

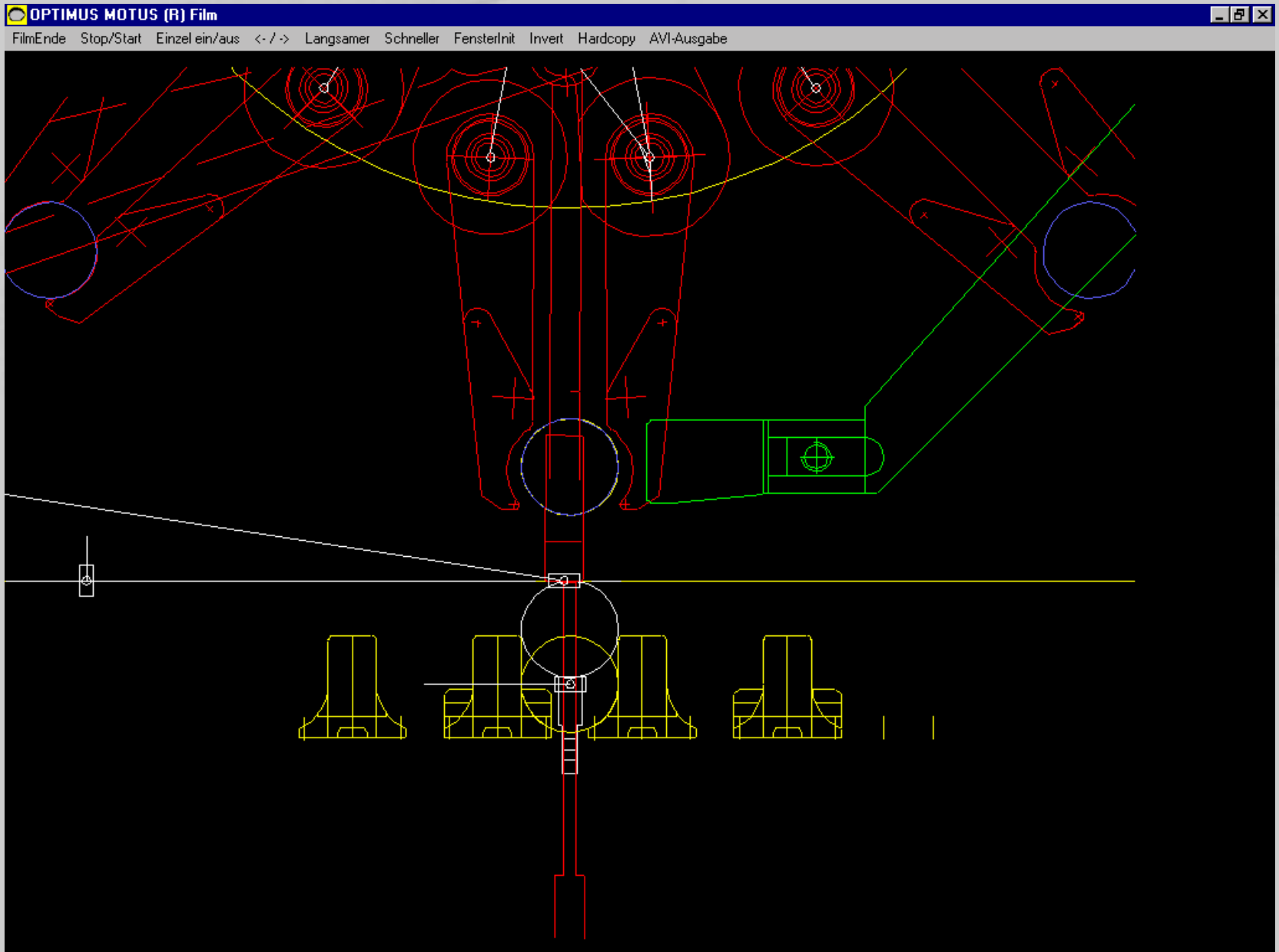
Optimierung von Ober- und Unterstempelbewegung in einer Verpackungsmaschine

Am Beispiel eines Paares aus Ober- und Unterstempel in einer Verpackungsmaschine soll der Ablauf einer Kurvenoptimierung mit Bewegungsgestaltung, Kollisionsoptimierung und Fertigungsdatenaufbereitung dargestellt werden. Besonders Oberstempelbewegungen erreichen mitunter enorme Beschleunigungen, so dass hier besonderes Augenmerk auf die Bewegungsoptimierung gelegt werden muss.

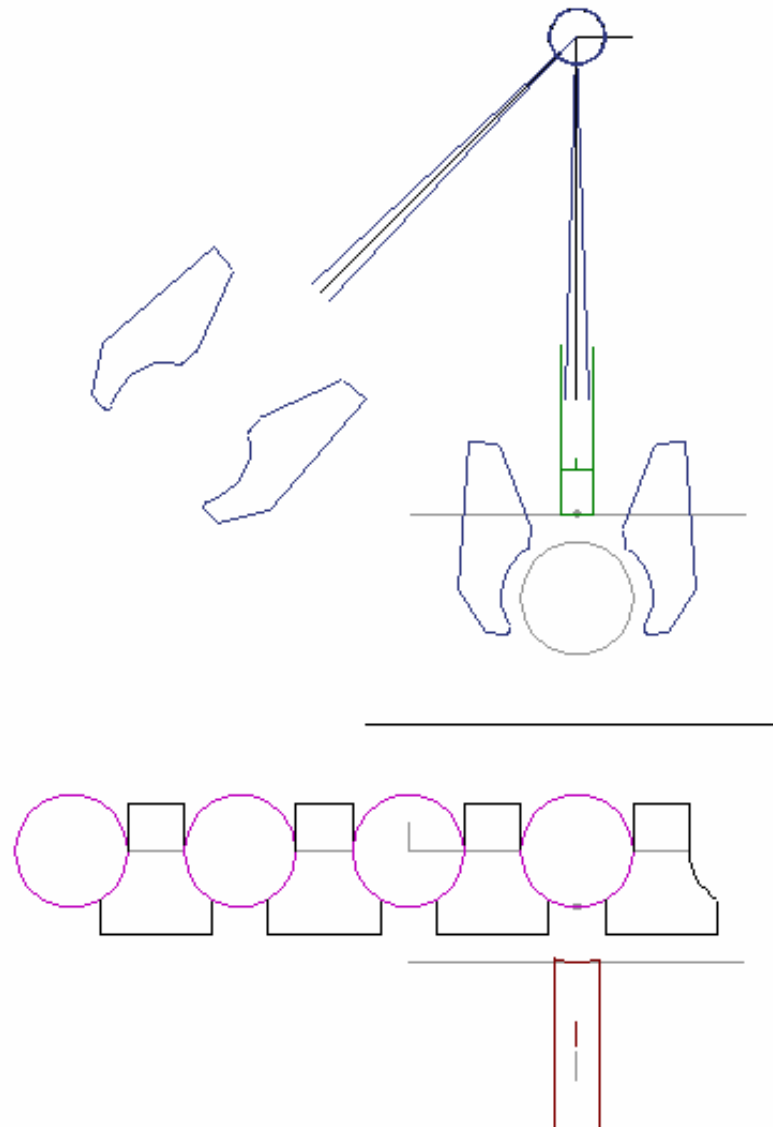
Der Beitrag beleuchtet die Kurvenauslegung aus praktischer Sicht, das heißt wie die Aufgabe mit Softwareunterstützung gezielt und effizient gelöst werden kann.

