

KfK 4856

Mai 1991

Teststand COMETOS

**Berichtsteil II
Verformungsmessungen unter
dynamischer Last
Messung der absoluten
Wiederholgenauigkeit**

U. Schygulla

**Projekt Heißdampfreaktor Sicherheitsprogramm/
Handhabungstechnik**

Kernforschungszentrum Karlsruhe

Kernforschungszentrum Karlsruhe
Projekt Heißdampfreaktor Sicherheitsprogramm/
Handhabungstechnik

KfK 4856

TESTSTAND COMETOS

BERICHTSTEIL II

- **Verformungsmessungen unter
dynamischer Last**

- **Messung der absoluten
Wiederholgenauigkeit**

U. Schygulla

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript gedruckt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

ISSN 0303-4003

KfK 4856 U. Schygulla, Teststand COMETOS, Berichtsteil II

Bitte beachten Sie:

Bei der Zusammenstellung des Berichtes wurden die Anlagen 2.2-16 bis 2.2-20 irrtümlich nach Anlage 2.2-26 eingeordnet.

Seite 5, Zeile 9 muß lauten: Bahnanfangs- und Bahnendpunkt

Auf Seite 61 fehlt die Unterschrift: Anlage 2.2-31.

Seite 252, Zeile 3 muß lauten:

Histogrammen (Anlage 3.2-1 bis 3.2-9)

Seite 252, Zeile 8 muß lauten: umorientiert

Seite 252, 4. Zeile von unten muß lauten: Verteilungsfunktion

Zusammenfassung

Im Kernforschungszentrum Karlsruhe wurde ein Robotersystem zum Bearbeiten von Gußteilen entwickelt. Dieses modular aufgebaute System besteht aus einem kartesischen Portalroboter zum Vermessen der Gußteile, einem zweiten baugleichen Portalroboter zum Putzen der Gußteile und einem neuentwickelten Knickarmroboter zum Trennen der Steiger.

Um das tatsächliche Bewegungsverhalten des Meß- und des Bearbeitungsroboters zu bestimmen, wurden an diesen umfangreiche Messungen zur

- absoluten Werkstücklage bzgl. des Roboterkoordinatensystems
- statischen Verformung der Roboterachse
- absoluten Wiederholgenauigkeit des Tool Center Point
- Bahnabweichung des Tool Center Point
- Schwingungsanregung

durchgeführt. Im vorliegenden Berichtsteil II wird die Durchführung der Messungen für die

- absolute Wiederholgenauigkeit des Tool Center Point
- Bahnabweichung des Tool Center Point

beschrieben und die Meßergebnisse dokumentiert.

Die Messungen wurden mit einem Lasermeßsystem sehr hoher Auflösung durchgeführt, welches in der Lage ist, alle 6 Freiheitsgrade simultan zu erfassen.

Test facility COMETOS

- Measurements of the absolut position accuracy of the tool center point
- Measurements of the path deviation of the tool center point

Abstract

A test facility for fettling has been installed at the Nuclear Research Center Karlsruhe. This modular system consists of one cartesian measuring robot in portal version, a second cartesian fettling robot in portal version and a new developed articulated arm robot for abrasive cutting of feeders.

To determine the real behaviour of motion of all robots extensive measurements were performed as follows:

- absolute position of the workpiece referring to the robot coordinate system
- static deflection of the robot arm
- absolute position accuracy of the tool center point
- path deviation of the tool center point
- vibration behaviour

This report presents the procedure of measurements and the experimental results of

- absolute position accuracy of the tool center point
- path deviation of the tool center point

The measurements were realized with a new developed laser-measurement-system of high resolution, which allows to record all 6 degrees of freedom simultaneously.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG	S. 1
2.	VERFORMUNGSMESSUNGEN UNTER DYNAMISCHER LAST	S. 3
2.1	Meßroboter (KuKa)	S. 4
2.1.1	Meßaufbau und Versuchsdurchführung	S. 4
2.1.2	Meßdaten	S. 5
2.2	Bearbeitungsroboter (KuKa)	S. 28
2.2.1	Meßaufbau und Belastungseinrichtung	S. 28
2.2.2	Versuchsdurchführung	S. 35
2.2.3	Meßdaten	S. 35
2.2.4	Versuchsübergreifende Meßdatendarstellung	S. 130
2.3	Bearbeitungsroboter (Noell)	S. 164
2.3.1	Meßaufbau und Belastungseinrichtung	S. 164
2.3.2	Versuchsdurchführung	S. 165
2.3.3	Meßdaten	S. 165
3.	BESTIMMUNG DER WIEDERHOLGENAUIGKEIT (NOELL)	S. 251
3.1	Versuchsdurchführung	S. 251
3.2	Meßdaten	S. 252

1. EINLEITUNG

Im Kernforschungszentrum Karlsruhe wurde ein Robotersystem zum Gußputzen, bestehend aus 2 Portalrobotern (KuKa-Roboter) und einem Knickarmroboter (NOELL), aufgebaut. In den Arbeitsbereichen der 3 Roboter sollen Paletten mit darauf aufgespannten Werkstücken zur Vermessung und Bearbeitung fixiert werden. Ein Portalroboter dient der Vermessung der Werkstücke. Die damit ermittelten Geometriedaten werden als Basis für die Programme der beiden Bearbeitungsroboter verwendet. Zwischen den Robotern findet somit ein Materialfluß von Vermessungs- zum Bearbeitungsroboter statt.

Um die Bearbeitungsdaten vom Meßroboter zum Putzroboter transformieren zu können, muß die absolute Lage der Paletten bezüglich der Roboter bekannt sein. Zudem ergeben sich mehrere Fragen nach dem tatsächlichen Verhalten der Geräte, die nur durch Messungen beantwortet werden können. Sie betreffen die **Wiederholgenauigkeit**, die **Abweichungen von der absoluten Position**, wie auch die **Bahnabweichungen** und **das Verhalten unter Last**. Dazu kommen die Abweichungen bei der **Palettenfixierung** und der **Schwingungsanregung** durch Unwucht am Bearbeitungswerkzeug (Schleifmaschine).

Mit Kenntnis der Abweichungen lassen sich Rückschlüsse auf die zu erwartenden Toleranzen bei der Bearbeitung schließen, wobei durch entsprechende Maßnahmen eine teilweise Kompensation und damit eine größere Bearbeitungsgenauigkeit erreicht werden kann.

Im Rahmen einer 1. Meßkampagne im Juli 1989, konnten nur die beiden Portalroboter vermessen werden, weil der Schräggelenkmanipulator noch nicht einsatzfähig war. Damals wurden alle relevanten Portalrobotern charakterisierenden Größen wie

- absolute Palettenlage bezgl. der Roboter
- Wiederholgenauigkeit
- Bahnabweichung
- Schwingungsanregung

meßtechnisch bestimmt und in /1/ dokumentiert. Auf der Grundlage der Meßergebnisse wurden die Parameter der Robotersteuerung optimiert.

In einer 2. Meßkampagne im April 1990, konnten dieselben Kenngrößen an allen drei Robotern nochmals überprüft bzw. neu ermittelt werden. Sie betrafen die Messung der Palettenlage, das Verhalten der Roboter unter statischer und dynamischer Last sowie Schwingungsuntersuchungen durch Unwucht am Bearbeitungsroboter.

Bei statischer Belastung war von Interesse, inwieweit sich die Struktur linear verformt und wie groß die absoluten Verformungen sind. Bei dynamischer Belastung sollte der Einfluß der Verfahrgeschwindigkeit und der aufgetragenen Last auf die Verformung untersucht werden. Die Schwingungsuntersuchungen sollten Aufschluß darüber bringen, welche Eigenfrequenzen an der Roboterhand auftreten.

Vorliegender Bericht besteht somit aus drei Teilen mit folgendem Inhalt:

- Teil 1:** - Messung Palettenlage
- Verformungsmessungen unter statischer Last
- Teil 2:** - Verformungsmessungen unter dynamischer Last
- Messungen der absoluten Wiederholgenauigkeit
- Teil 3:** - Schwingungsmessungen

2. VERFORMUNGSMESSUNGEN UNTER DYNAMISCHER LAST

An den einzelnen Robotern wurden sowohl Verformungsmessungen mit und ohne Last als auch Messungen der Wiederholgenauigkeit durchgeführt. Im folgenden ist aufgelistet, welche Messungen an den Robotern durchgeführt wurden:

Meßroboter (KuKa)	- Messung der Bahnabweichung ohne Last
Bearbeitungsroboter (KuKa)	- Messung der Bahnabweichung ohne und mit Last
Bearbeitungsroboter (Noell)	- Messung der Bahnabweichung ohne und mit Last - Messung der Wiederholgenauigkeit

Die Messung der Wiederholgenauigkeit beim Bearbeitungsroboter (Noell) war erforderlich, weil dieser während der 1. Meßkampagne nicht einsatzbereit war.

