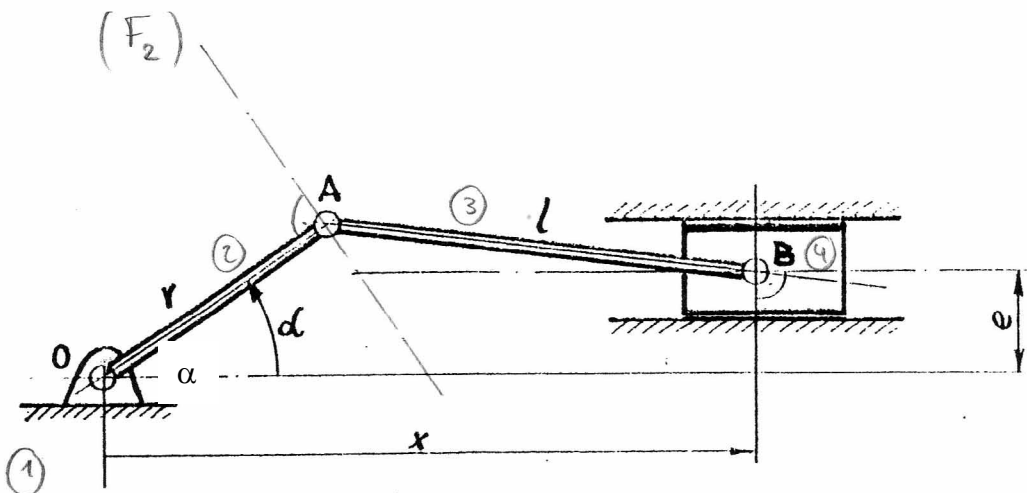


Abbildung 28: Geradschubkurbelgetriebe, Blatt GL-3.5-1

Lösung:**2.1.1 Zuordnung der Massen und Drehmassen an Glieder**

Zuerst werden die richtigen Einheiten für Gliedmassen m [kg] und Drehmassen J [kg mm²], unter "Datei/Einheiten", festgelegt.

Um jedem Glied eine Masse, Massenträgheitsmoment und Position der Masse zuordnen zu können, werden die Glieder nacheinander doppelt angeklickt.

Es erscheint folgendes Fenster:

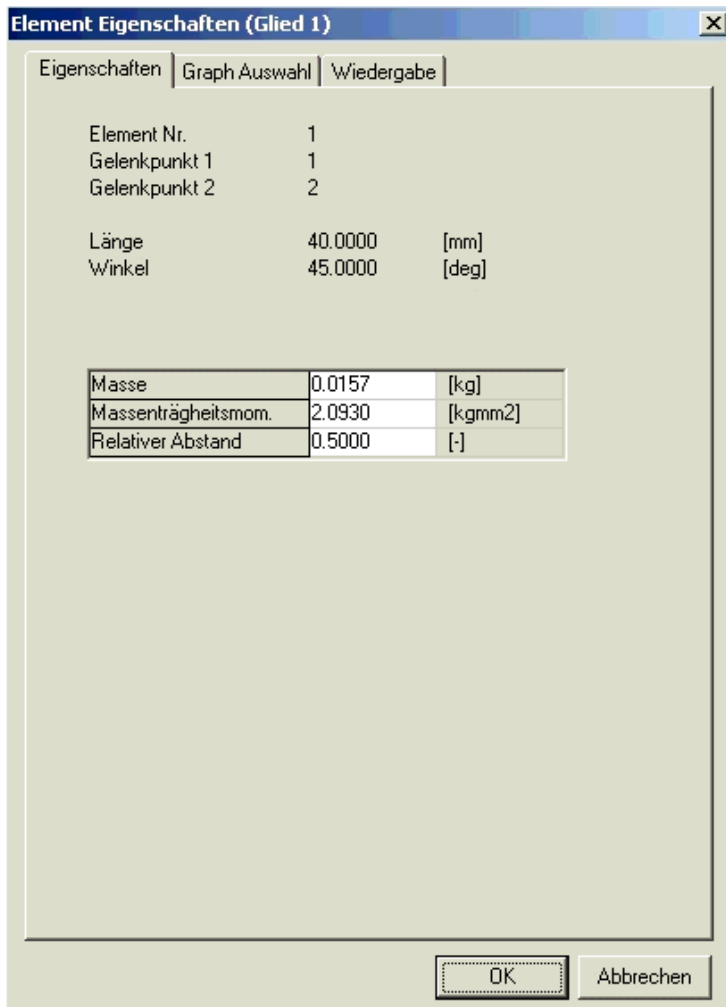


Abbildung 30: Massen und Massenträgheitsmoment zuordnen

Hier werden die Werte für die Masse, Massenträgheitsmoment und Lage des Schwerpunktes eingetragen.

Der Schwerpunkt wird definiert als Quotient des Abstandes vom ersten Gelenkpunkt und der Länge des Gliedes, und kann zwischen 0 und 1 liegen. Er muss auf dem Glied liegen.

Diese Werte werden an allen Gliedern definiert.

Danach sieht das Viergelenkgetriebe in SAM folgendermaßen aus:

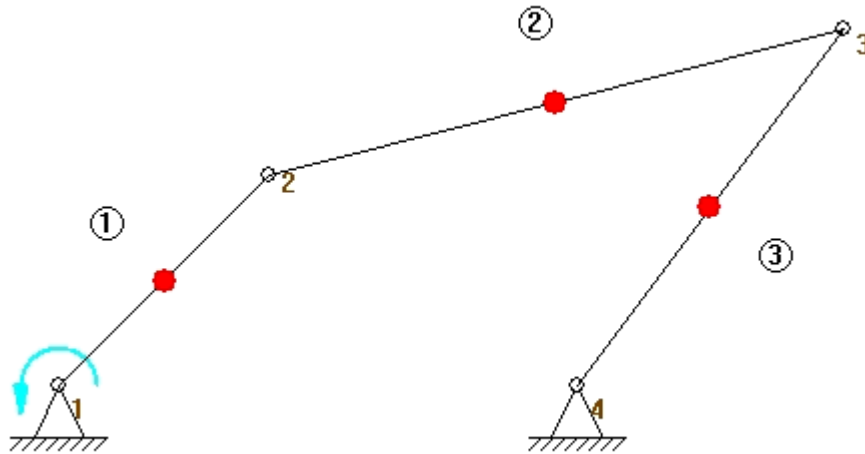


Abbildung 31: Getriebe mit Massen und Trägheiten

2.1.2 Analyse

Im Auswahlfenster für Analyse wird zusätzlich der letzte Punkt *„Alle Kräfte“* selektiert.

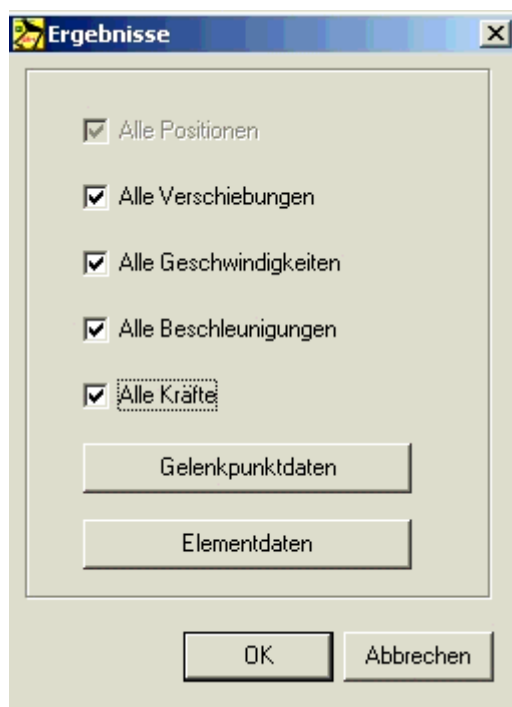


Abbildung 32: Kräfteanalyse starten

Durch Betätigen des Buttons *”Gelenkpunkdaten”* und Selektieren einzelner Gelenkpunkte, werden die Werte für die Berechnung festgelegt. Ohne Selektion in diesem Fenster werden die Kräfte an Gelenkpunkten nicht berechnet.