Dipl.-Ing. Dipl.-Inform. Rainer Nolte
Nolte NC-Kurventechnik GmbH Bielefeld

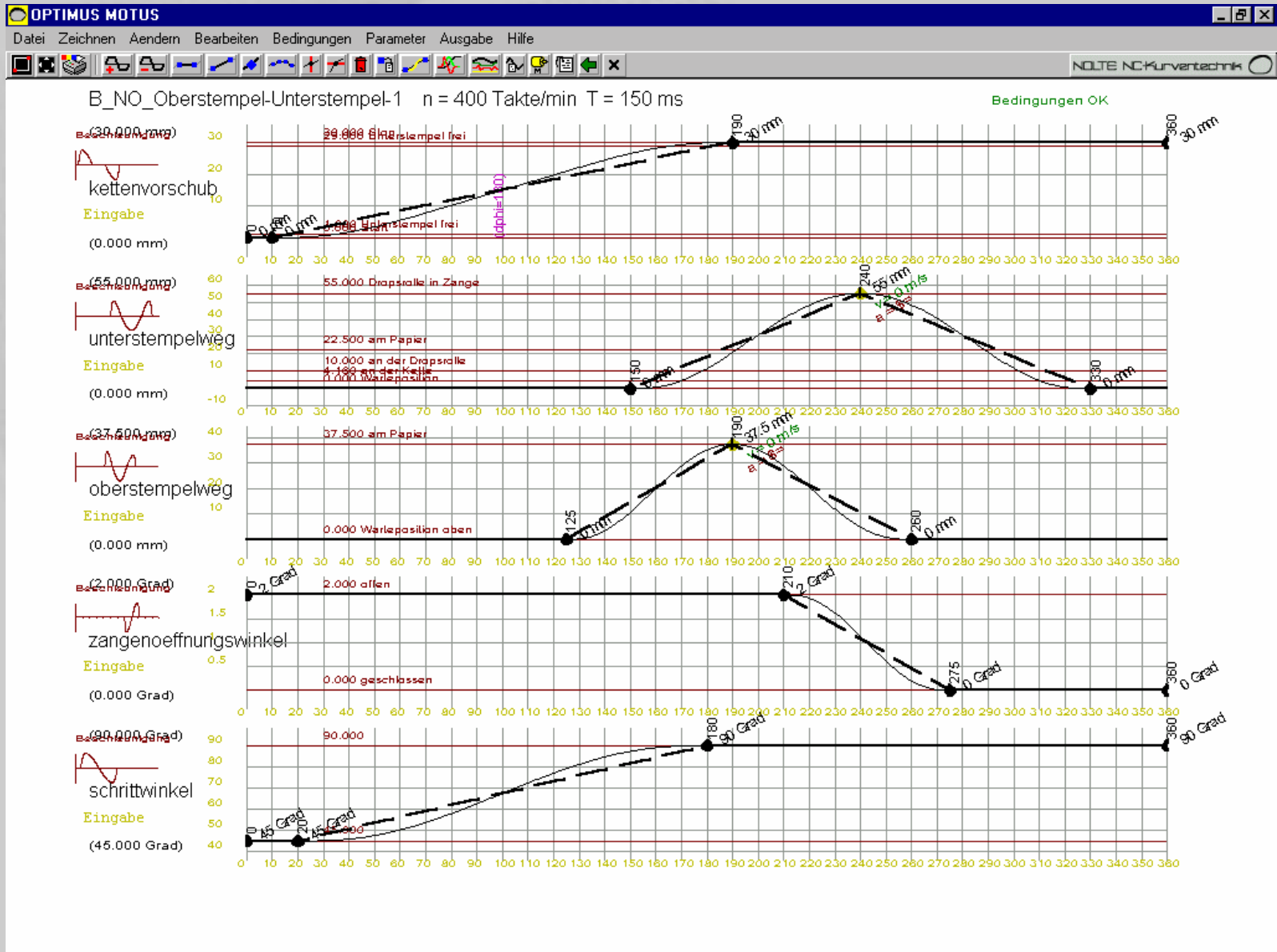
Aufgabenstellung



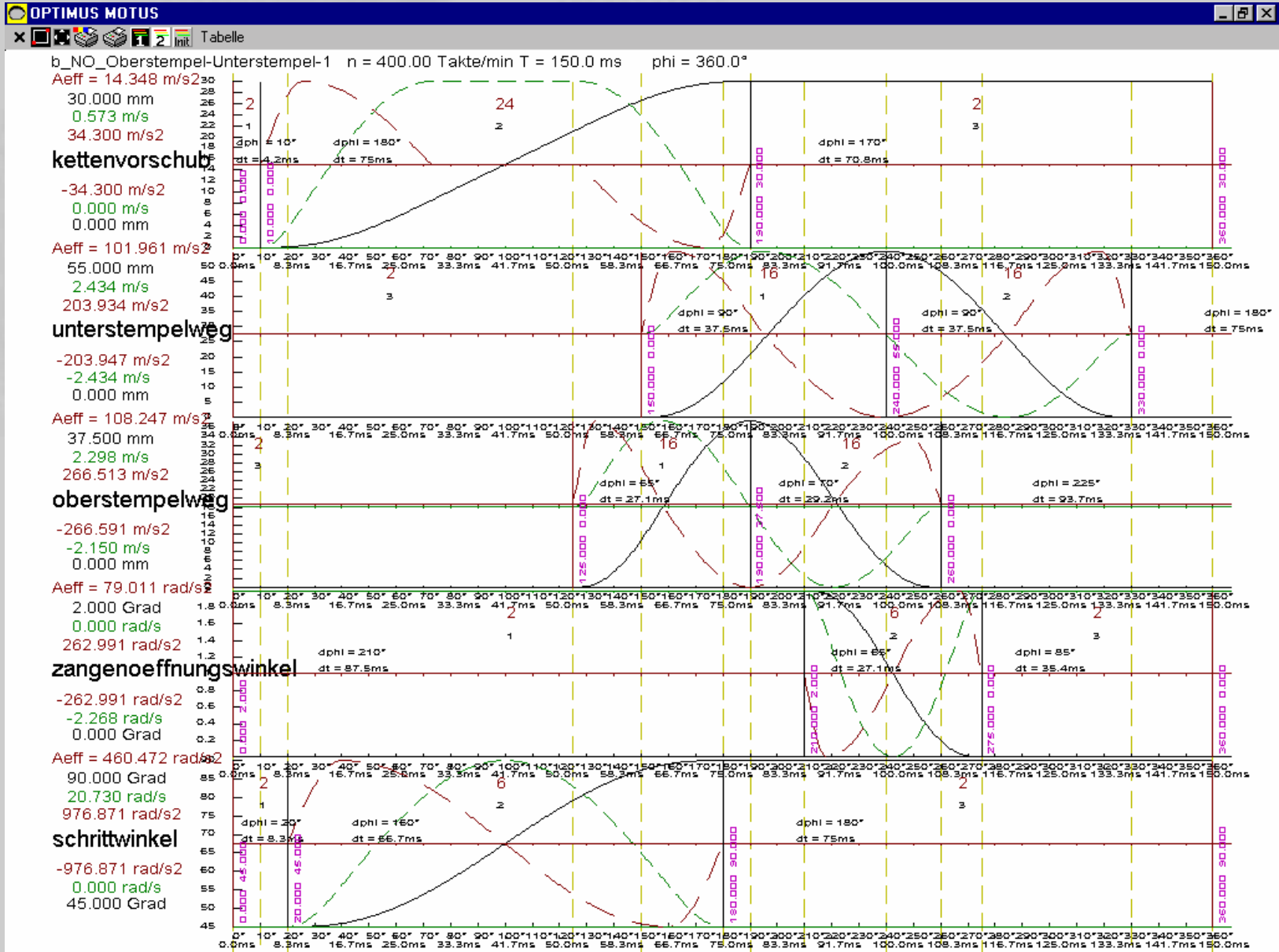
Zeichnung



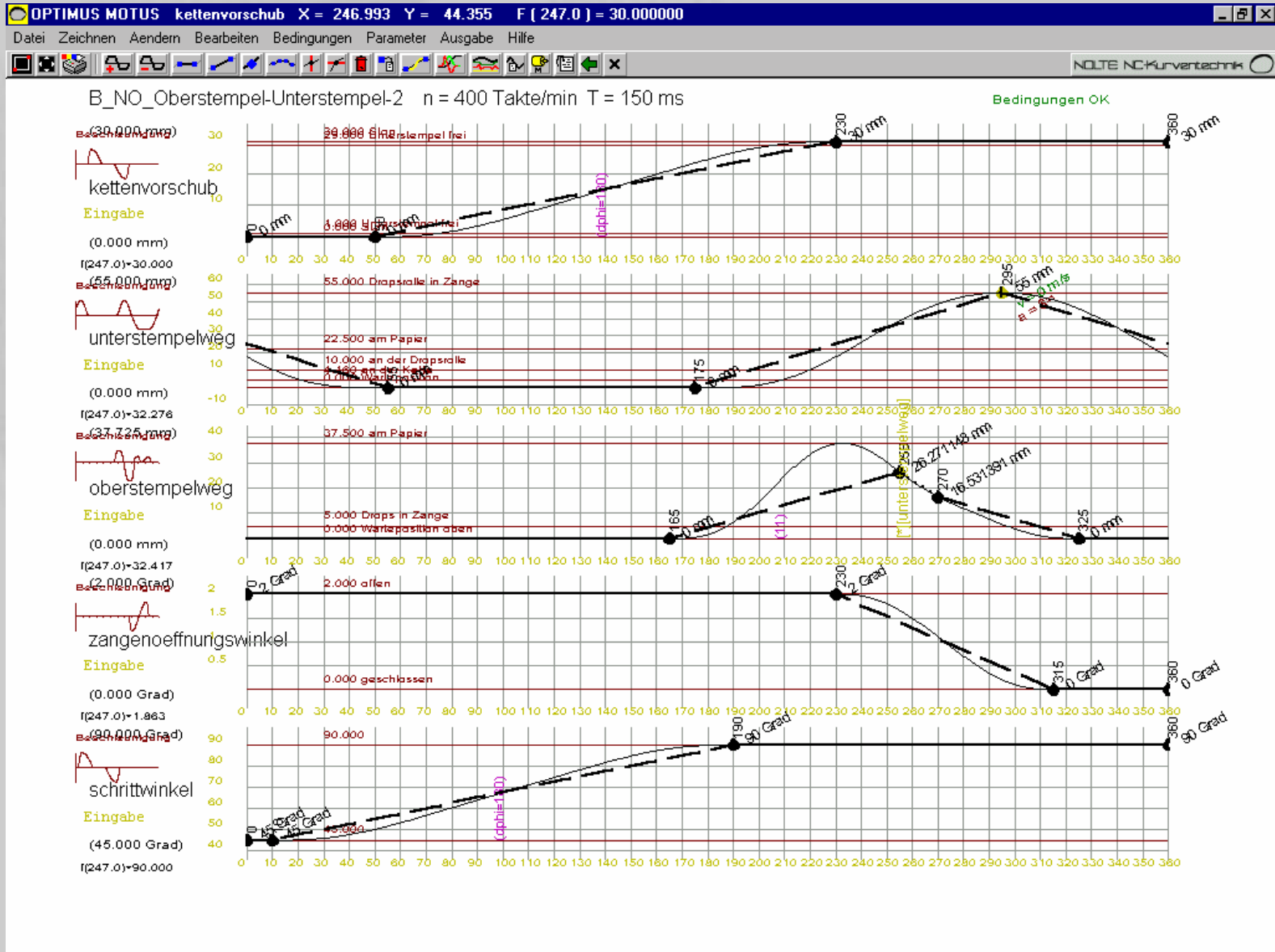
Erster Bewegungsplan



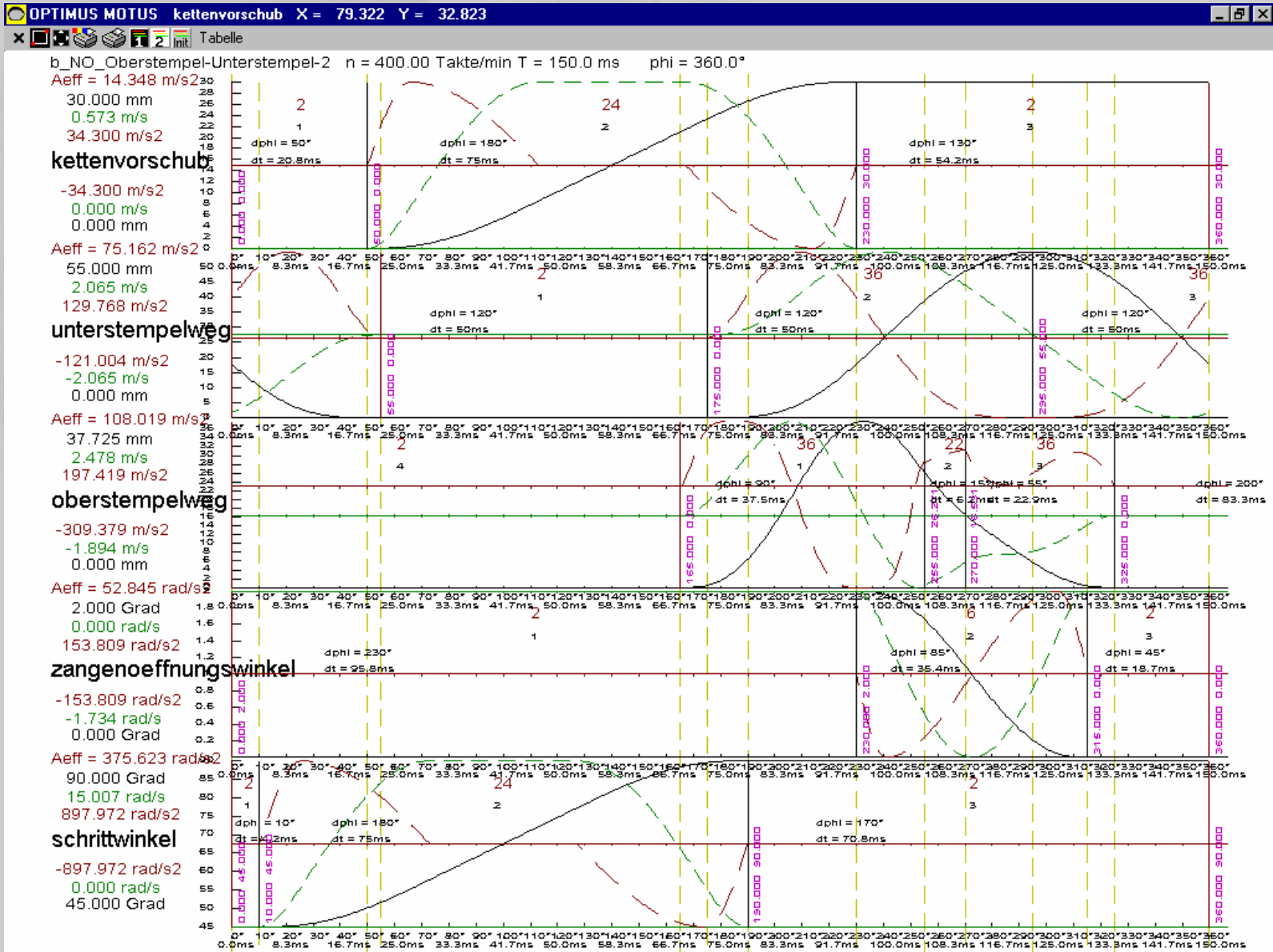
Erstes Bewegungsdiagramm



Optimierter Bewegungsplan



Optimiertes Bewegungsdiagramm



Detailbewertung

OPTIMUS MOTUS v X = 68.286 Y = 0.148