Ziel dieser Belastungsversuche war es, das Verformungsverhalten der Struktur unter verschiedenen Last- und Geschwindigkeitstufen zu untersuchen. Es sollte ein Kennfeld

$$\text{Verformung} = f [\text{Last}; \text{Geschwindigkeit}]$$

ermittelt werden. Insbesondere waren die Maximalwerte der Bahnabweichung für die Beurteilung der Roboter von Interesse. Die Messung der Bahnabweichung ohne Last diente als Referenzmessung. Ferner sollte sie durch ein Vergleich mit den Meßdaten der 1. Meßkampagne zeigen inwieweit die Optimierung der Steuerungsparameter Erfolg hatte.

2.1 Meßroboter (KuKa)

Am Meßroboter wurden ausschließlich Bahnfahrten ohne Last durchgeführt. Verfahren wurde parallel zu den drei Koordinatenachsen x_R , y_R , z_R des Roboterkoordinatensystems (WORLD) und längs einer Raumdiagonale. Während beim Verfahren längs der Raumdiagonale alle Antriebe im Einsatz waren, wurde bei den Bahnfahrten parallel zur x_R , y_R , z_R jeweils ein einzelner Antrieb angesprochen.

2.1.1 Meßaufbau und Versuchsdurchführung

Beschrieben wird der Aufbau und die Durchführung für eine Verfahrrichtung, weil für die anderen der Vorgang analog war.

Die Lasereinheit wurde auf einer besonderen Meßpalette /1/ fest fixiert, die im Arbeitsraum des Meßroboters hydraulisch festgespannt wurde. Der Reflektorkopf wurde an der Roboterhand befestigt und durch Verfahren des Roboters das Meßsystem justiert.

Es wurden drei Bahnfahrten hintereinander mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten gefahren. Verfahren wurde parallel zur gewählten Achsrichtung des Roboters. Für jede Geschwindigkeitsstufe wurde eine Aufzeichnungsfrequenz berechnet. Sie ergab sich bei bekannter Bahnlänge und vorgegebener Geschwindigkeit aus der Bedingung, daß das Meßsystem immer 1000 Samples aufzeichnen muß.

Die Verfahrrichtprogramme wurden auf einem PC generiert und auf die Steuerung heruntergeladen. Das Meßsystem wurde durch die Steuerung getriggert.

2.1.2 Meßdaten

Anlage 2.1-3 gibt ein Überblick über die einzelnen gefahrenen Versuche. Die Meßdaten in Form von Plots sind in **Anlage 2.1-4 bis 2.1-9** zusammengefaßt. Die zu **Anlage 2.1-10 bis 2.1.21** korrespondierenden Versuchsnummern sind der oberen rechten Ecke jedes Plots zu finden. In den Plots sind die Abweichungen in x_L - und y_L -Richtung im Lasermeßsystem bezüglich einer Referenzgeraden aufgetragen. Die Referenzgerade ist definiert als eine Gerade, durch den tatsächlich gemessenen Bahnaufgangs- und Bahnendpunkt. Diese Referenzgerade ist in der Regel nicht mit dem Laserstrahl identisch. Die Anordnung von Laserkoordinatensystem und Roboterkoordinatensystem ist für die jeweilige Verfahrrichtung in **Anlage 2.1-1** zu sehen. Als dritte Meßgröße ist die absolute Abweichung von der Referenzgeraden über der Bahnlänge aufgetragen.

$$\Delta f_{ABS} = \sqrt{x_L^2 + y_L^2}$$

Die Meßergebnisse der Orientierungen sind hier nicht aufgeführt, weil diese keine nennenswerten Änderungen aufwiesen. Um dieses zu verdeutlichen sind die Meßergebnisse der Orientierungen beispielhaft in Abschnitt 2.3.3 dargestellt.

Eine statistische Auswertung für jede einzelne Bahnfahrt ist in **Anlage 2.1.10 bis 2.1.21** zu finden. Dort sind für jede Meßdatei die maximalen Werte der Abweichungen in x_L , y_L , z_L - Richtung und die maximalen Abweichungen der Orientierungen A, B, C zu sehen. Die Vorzeichendefinition der Orientierungen im Laserkoordinatensystem ist in **Anlage 2.1-2** zu sehen.

Ferner sind weitere Größen folgendermaßen definiert:

Spannweiten: Differenz zwischen minimaler und maximaler
Abweichung bezüglich der Referenzgeraden

Standardabweichungen

$$S = + \sqrt{\Sigma [x_i - x_{i_{\text{Ref.Gerade}}}]^2}$$

S ist die positive Quadratwurzel der Varianz. Es ist ein Maß für die Streuung der Meßwerte, d.h. ein Maß für die Größe der Abweichung von der definierten Referenzgeraden. Ist die Abweichung aller Meßwerte von der Referenzgeraden groß, so nimmt die Standardabweichung ebenfalls große Werte an und umgekehrt.

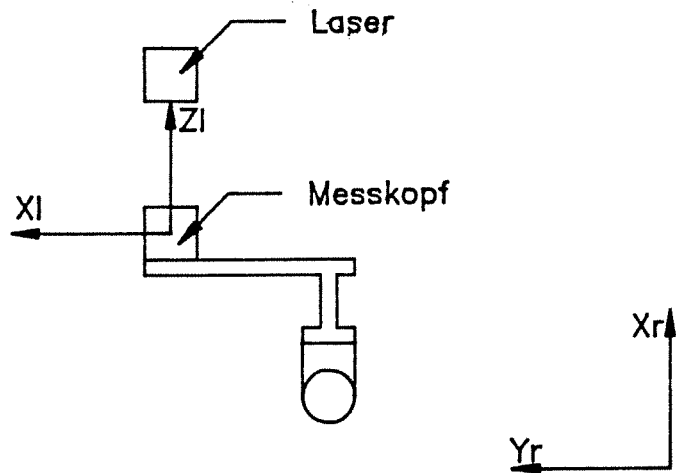
Streubreite:

$$S_{\beta} = 6 * S$$

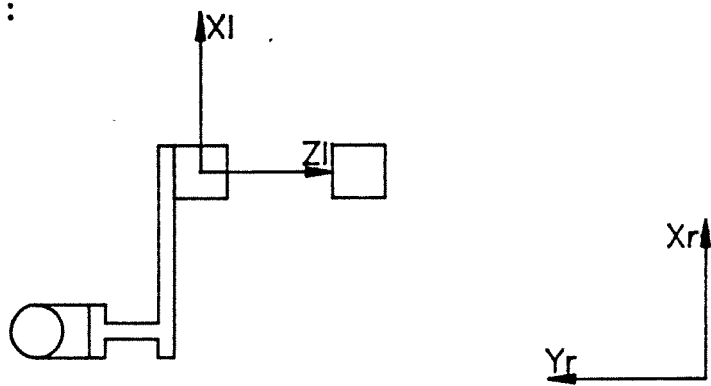
Unter der Annahme, daß die Abweichungen (Meßwerte) normalverteilt sind, läßt sich unter der Verteilungsfunktion (Glockenkurve) ein Bereich angeben, in dem ein gewisser Prozentsatz der Meßwerte liegt. Als Grenzwerte dieses Konfidenzintervalles wurde symmetrisch zum Mittelwert (hier Referenzgerade) das 3-fache der Standardabweichung gewählt. Man kann erwarten, daß sich 99 % aller beobachteten Meßwerte innerhalb dieses Intervalles befinden.

Lage der Koordinatensysteme Laser-Roboter

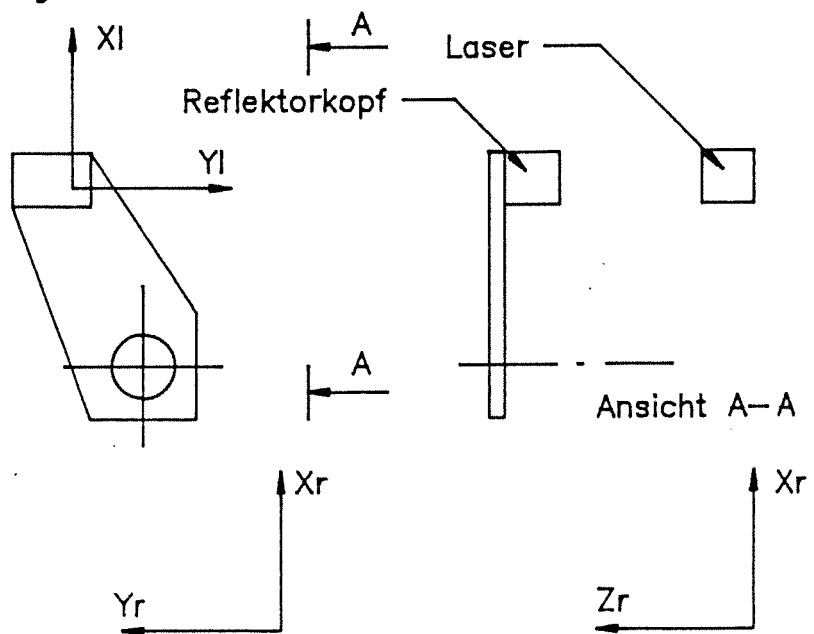
Bahnfahrten in X_r -Richtung:

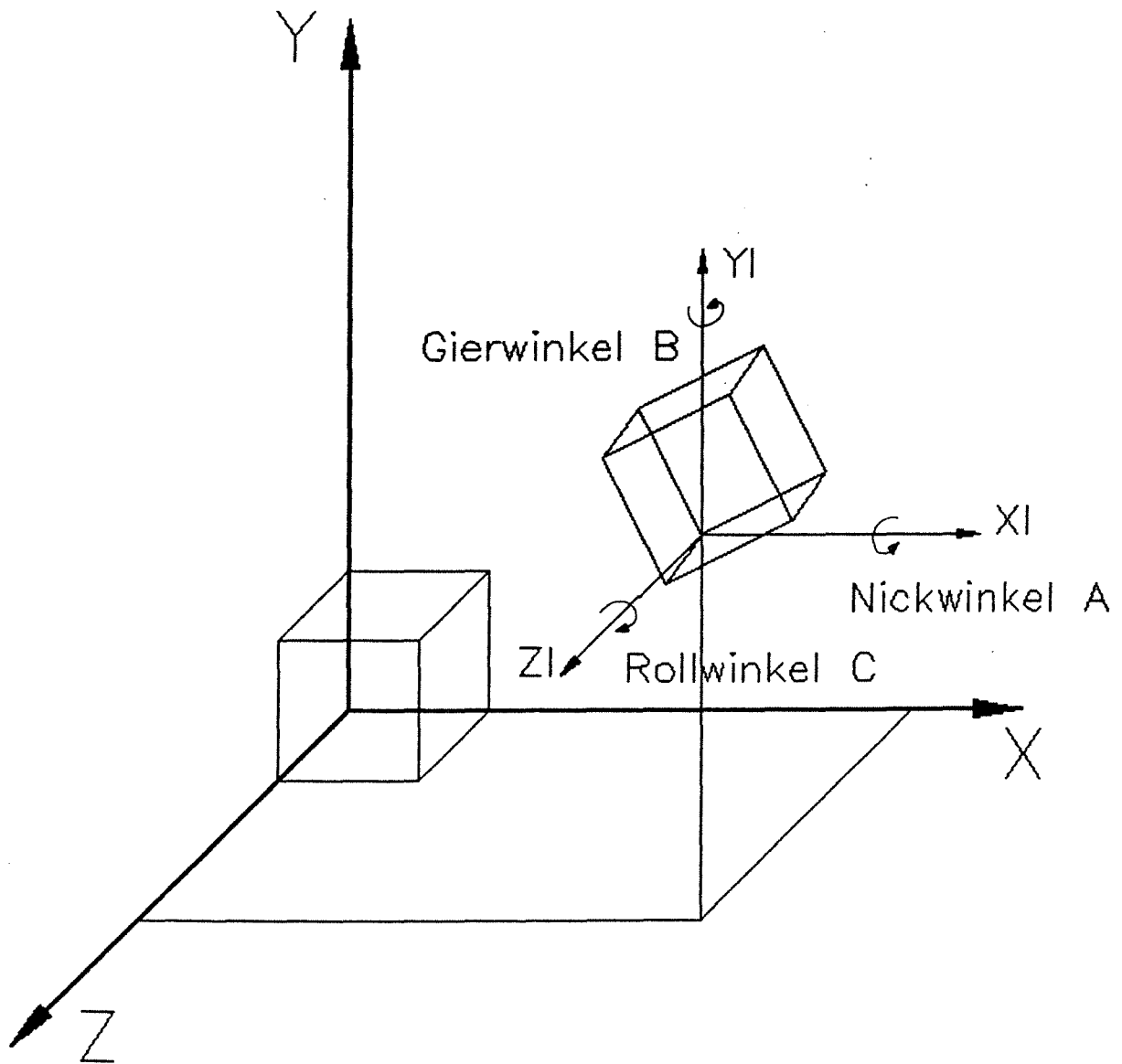


Bahnfahrten in Y_r -Richtung:



Bahnfahrten in Z_r -Richtung:





Anlage 2.1-2

Definition der 3 translatorischen und 3 rotatorischen Freiheitsgrade

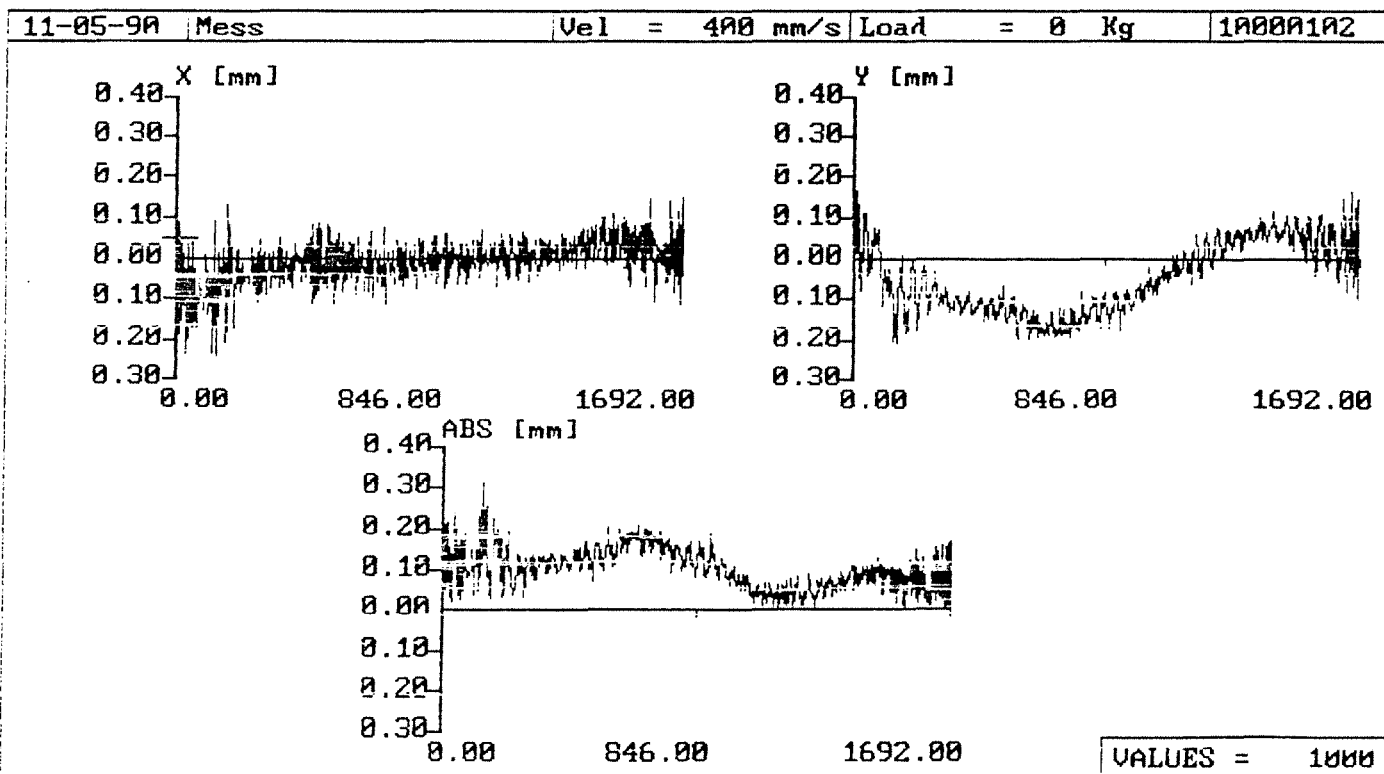
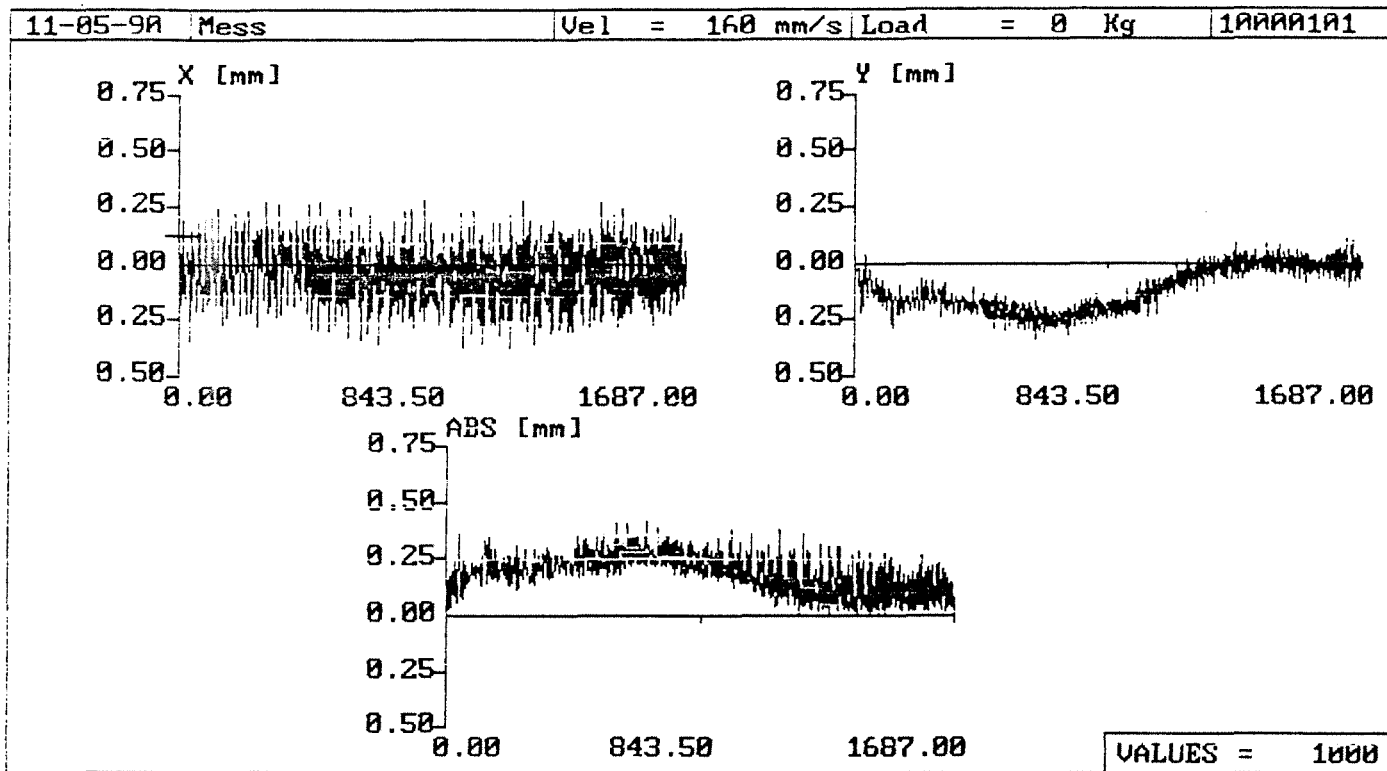
Versuchsmatrix für alle durchgeführten Bahnfahrten