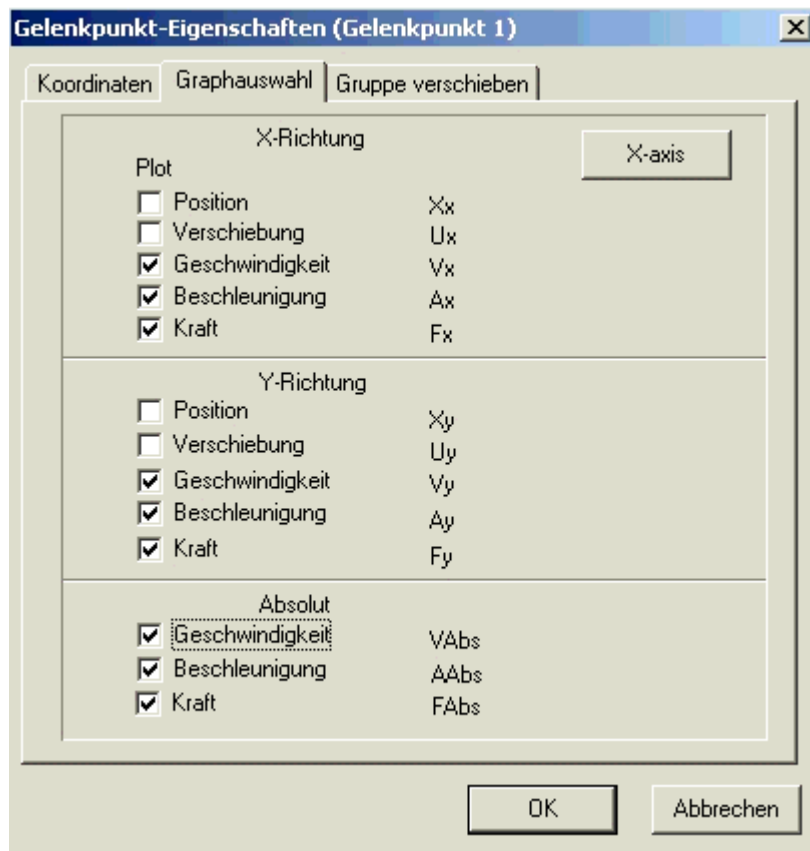


Abbildung 33: Daten an Gelenkpunkten, die berechnet werden sollen

2.1.3 Darstellung der Ergebnisse

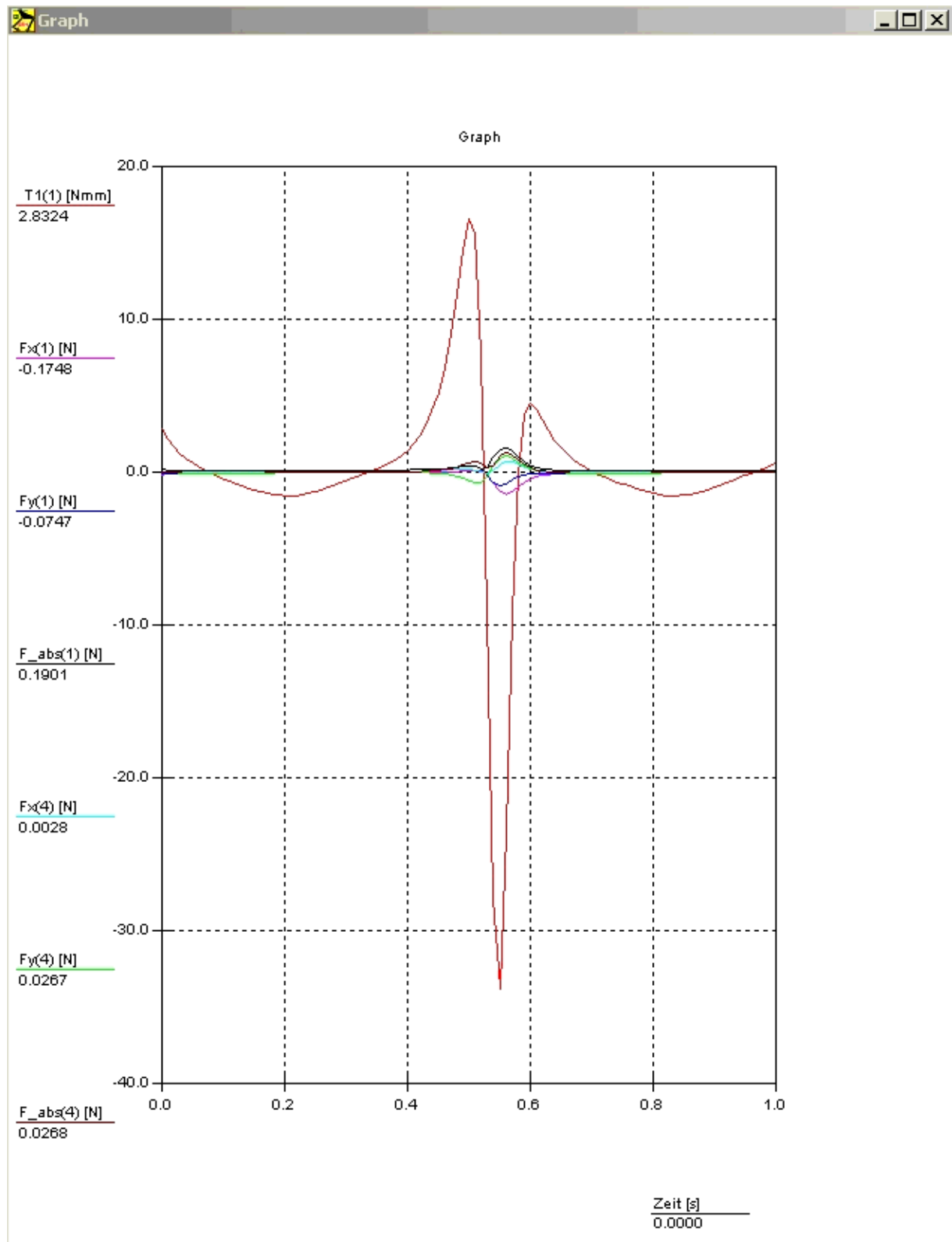


Abbildung 34: Ergebnissen / Kräfte

Ergebnisse von SAM:

Lagerreaktion / Gelenkpunkt 1:

$$F_{x_1} = -174,8 \text{ mN}$$

$$F_{y_1} = -74,7 \text{ mN}$$

$$F_{abs_1} = 190,1 \text{ mN}$$

Lagerreaktion / Gelenkpunkt 4:

$$F_{x_4} = 2,8 \text{ mN}$$

$$F_{y_4} = 26,7 \text{ mN}$$

$$F_{abs_4} = 26,8 \text{ mN}$$

Drehmoment:

$$T_1 = 2,8324 \text{ Nmm}$$

Die eingeprägte Kraft F_{12}^* lässt sich berechnen:

$$F_{12}^* = \frac{T_1}{r_1} = \frac{2,8324}{40} = 0,07081 \text{ N}$$

$$= 70,81 \text{ mN}$$

Damit ist die gestellte Aufgabe gelöst.