Tabelle

NO_Oberstempel-Unterstempel-2 (Eingriff unterstempelweg) n=400.00 Takte/min, T=150.0 ms

s(0.000000) = 17.887309 mm

s(360.000000) = 17.887309 mm

Hub = 55.000 mm

phi = 360.000 Grad

55.000 mm

s

0.000 mm

2.065 m/s

v

-2.065 m/s

129.768 m/s²

a

-121.004 m/s²

170.680 m²/s³

v*a

-170.680 m²/s³

14337.050 m/s³

da/dt

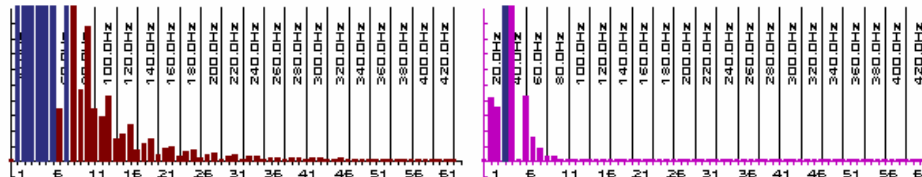
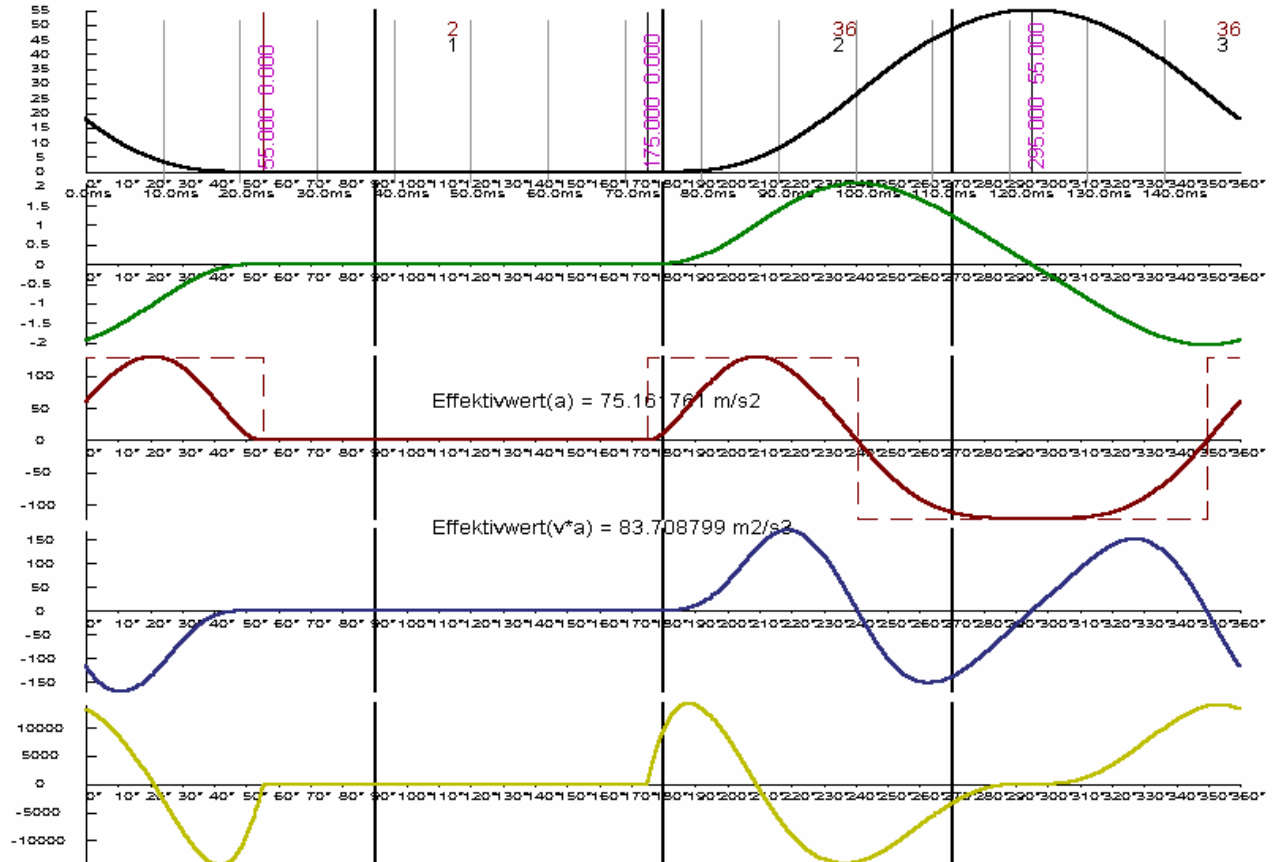
-14338.303 m/s³