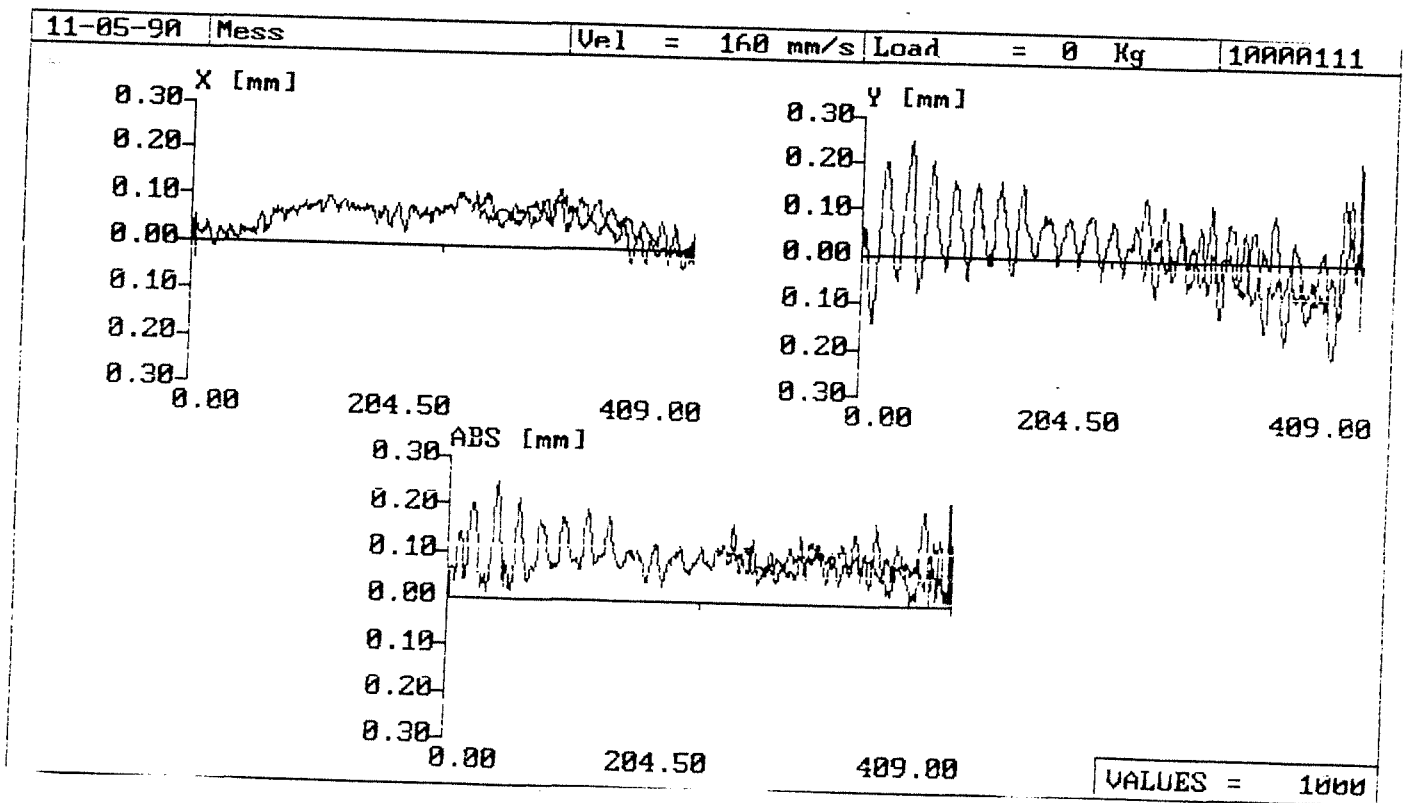
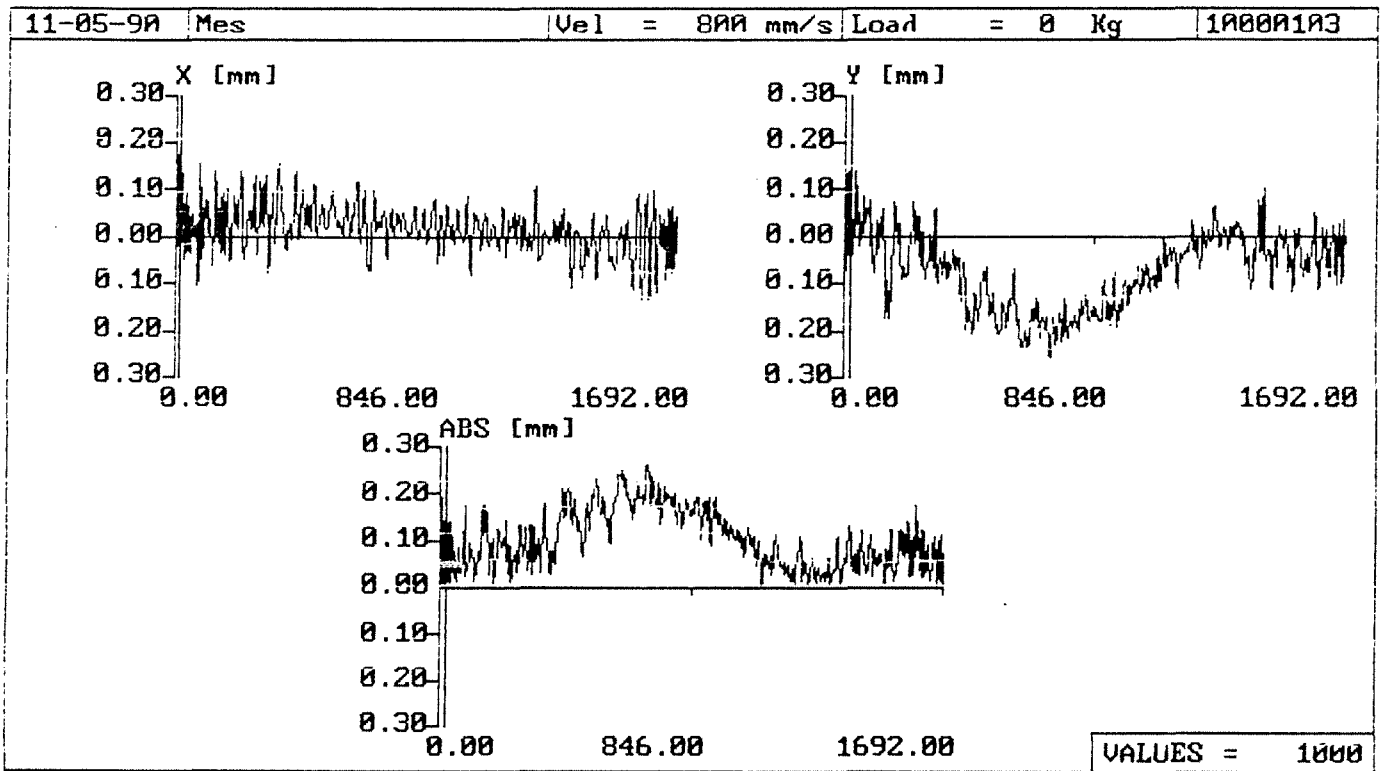
Bahnfahrt ohne Last