2.2 Aufgabe (Kraftanalyse)

Für die Aufgabe GL-3.5-1 (siehe Blatt 26) ermitteln Sie mit Hilfe von SAM folgendes:

- Lagerreaktionen und
- Antriebsmoment

für eine momentane Stellung $\alpha = 77,2^\circ$.

Gegeben:

- Gliedlängen [mm]: $r = 50$, $l = 220$
- Gliedmasse [kg]: $m_r = 0,02$, $m_l = 0,1$
- Drehmassen [kg mm²]: $J_r = 4,17$, $J_l = 403$
- Bewegung[1/min]: $n = 3000$

3 Projektdokumentation

Durch Anklicken im Menü *"Datei / Projekt Dokumentation"* wird ein Textdatei mit verschiedenen Daten erstellt.

In Projektdokumentation wird folgendes dargestellt:

- Gelenkpunkt- und Elementdaten
- Fixierungen (Lager)
- Antriebsbewegung
- Kraftbelastung

```

ergebnis.txt - Editor
Datei Bearbeiten Format ?

GELENKPUNTE
Gelenkpunkt Nummer : 1
X-Koordinate       : -10.000 [mm]
Y-Koordinate       : 460.000 [mm]

Gelenkpunkt Nummer : 2
X-Koordinate       : 18.284 [mm]
Y-Koordinate       : 488.284 [mm]

Gelenkpunkt Nummer : 3
X-Koordinate       : 95.773 [mm]
Y-Koordinate       : 508.169 [mm]

Gelenkpunkt Nummer : 4
X-Koordinate       : 60.000 [mm]
Y-Koordinate       : 460.000 [mm]

ELEMENTE
Element Nummer    : 1
Typ               : G11ed
Gelenkpunkt(e)    : 1, 2
Koordinaten       : (-10.0000, 460.0000) ; ( 18.2843, 488.2843) [mm]
Länge             : 40.000 [mm]
Winkel            : 0.785 [rad]
Masse             : 0.015 [kg]
Massenträgheitsmom. : 2.093 [kgmm2]
Relativ Pos.      : 20.000 [mm] (Ref. Gelenkpunkt 1)

Element Nummer    : 2
Typ               : G11ed
Gelenkpunkt(e)    : 2, 3
Koordinaten       : ( 18.2843, 488.2843) ; ( 95.7736, 508.1690) [mm]
Länge             : 80.000 [mm]
Winkel            : 0.251 [rad]
Masse             : 0.031 [kg]
Massenträgheitsmom. : 16.746 [kgmm2]
Relativ Pos.      : 40.000 [mm] (Ref. Gelenkpunkt 2)

Element Nummer    : 3
Typ               : G11ed
Gelenkpunkt(e)    : 3, 4
Koordinaten       : ( 95.7736, 508.1690) ; ( 60.0000, 460.0000) [mm]
Länge             : 60.000 [mm]
Winkel            : 4.073 [rad]
Masse             : 0.023 [kg]
Massenträgheitsmom. : 7.060 [kgmm2]
Relativ Pos.      : 30.000 [mm] (Ref. Gelenkpunkt 3)

FIXIERUNGEN
Fixierung Nummer  : 1
Typ               : Verschiebung
Gelenkpunkt(e)    : 1
Richtung          : X, Y

Fixierung Nummer  : 2
Typ               : Verschiebung
Gelenkpunkt(e)    : 4
Richtung          : X, Y

ANTRIEBSBEWEGUNG
Antrieb Nummer    : 1
Typ               : Rotation
Element (Punkt)   : 1 (1)
Profil            : LINEAR 10.0000 [rad] 0.0000 [s] 100 [steps]

KRAFTBELASTUNG
                  : keine
  
```

Abbildung 35: Projektdokumentation

4 Probleme bei der Analyse

Bei der Analyse können Probleme auftreten, die im allgemeinen auf ein Problem in der Getriebedefinition zurückzuführen sind
Häufigste Fehlermeldungen:

”Getriebe unterbestimmt”

- Es fehlt eine Gestellpunktdefinition
- Es fehlt eine Winkelfixierung
- Es fehlt ein Antrieb

”Getriebe überbestimmt”

- Zu viele Gestellpunkte
- Zu viele Winkelfixierungen
- Zu viele Antriebe

”Konvergenzprobleme”

- Das Getriebe kann die gewünschte Stellung nicht erreichen

”Kein Antrieb definiert”

- Es fehlt die Definition des Antriebes

”Zu viele Ergebnisse selektiert”

- Es dürfen maximal 100 Ergebnisse selektiert werden

Das Programm beinhaltet auch einige **Programmierfehler**:

- Die Kräfte in Zwischengelenken werden falsch berechnet
- Das Programm zeigt ein Ergebnis für Moment T_2 obwohl es gleich Null ist
- Während der Zuordnung von Massen, Drehmassen und Positionen der Massen ändern sich die Gelenkpositionen

Um diesen Fehler zu beheben, sollte die letzte Funktion rückgängig gemacht werden. Dabei werden die eingegebenen Werte trotzdem beibehalten.

5 Erläuterungen zur Symbolleiste

Symbolleiste:



Menü:



Neues Dokument
Dokument öffnen
Speichern

Datei → Neu
Datei → Öffnen
Datei → Speichern

Gelenke erstellen:



Riementrieb
Zahnradpaar
Schubgelenk
Gelenkglied

Getriebe → Riementrieb
Getriebe → Zahnradpaar
Getriebe → Schubgelenk
Getriebe → Glied



Lager (Gestell erstellen)

Getriebe → Fixieren Gelenkpunkt



Winkel fixieren

Getriebe → Fixieren Relativwinkel



Gelenkpunkt verschieben

Getriebe → Gelenkpunkt verschieben



Gelenkpunktkoordinaten

Getriebe → Gelenkpunktkoordinaten



Koordinateneingabe über Tastatur



Antriebsbewegung definieren

Antrieb → Winkel



Analyse des Getriebes starten

Analyse



Bewegung des Getriebes simulieren

Wiedergabe → Animation



Ergebnisse anzeigen (graphisch)

Ergebnisse → Graph



Zoom Funktionen

6 Tastatur und Maus

Linke Maustaste klicken: Menüpunkte, Dialogfenster, Gelenke oder Elemente auswählen

Linke Maustaste doppelt klicken:

- Cursor in der Nähe eines Elements → es öffnet sich ein Dialog-Fenster mit den Elementeigenschaften
- beim Erstellen einer Gruppe graphischer Komponente → die Gruppe komplett (keine neue Komponente hinzu)

Rechte Maustaste klicken: Befehle abbrechen (Erstellen eines Elementes oder Animation abbrechen)

Leertaste: - einen Gelenkpunkt auswählen

→ Element- oder Gelenkpunkt-Nummer eingeben

→ numerische Auswahl eines Elements oder Punktes

- beim Erstellen und Verschieben von Gelenkpunktdateien kann das "Gelenkpunkt-Koordinaten-Konstruktion" Dialog-Fenster geöffnet werden

DEL-Taste: Löschen von Elementen (nur anklicken)

ESC-Taste: Befehle abbrechen

TAB-Taste: Durchblättern der Elementliste, wenn ein Element selektiert werden soll

ENTER-Taste: - bestätigt eine Elementauswahl, die mit TAB gestartet wird
- beschließt eine Gruppenänderung

STRG + C: Screenshot erstellen

STRG + M: Antriebsbewegung / Ändern

STRG + P: Datei / Drucken

F2: Wiedergabe / Animation

F3: Elementeigenschaften

F4: Einstellungen

F5: Projektdokumentation

F9: direkten Start einer Berechnung

F10: Wiedergabe / Optionen