1.935 m/s²

67.251 m²/s³

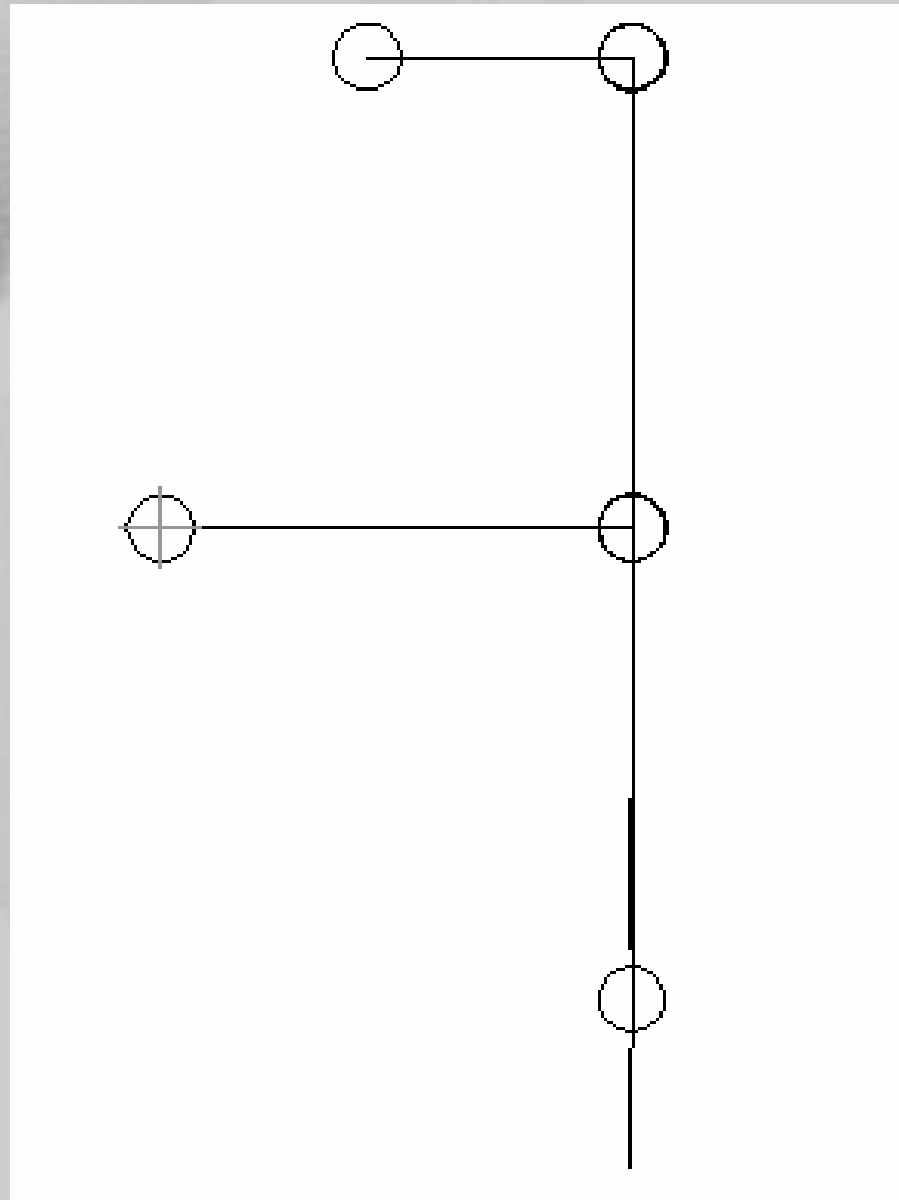
Ampl(a)

Ampl(v*a)

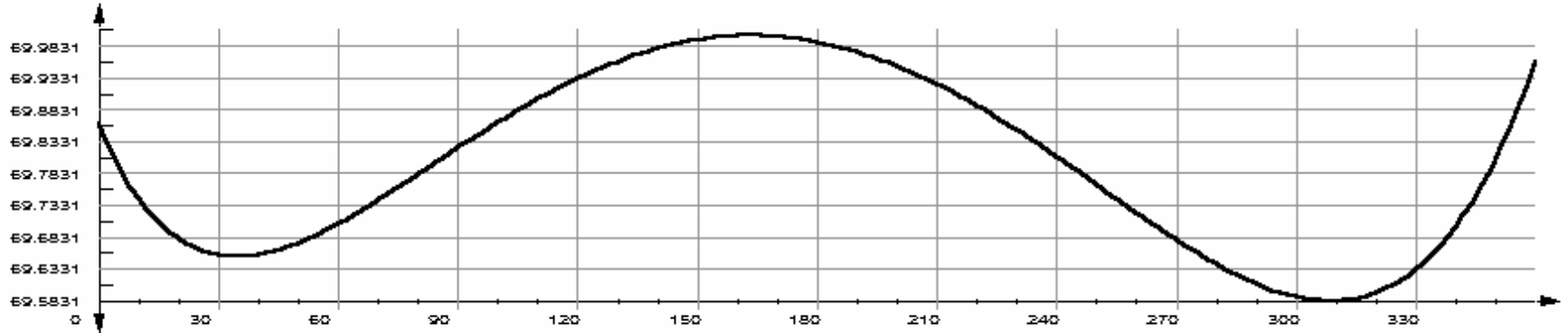


ACHTUNG! Auf der Abszisse des Verlaufes Ampl ist die Frequenzordnung aufgetragen, nicht der Taktwinkel phi!