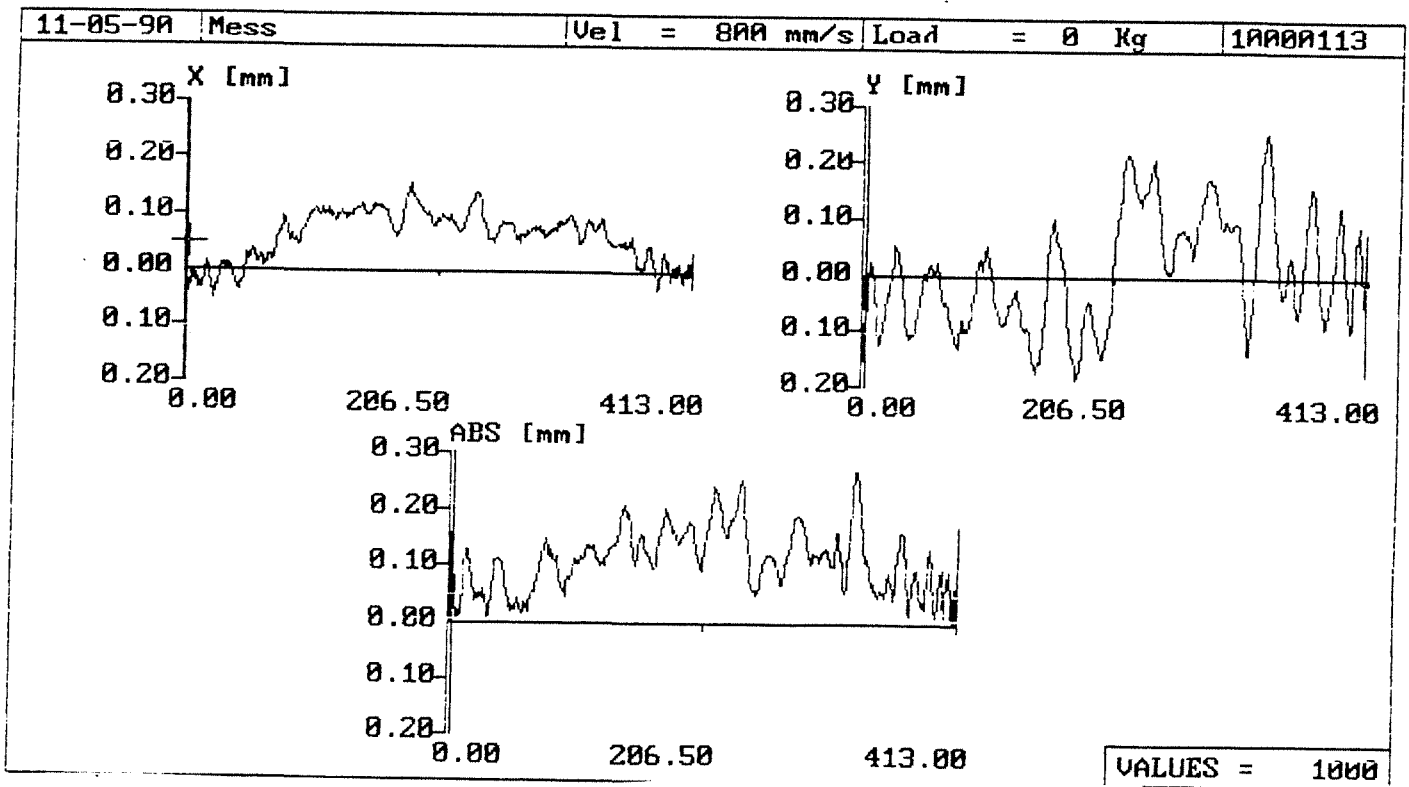
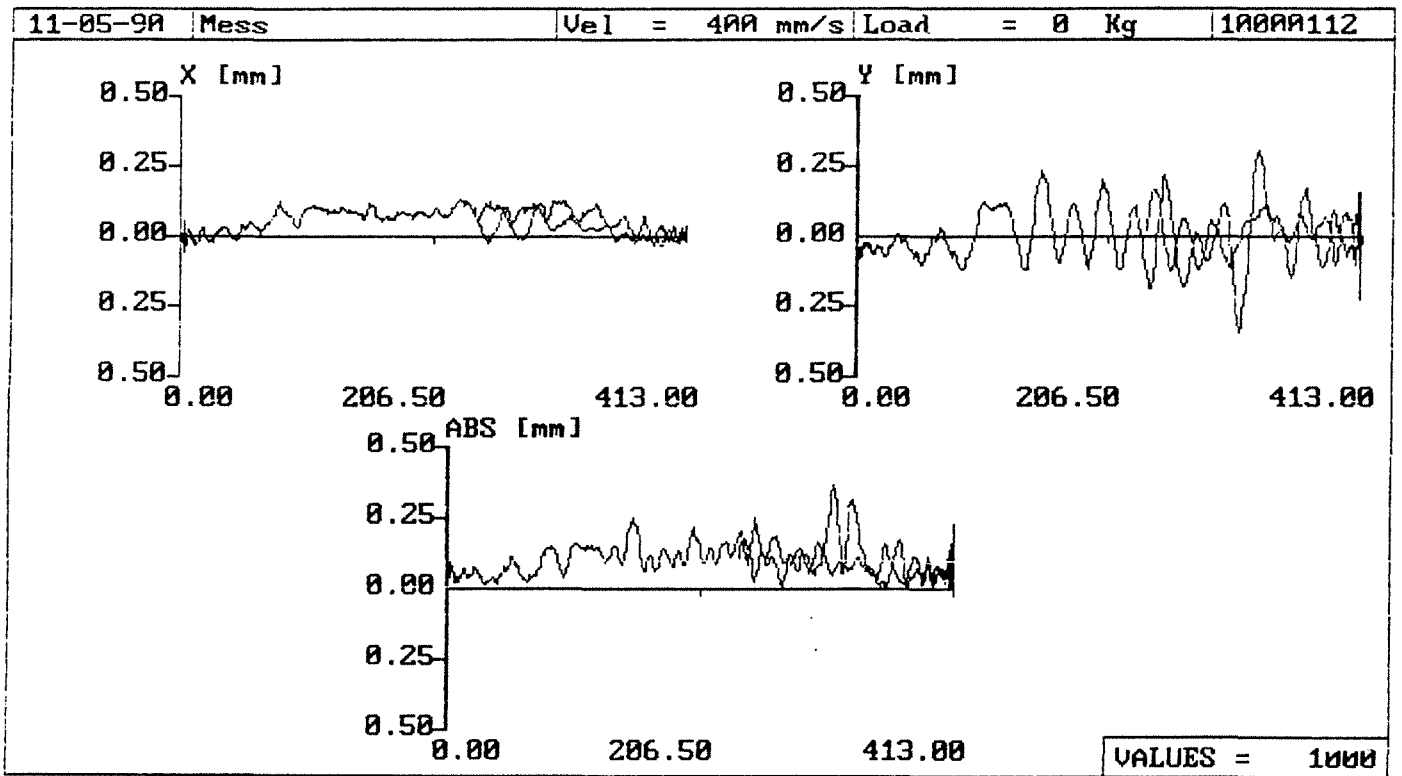
Richtung				Verfahrgeschwindigkeit	
x-Richtung	z-Richtung	y-Richtung	Diagonale	°	$\frac{mm}{s}$
10000101	10000111	10000121	10000131	20	160
10000102	10000112	10000122	10000132	50	400
10000103	10000113	10000123	10000133	90	800