Geradführungen

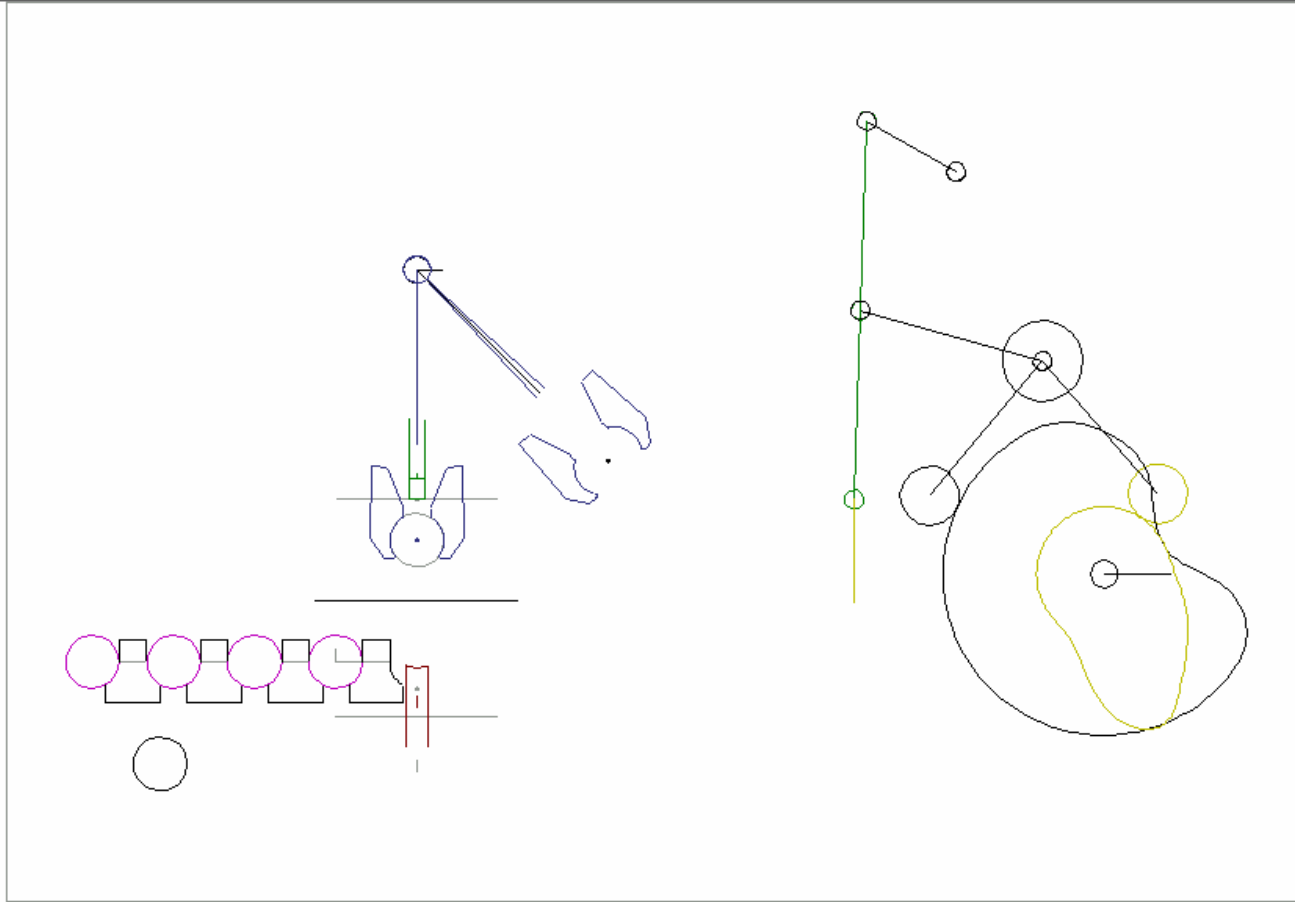


Geradführungsabweichung



Weg in mm ueber Taktwinkel in Grad min = 69.5831 max = 70 diff = 0.416862

Mechanik mit Oberstempel-Kurve



NO_Oberstempel-Unterstempel-3 (11092) | 400 Takte/min | | Befehl eingeben:



Kinetostatik aus Kurven aus Punkte ein HGEO aus

Hauptkurve Oberstempel

OPTIMUS MOTUS s X = 24.987 Y = -3.452

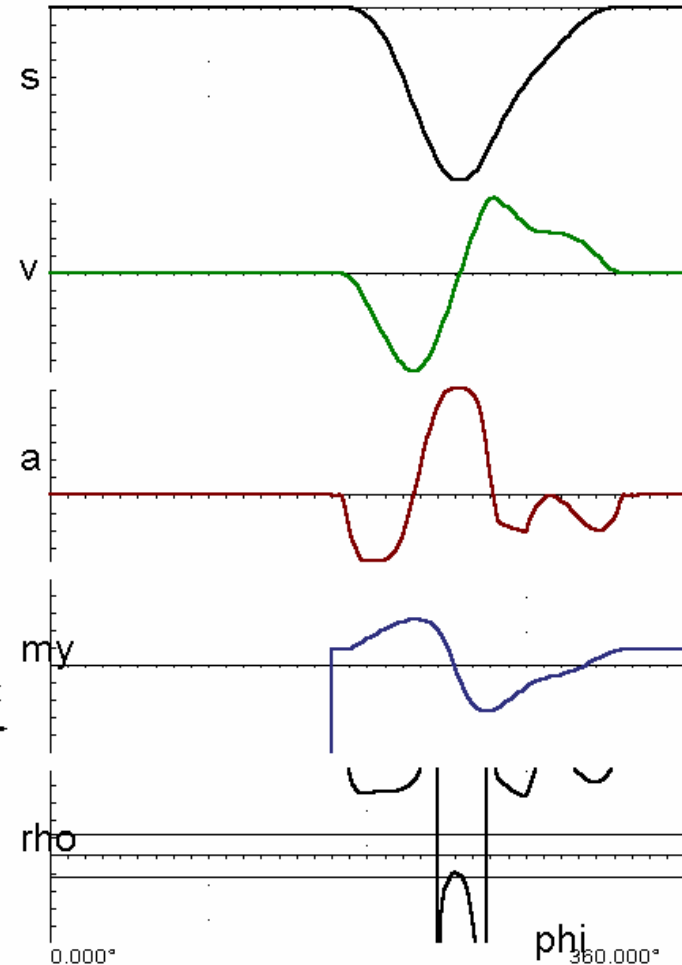
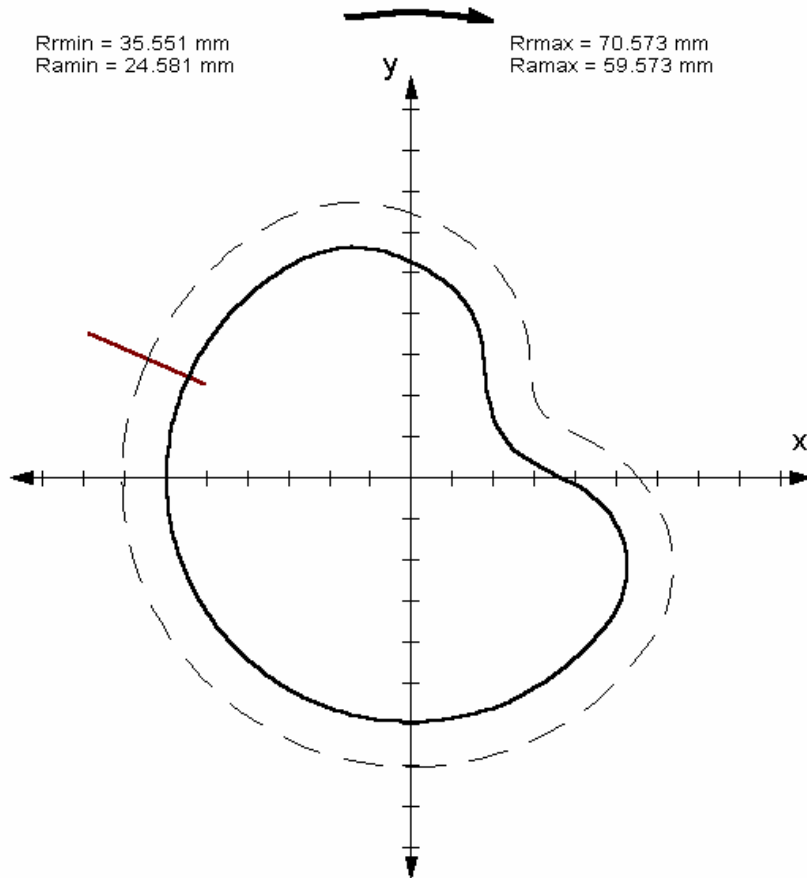
Tabelle

n = 400.000 Takte/min
 phimin = 0.000 Grad
 smin = -35.459
 vmin = -2.301
 amin = -185.611
 mymin = 41.496 Grad
 rhoR+min = 29.822 mm

phimax = 360.000 Grad
 smax = 0.000
 vmax = 1.778
 amax = 301.162
 mymax = 137.655 Grad
 rhoR-max = -8.680 mm

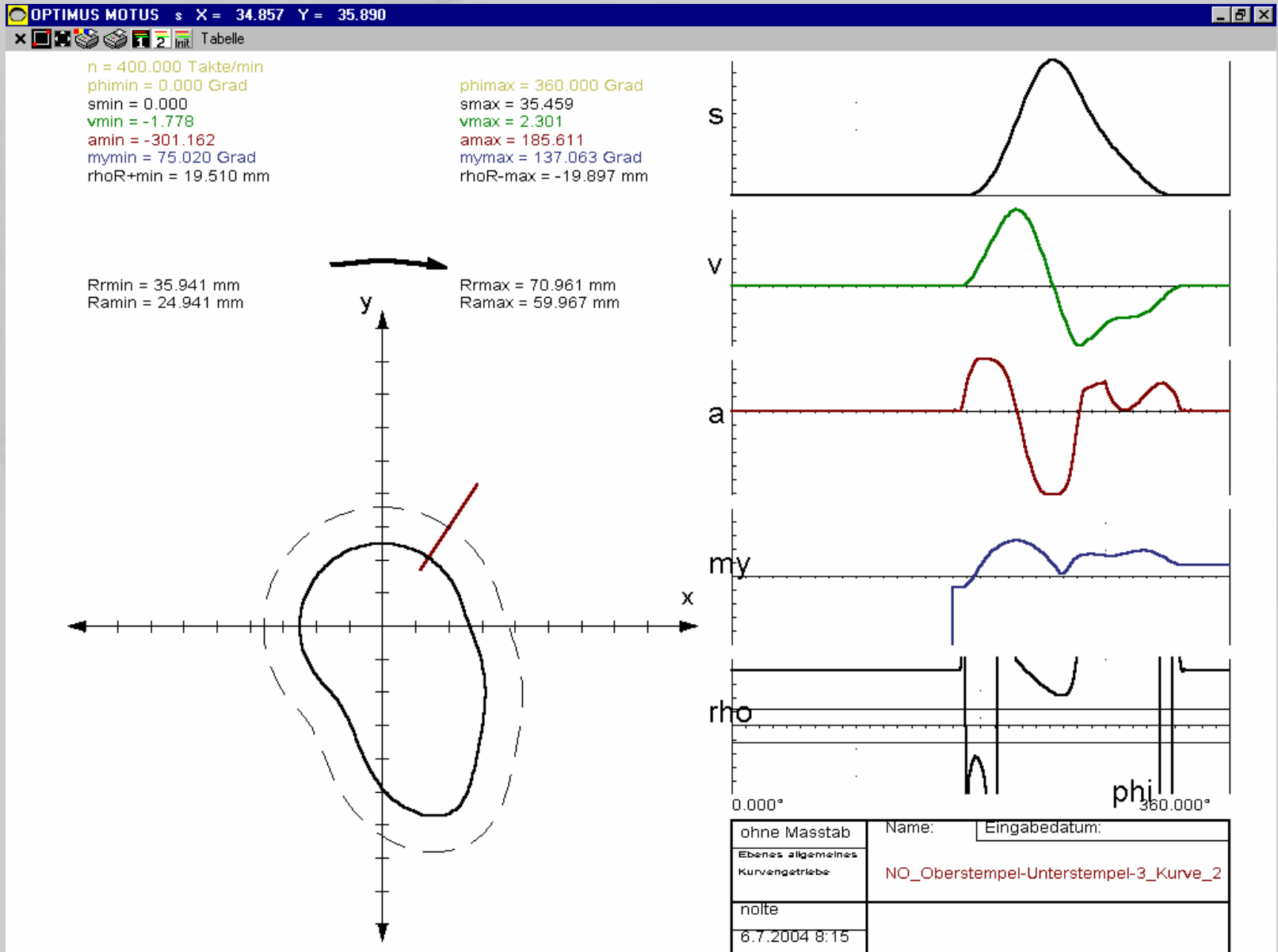
Rrmin = 35.551 mm
 Ramin = 24.581 mm

Rrmax = 70.573 mm
 Ramax = 59.573 mm

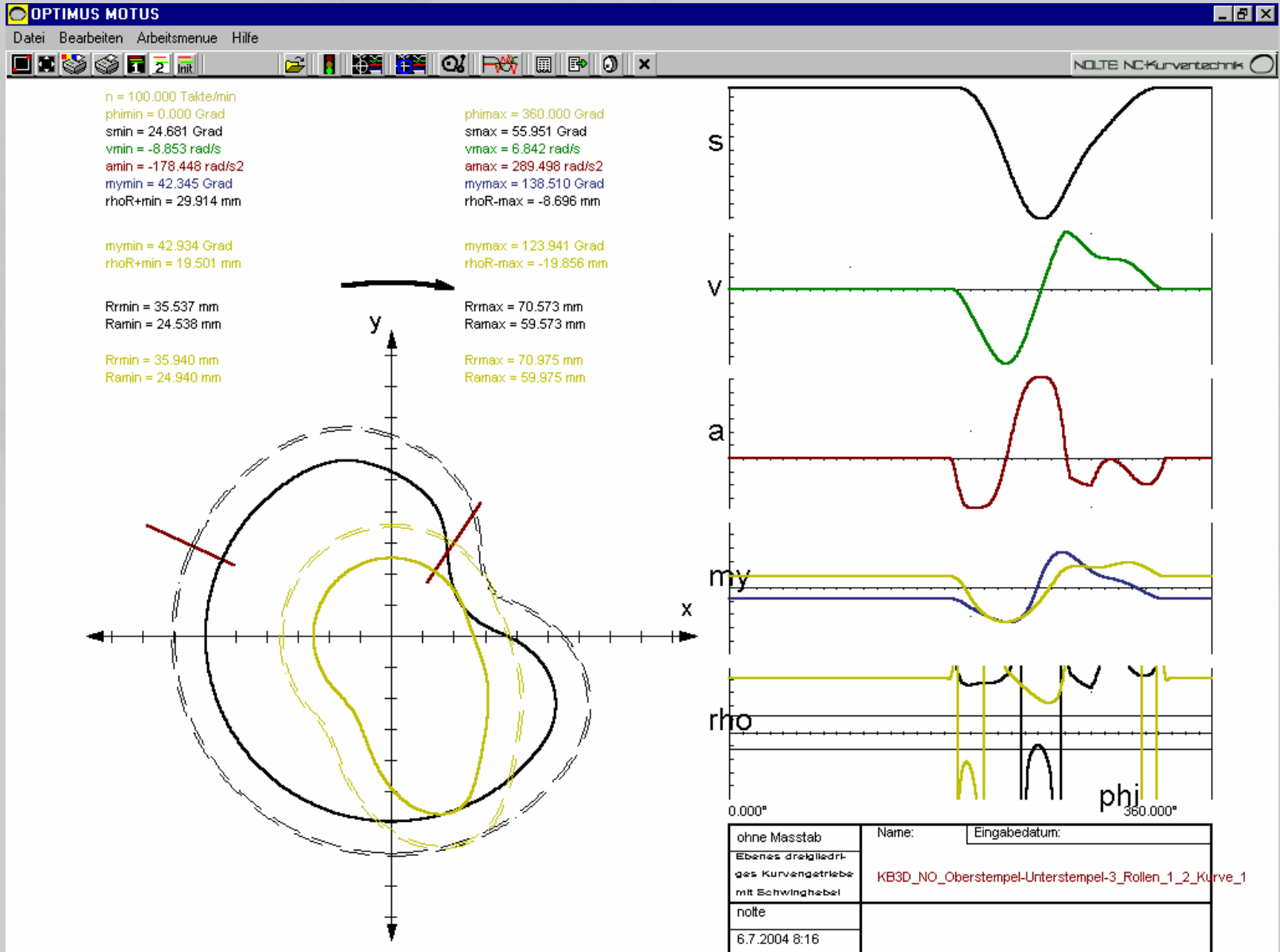


ohne Masstab	Name: Eingabedatum:
Ebenes allgemeines Kurvengetriebe	NO_Oberstempel-Unterstempel-3_Kurve_1
noite	
6.7.2004 8:12	