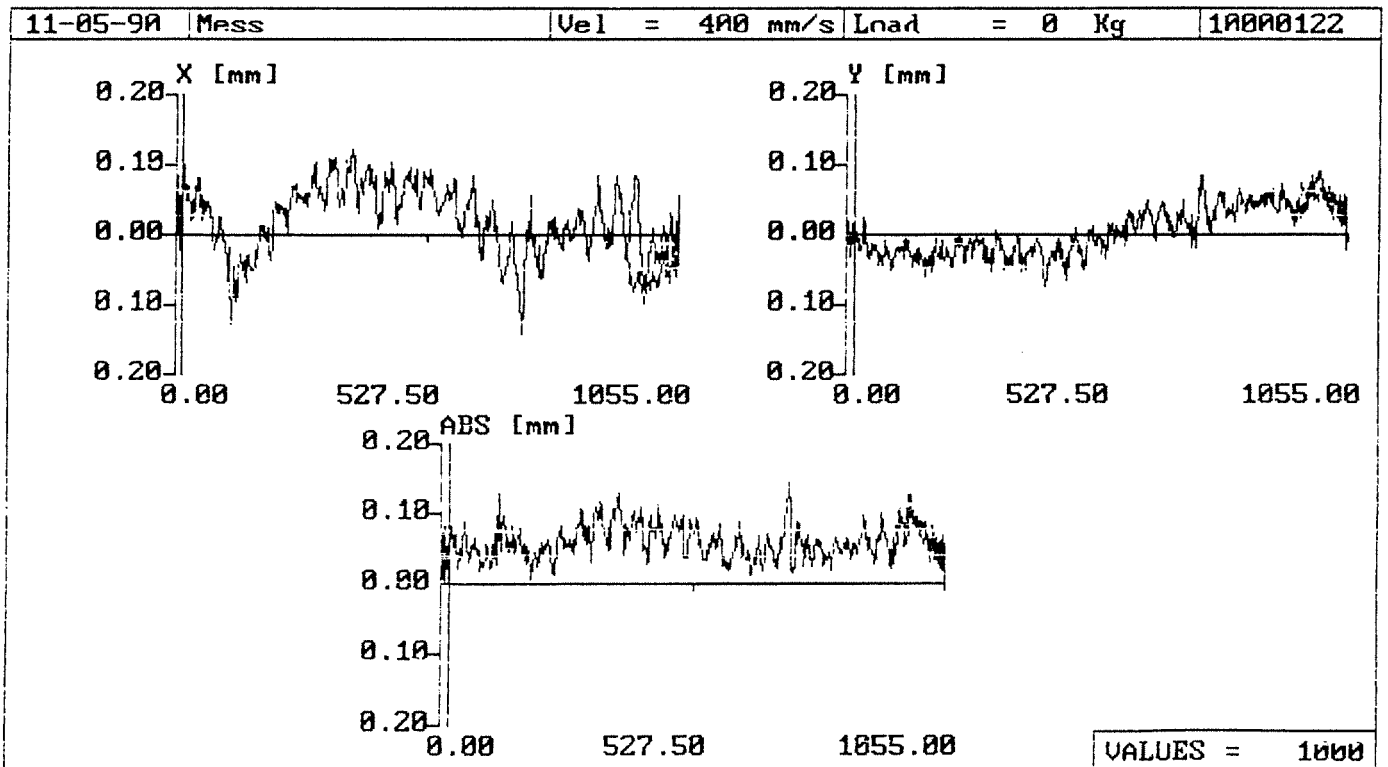
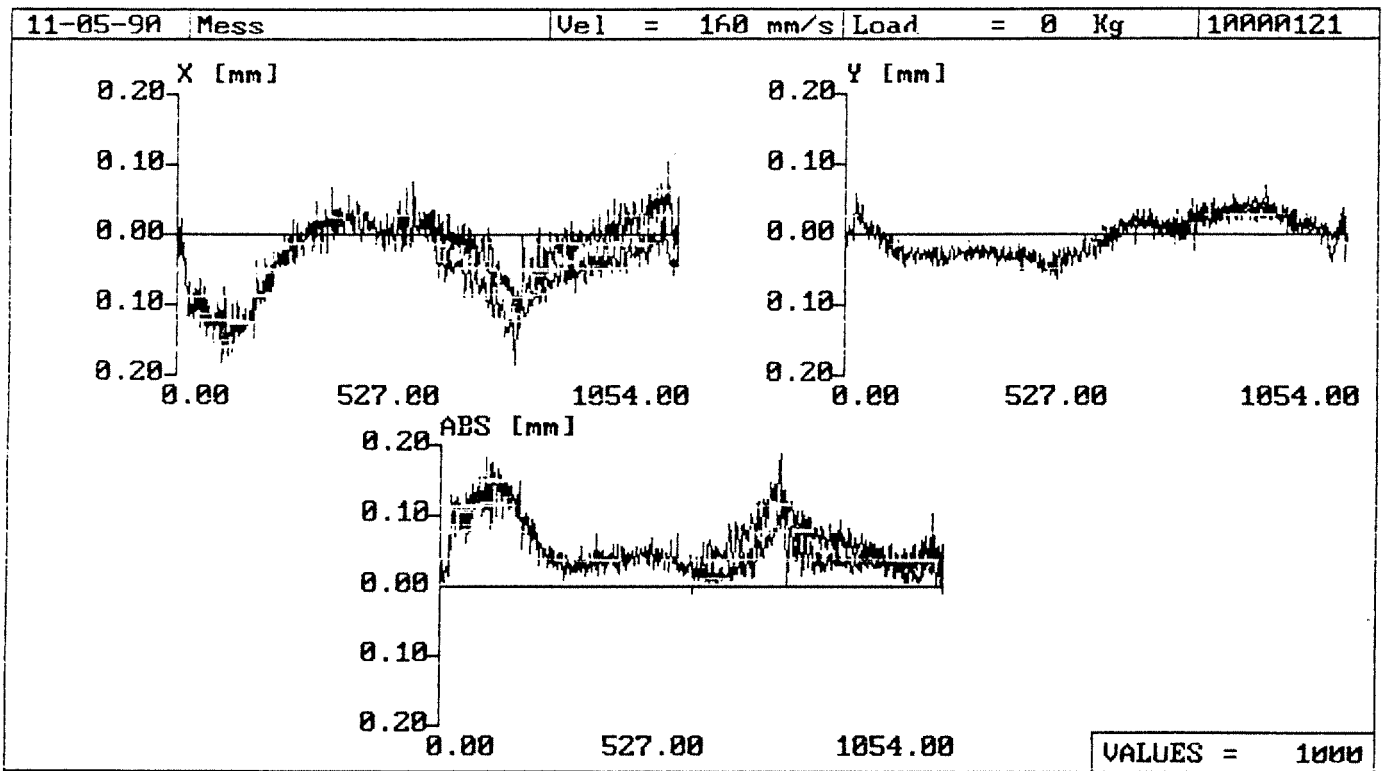
Die relative Lage der Koordinatensysteme zwischen Roboter und des Meßsystem ist **Anlage 2.1-1** zu entnehmen.