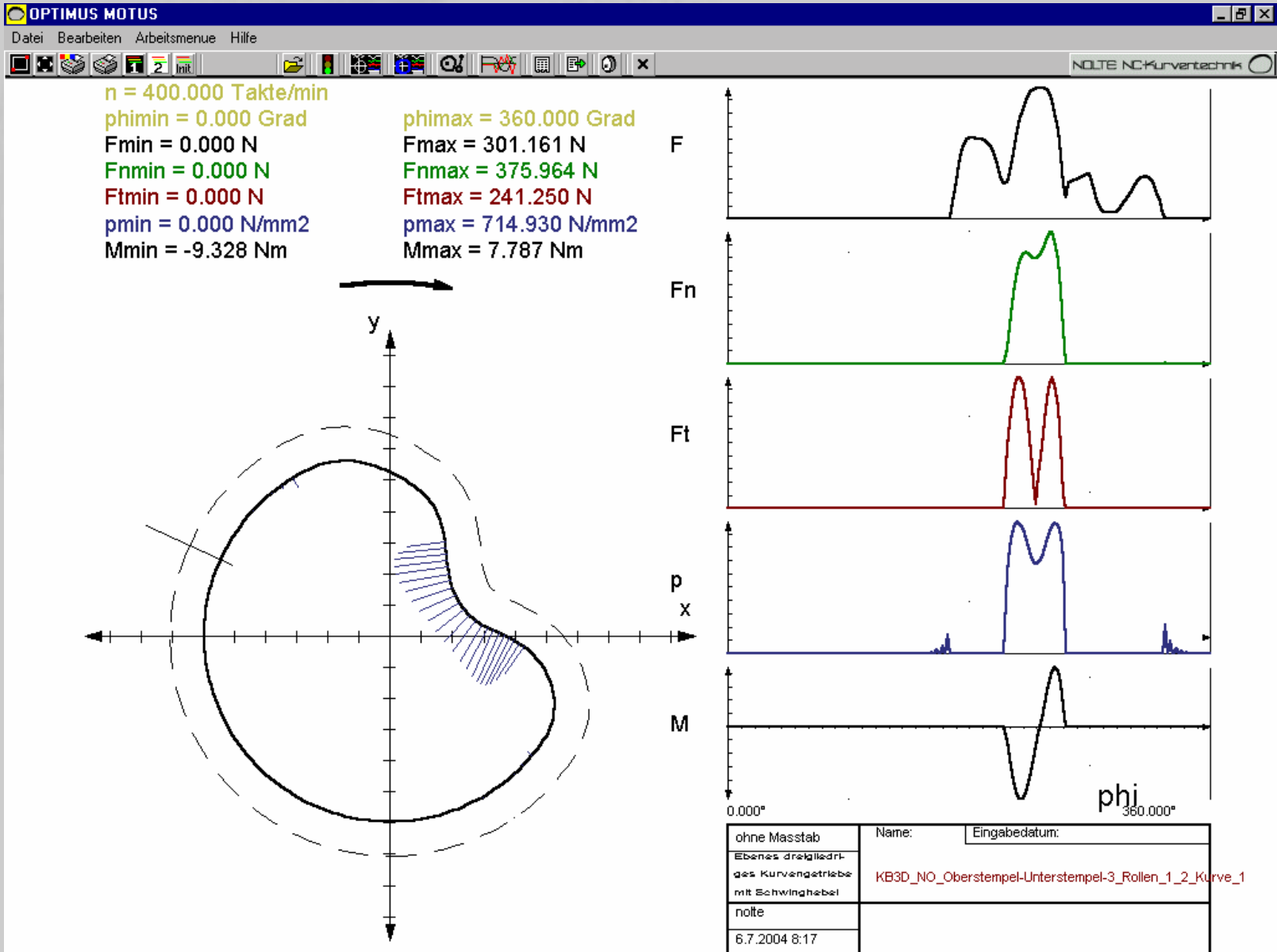
Gegenkurve Oberstempel



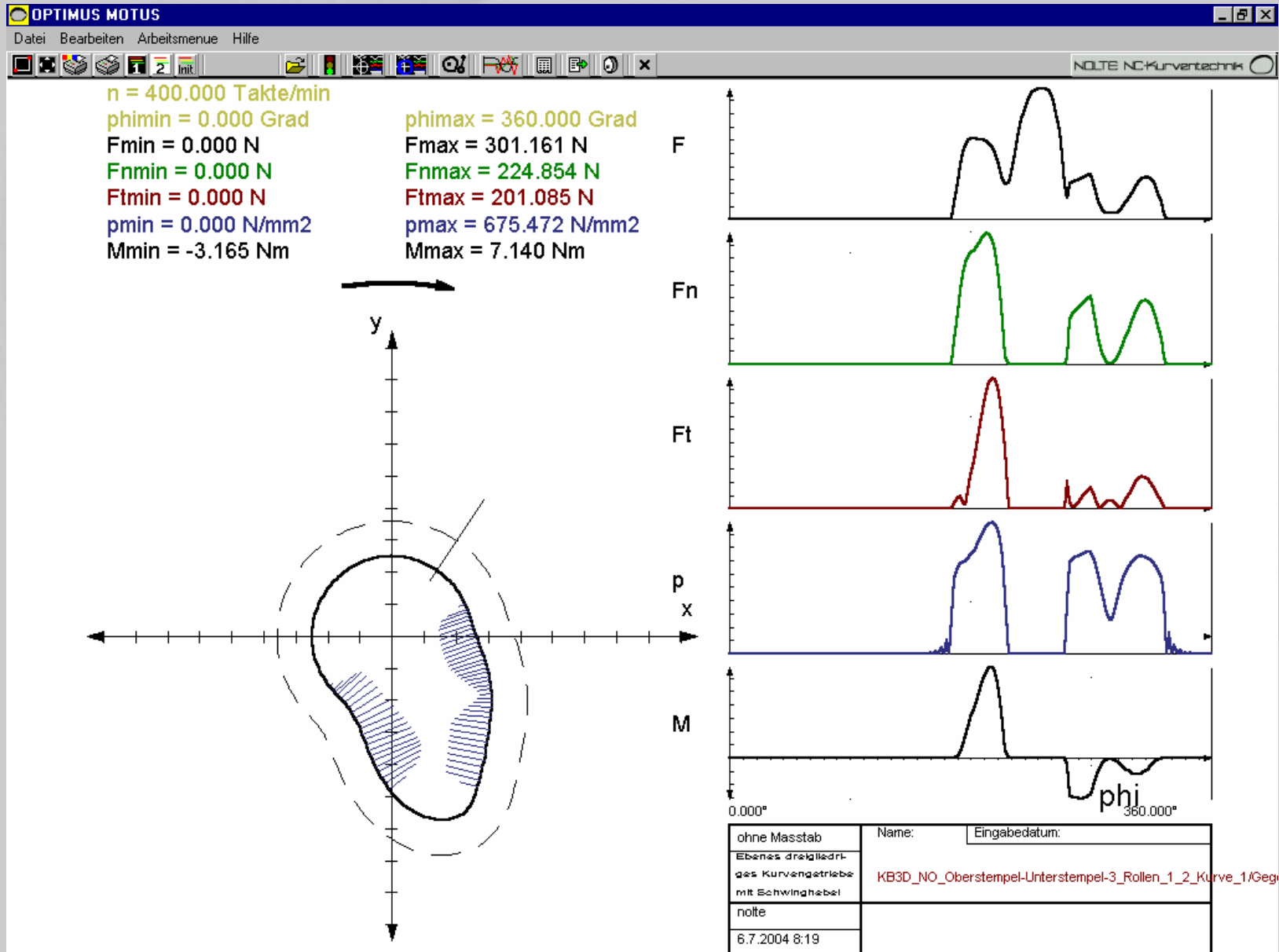
Haupt- und Gegenkurve



Belastung der Hauptkurve



Belastung der Gegenkurve



Lebensdauerberechnung Teil 1

```
omedit - auslegung.txt
Datei Edit Suchen Format Info
ROLLEN- UND KURVENLEBENSDAUERBERECHNUNG

Datensatz .....: H_KB3D_NO_Oberstempel-Unterstempel-3_Rollen_1_2_Kurve_1
Taktzahl .....: 400.000 Takte/min
Masse auf der Rolle .....: 1.000 kg

Geforderte nom.Rollenlebensdauer: 20000 h (Erlebenswahrscheinlichkeit 90 %)
Aequivalente Rollendrehzahl ....: 1060.122 U/min
Maximale Rollendrehzahl .....: 2166.335 U/min
Aequivalente Rollenlagerlast ...: 168.569 N
Erforderliche dyn. Tragzahl Cdyn: 1439 N bzw. 147 kg

Erlebenswahrscheinlichkeit 90 %
Nominelle Rollenlebensdauer / Erford. dyn. Tragzahl Cdyn:
  2000 h          721 N
  5000 h          950 N
 10000 h         1169 N
 20000 h         1439 N
 50000 h         1895 N
100000 h         2333 N

Balligkeit der Kurvenrolle .....: 500 mm          I
Maximale Hertzsche Pressung .....: 714.930 N/mm2    nach INA
                                                A
Maximale Abdrucklaenge .....: 3.235 mm = Mindestkurvenbreite
Mindeststreckgrenze .....: 429.0 N/mm2

Geforderte Kurvenlebensdauer ...: 20000 h
Mindesthaerte der Kurvenflanke ..: 45 HRC (nach Volmer)
Mindestdicke der Haerteschrift ..: 0.1 mm

Kurvenlebensdauer  Mindesthaerte der Kurvenflanke
  2000 h          36 HRC
  5000 h          36 HRC
 10000 h          41 HRC
 20000 h          45 HRC
 50000 h          51 HRC
100000 h          56 HRC

Empf. Mindest-Haertungstiefe bei Einsaetzhaertung .....: 0.33 mm

-----

ROLLENAUSWAHL

Erlebenswahrscheinlichkeit = 90 Prozent
Rollendurchmesser           = 22.000000 mm
```

Lebensdauerberechnung Teil 2

omedit - auslegung.txt

Datei Edit Suchen Format Info

ROLLENAUSWAHL

Erlebenswahrscheinlichkeit = 90 Prozent
 Rollendurchmesser = 22.000000 mm
 Aequivalente Lagerlast = 168.569 N
 Aequivalente Rollendrehzahl = 1060.122 U/min
 Minimale Kontaktkraft = 0.000 N
 Maximale Kontaktkraft = 375.964 N
 Maximale Rollendrehzahl = 2166.335 U/min

Erlebenswahrscheinlichkeit = 90 % 95 % 96 % 97 % 98 % 99 %
 a1 = 1 0.62 0.53 0.44 0.33 0.21

Hersteller	Rollentyp	Aussendrm [mm]	Bolzendrm [mm]	Breite [mm]	Rollenmantel	Cdyn [kN]	Cstat [kN]	Drehzahl [1/min]	Max.pHertz [N/mm2]	Min.Kurven- breite [mm]	Nom.Lebens- dauer 90%
INA	KR22	22.000	10.000	12.000	500.0 mm ballig	4.45	5.20!	8000	714.9	3.2	861192 h
INA	KR22PP	22.000	10.000	12.000	opt. INA-Profil	4.45	5.20!	8000	714.9	3.2	861192 h
INA	KRU22PP	22.000	10.000	12.000	opt. INA-Profil	6.30	9.10!	2600	714.9	3.2	100 Jahre
INA	KRE22PP	22.000	10.000	12.000	opt. INA-Profil	4.45	5.20!	8000	714.9	3.2	861192 h
INA	LR607NPPU	22.000	7.000	6.000	500.0 mm ballig	2.13	0.88!*	20000	714.9	3.2	31717 h
INA	LR50/7NPPU	22.000	7.000	10.000	500.0 mm ballig	3.30	1.69!*	10000	714.9	3.2	117951 h
SKF	KR22	22.000	10.000	12.000	zylindrisch	4.40	5.00!	8000	310.9		829358 h
SKF	KR22PP	22.000	10.000	12.000	zylindrisch	4.40	5.00!	8000	310.9		829358 h
SKF	KRE22PP	22.000	13.000	12.000	zylindrisch	4.40	5.00!	8000	310.9		829358 h
SKF	KRU22PP	22.000	10.000	12.000	zylindrisch	6.05	9.15!	2600	310.9		100 Jahre

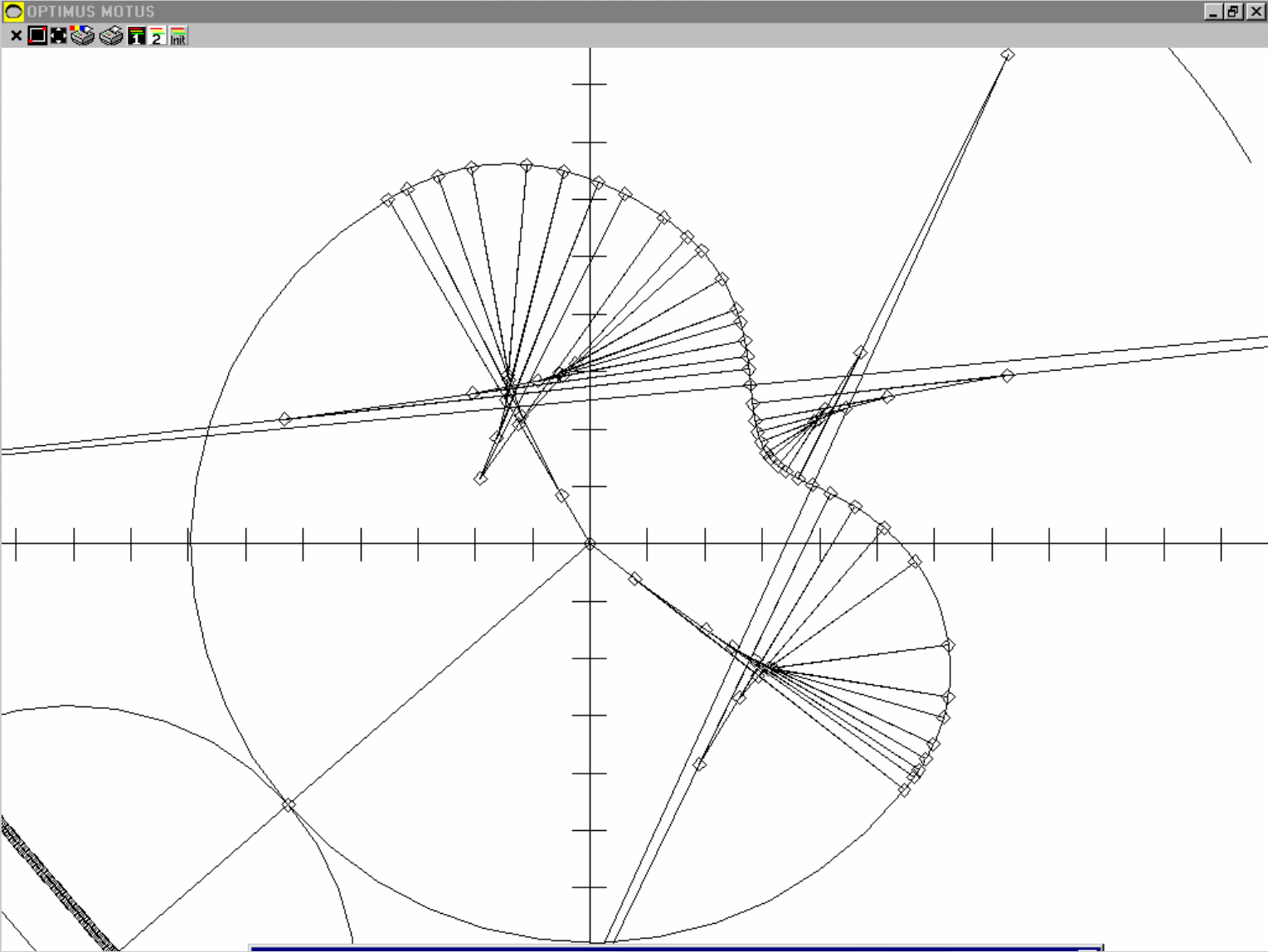
Anmerkung zu Spalte Cstat:
 Bei Rollen mit der !-Kennzeichnung ist die Mindestandruckkraft so gering, dass Schlupf entstehen kann (Soll: $Pr > Cstat/60$)
 Bei Rollen mit der *-Kennzeichnung ist die statische Belastung der Rolle durch die Maximalbelastung sehr hoch ($F_{max} > Cstat/8$)

Maximal zulaessiger Verkipfungswinkel der Rolle unter Last:
 0.25 Grad bei balligen Rollen
 0.10 Grad bei zylindrischen Rollen
 (Empfehlung laut INA-Katalog)

Schmierung: CLP-Oeile nach DIN 51517 bzw. lithiumverseifte Schmierfette nach DIN 51825
 (Empfehlung laut INA-Katalog)

Standard-Toleranzwerte fuer den Aussendurchmesser des Rollenmantels: 0 / -0.05 mm
 Fuer hochdynamische zwanglaeufige Kurvengetriebe ist diese Toleranz zu grob!

Zirkularinterpolation



NC-Programm

```
omedit - ls.out
Datei Edit Suchen Format Info
W TNC 426:H KB3D_NO Oberstempel-Unterstempel-3_Rollen_1_2_Kurve_1
0 BEGIN PGM 10035 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-200 Y-200 Z-200
2 BLK FORM 0.2 X200 Y200 Z200
3 TOOL DEF 1 L+0.000 R+0.000
4 TOOL CALL 1 Z S200.000
5 L X-90.429 Y-78.232 F9999 M13
6 L Z+2.000 R F M
7 L Z+0.000 R F M
8 L X-51.173 Y-123.608
9 CC X-90.429 Y-78.232
10 C X-45.053 Y-38.976 DR+ R F M
11 CC X0.000 Y0.000
12 C X-30.158 Y51.375 DR- R F M
13 CC X-4.964 Y8.418
14 C X-27.411 Y52.873 DR- R F M
15 CC X-11.949 Y22.252
16 C X-23.219 Y54.651 DR- R F M
17 CC X-14.128 Y28.515
18 C X-18.920 Y55.769 DR- R F M
19 CC X-14.271 Y29.328
20 C X-11.972 Y56.076 DR- R F M
21 CC X-14.645 Y24.978
22 C X-7.034 Y55.248 DR- R F M
23 CC X-16.289 Y18.437
24 C X-2.244 Y53.700 DR- R F M
25 CC X-19.109 Y11.357
26 C X1.517 Y52.001 DR- R F M
27 CC X-19.107 Y11.362
28 C X7.115 Y48.635 DR- R F M
29 CC X-12.468 Y20.798
30 C X10.287 Y46.108 DR- R F M
31 CC X-4.750 Y29.382
32 C X11.982 Y44.412 DR- R F M
33 CC X-2.547 Y31.361
34 C X14.370 Y41.120 DR- R F M
35 CC X-5.345 Y29.747
36 C X16.051 Y37.508 DR- R F M
37 CC X-9.099 Y28.385
38 C X16.604 Y35.808 DR- R F M
39 CC X-9.096 Y28.386
40 C X17.167 Y33.470 DR- R F M
41 CC X-20.475 Y26.183
42 C X17.514 Y31.364 DR- R F M
43 CC X-53.257 Y21.713
44 C X17.762 Y29.332 DR- R F M
45 CC X-166.446 Y9.569
```