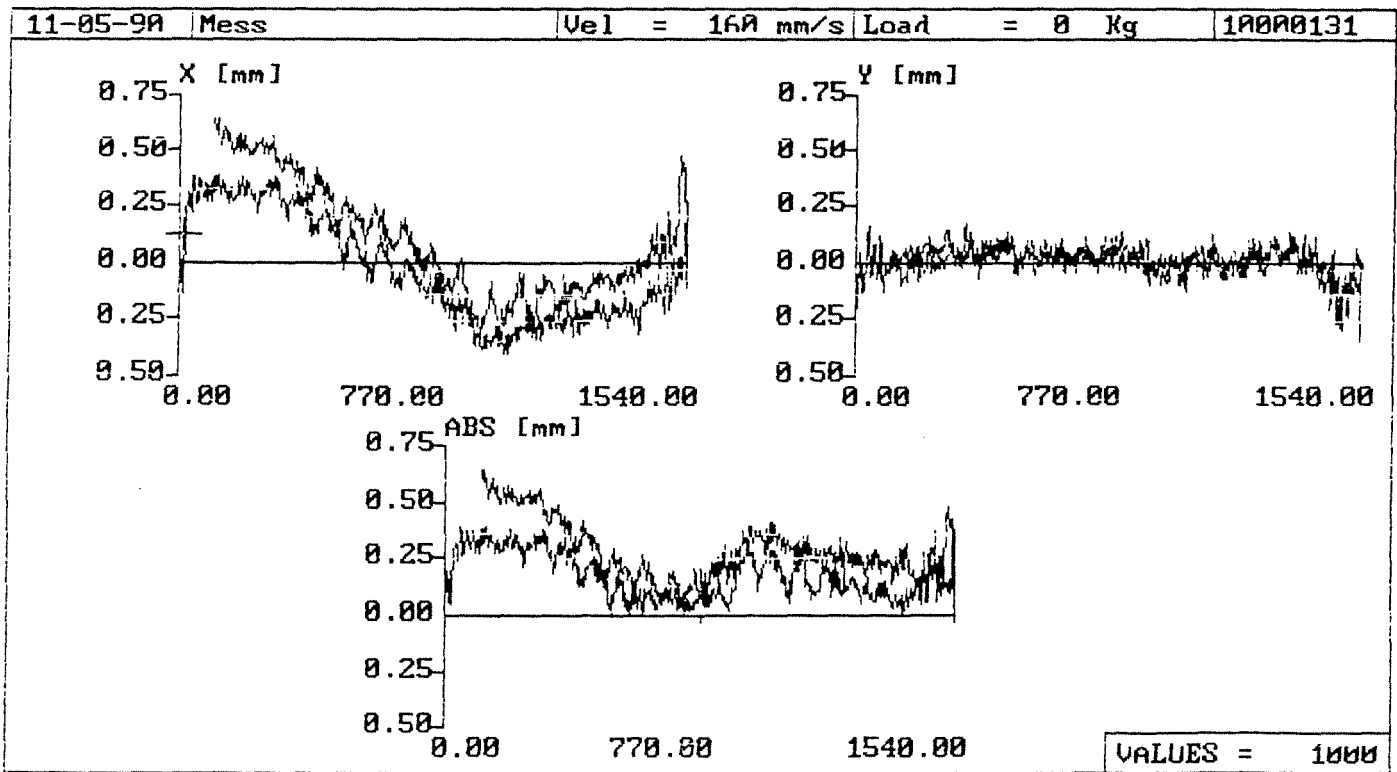
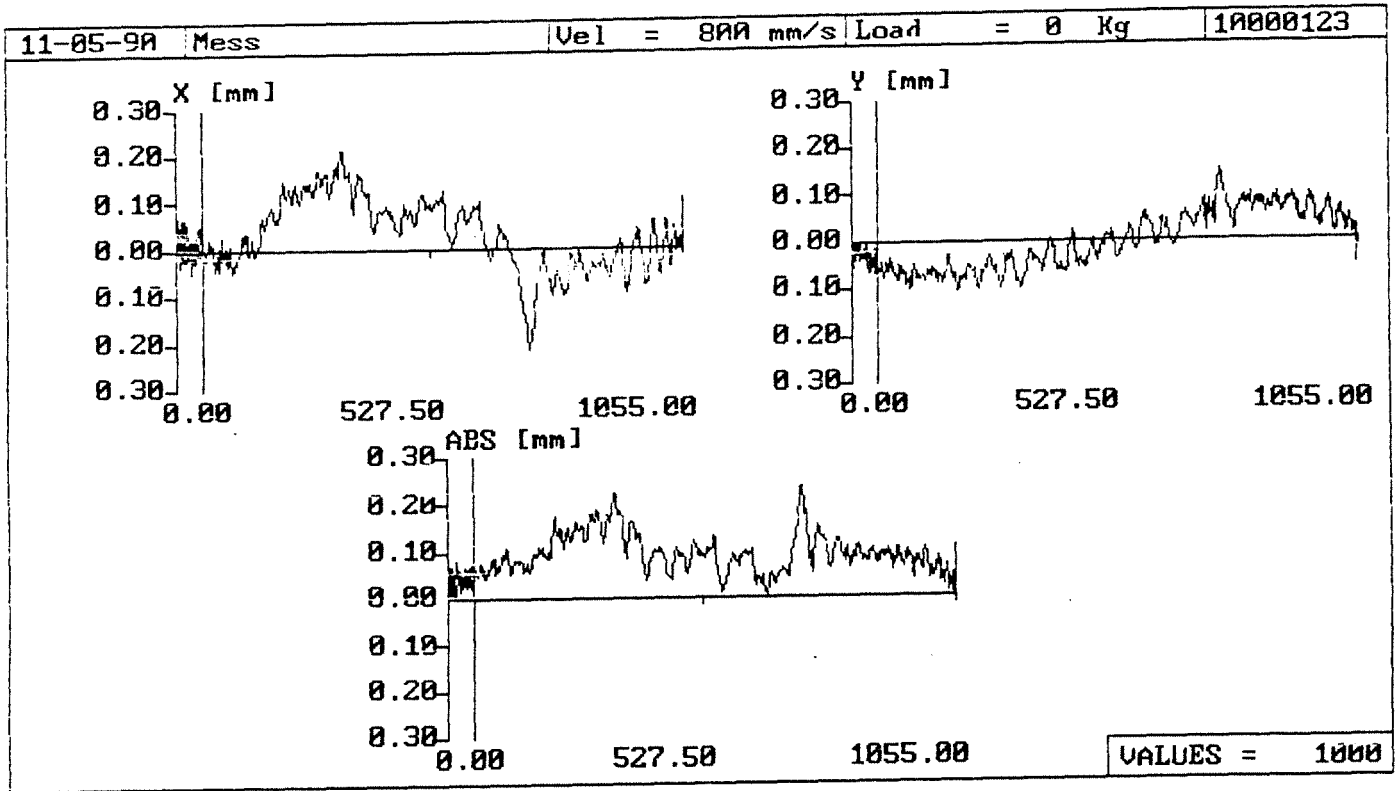
Anlage 2.1-3

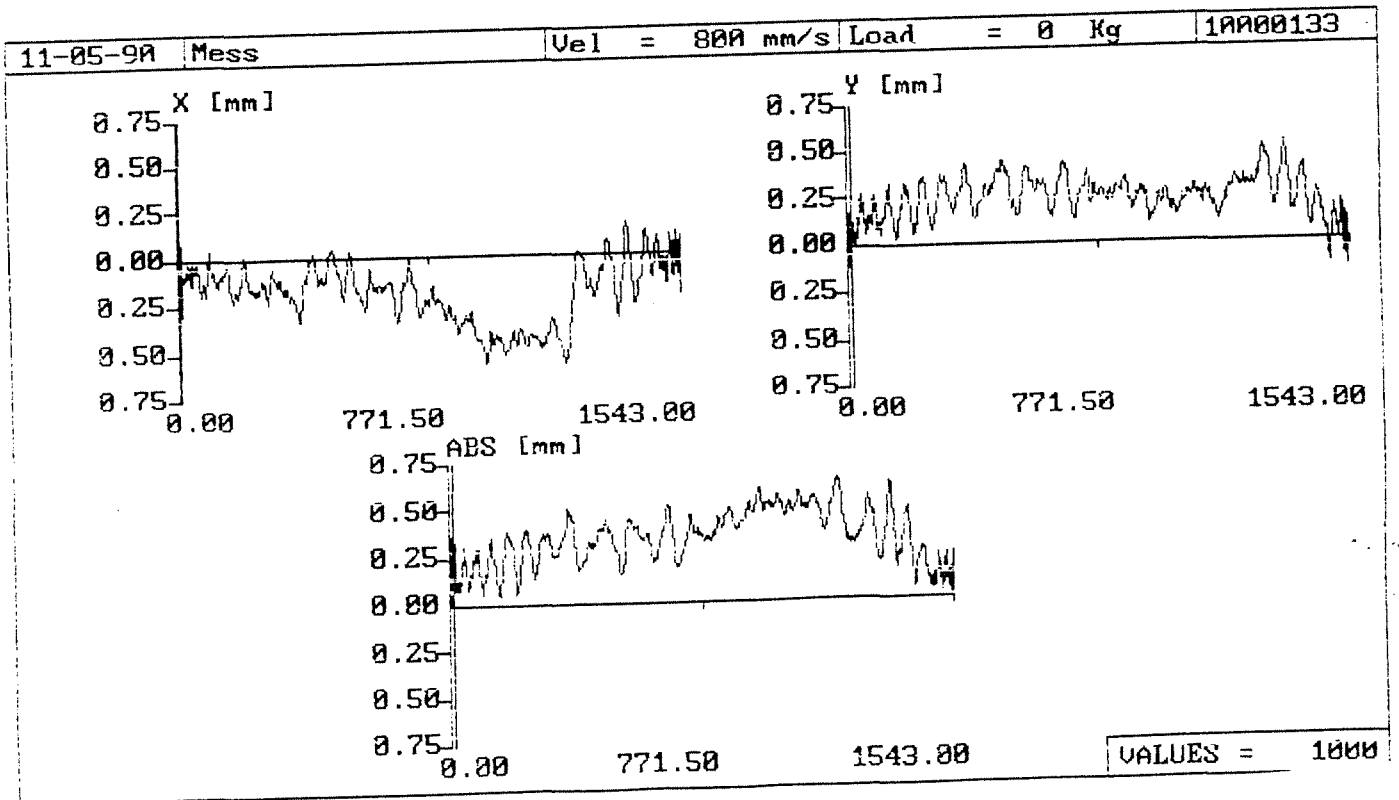
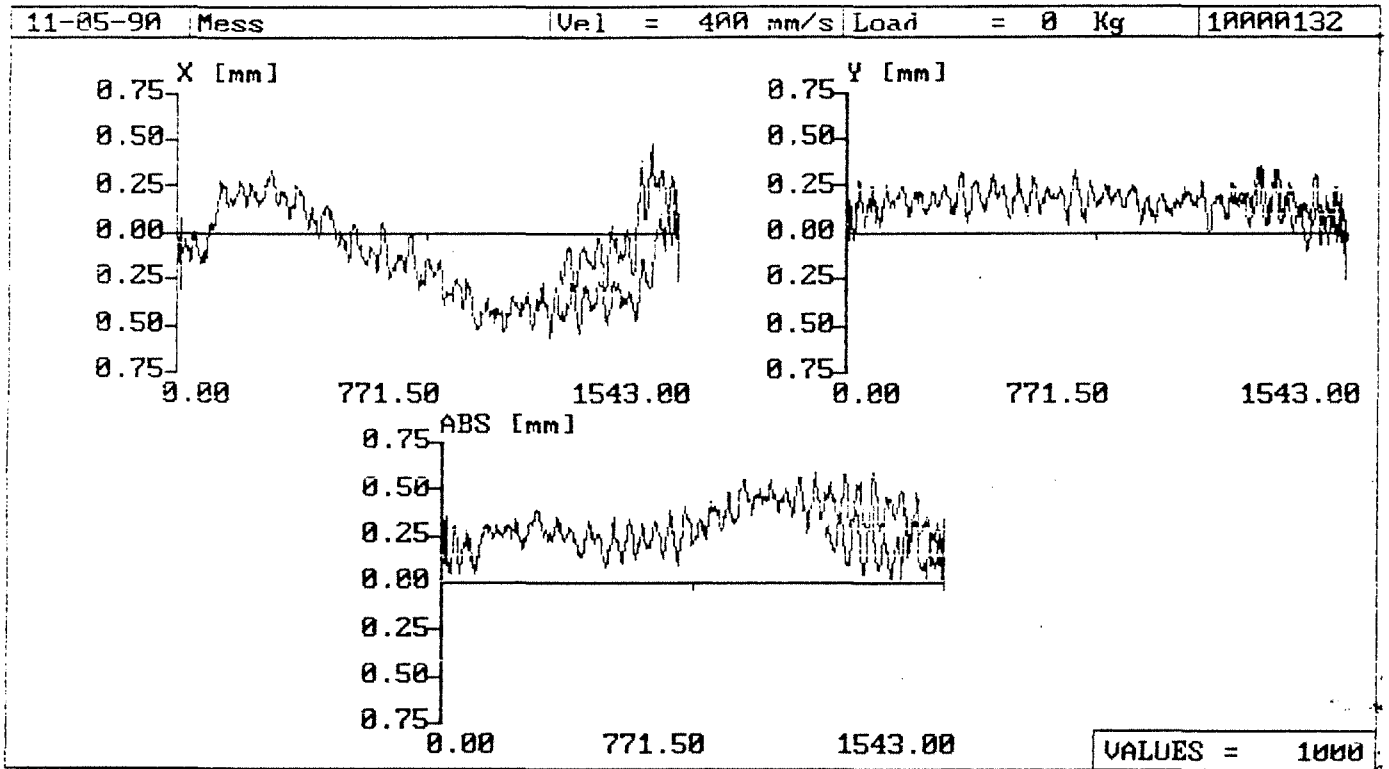












Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :10000101.BAN
Roboter :Mess
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: 1.793 Z-Endwert [mm] : 1689.644
X-Min [µm]: -377.223 X-Max [µm] : 281.037
Y-Min [µm]: -338.011 Y-Max [µm] : 101.097
Nickw.-Min [grad]: -0.262 Nickw.-Max [grad]: -0.221
Gierw.-Min [grad]: 0.116 Gierw.-Max [grad]: 0.215
Rollw.-Min [grad]: 2.839 Rollw.-Max [grad]: 7.364
Triggerwert [Hz] : 65287
Bahnlaenge [mm] : 1687.851

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 658.260 Y-Spannweite [µm]: 439.109
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.483
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.331
Rollwinkelspannweite [grad]: 10.203

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 150.195 Y-Abweichung [µm]: 114.945
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.019
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.021
Rollwinkelabweichung [grad]: 2.365

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 901.171 Y-Streubreite [µm]: 689.670
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.115
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.127
Rollwinkelstreubreite [grad]: 14.193

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :10000102.BAN
Roboter :Mess
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: -7.347 Z-Endwert [mm] : 1685.311
X-Min [µm]: -237.998 X-Max [µm] : 155.108
Y-Min [µm]: -205.678 Y-Max [µm] : 191.011
Nickw.-Min [grad]: -0.279 Nickw.-Max [grad]: -0.225
Gierw.-Min [grad]: 0.104 Gierw.-Max [grad]: 0.252
Rollw.-Min [grad]: 2.829 Rollw.-Max [grad]: 7.412
Triggerwert [Hz] : 65287
Bahnlaenge [mm] : 1692.659

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 393.106 Y-Spannweite [µm]: 396.689
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.504
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.356
Rollwinkelspannweite [grad]: 10.241

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 117.883 Y-Abweichung [µm]: 95.609
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.008
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.017
Rollwinkelabweichung [grad]: 1.008

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 707.299 Y-Streubreite [µm]: 573.655
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.046
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.099
Rollwinkelstreubreite [grad]: 6.047

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :10000103.BAN
Roboter :Mes
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: -18.707 Z-Endwert [mm] : 1673.588
X-Min [µm]: -130.457 X-Max [µm] : 171.547
Y-Min [µm]: -259.391 Y-Max [µm] : 171.754
Nickw.-Min [grad]: -0.274 Nickw.-Max [grad]: -0.219
Gierw.-Min [grad]: 0.097 Gierw.-Max [grad]: 0.247
Rollw.-Min [grad]: 2.842 Rollw.-Max [grad]: 7.408
Triggerwert [Hz] : 65287
Bahnlaenge [mm] : 1692.294

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 302.004 Y-Spannweite [µm]: 431.145
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.493
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.344
Rollwinkelspannweite [grad]: 10.250

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 47.641 Y-Abweichung [µm]: 120.562
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.010
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.021
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.412

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 285.846 Y-Streubreite [µm]: 723.373
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.060
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.124
Rollwinkelstreubreite [grad]: 2.473

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :10000111.BAN
Roboter :Mess
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]:	-0.079	Z-Endwert [mm] :	409.373
X-Min [µm]:	-36.293	X-Max [µm] :	125.091
Y-Min [µm]:	-203.149	Y-Max [µm] :	248.500
Nickw.-Min [grad]:	-0.463	Nickw.-Max [grad]:	-0.436
Gierw.-Min [grad]:	-0.580	Gierw.-Max [grad]:	-0.569
Rollw.-Min [grad]:	-0.742	Rollw.-Max [grad]:	0.555
Triggerwert [Hz] :	65287		
Bahnlaenge [mm] :	409.452		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	161.384	Y-Spannweite [µm]:	451.648
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.899		
Gierwinkelspannweite [grad]:	1.149		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.296		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	46.200	Y-Abweichung [µm]:	89.220
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.007		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.002		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.591		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	277.202	Y-Streubreite [µm]:	535.322
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.042		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.013		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	3.547		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :10000112.BAN
Roboter :Mess
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]:	-1.616	Z-Endwert [mm] :	411.798
X-Min [µm]:	-40.876	X-Max [µm] :	129.340
Y-Min [µm]:	-347.569	Y-Max [µm] :	302.301
Nickw.-Min [grad]:	-0.459	Nickw.-Max [grad]:	-0.406
Gierw.-Min [grad]:	-0.670	Gierw.-Max [grad]:	-0.635
Rollw.-Min [grad]:	-0.612	Rollw.-Max [grad]:	0.578
Triggerwert [Hz] :	65287		
Bahnlaenge [mm] :	413.414		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	170.217	Y-Spannweite [µm]:	649.871
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.865		
Gierwinkelspannweite [grad]:	1.305		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.190		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	52.770	Y-Abweichung [µm]:	94.579
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.018		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.011		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.573		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	316.623	Y-Streubreite [µm]:	567.474
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.106		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.069		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	3.436		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :10000113.BAN
Roboter :Mess
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: -4.054 Z-Endwert [mm] : 409.323
X-Min [µm]: -50.470 X-Max [µm] : 155.512
Y-Min [µm]: -184.715 Y-Max [µm] : 254.750
Nickw.-Min [grad]: -0.461 Nickw.-Max [grad]: -0.405
Gierw.-Min [grad]: -0.743 Gierw.-Max [grad]: -0.715
Rollw.-Min [grad]: -0.527 Rollw.-Max [grad]: 0.720
Triggerwert [Hz] : 65287
Bahnlaenge [mm] : 413.377

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 205.982 Y-Spannweite [µm]: 439.464
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.866
Gierwinkelspannweite [grad]: 1.458
Rollwinkelspannweite [grad]: 1.247

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 48.395 Y-Abweichung [µm]: 102.679
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.012
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.004
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.307

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 290.368 Y-Streubreite [µm]: 616.077
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.071
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.024
Rollwinkelstreubreite [grad]: 1.839

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :10000121.BAN
Roboter :Mess
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: 0.645 Z-Endwert [mm] : 1054.733
X-Min [µm]: -185.964 X-Max [µm] : 103.911
Y-Min [µm]: -63.463 Y-Max [µm] : 66.842
Nickw.-Min [grad]: -0.322 Nickw.-Max [grad]: -0.305
Gierw.-Min [grad]: 0.189 Gierw.-Max [grad]: 0.217
Rollw.-Min [grad]: 3.636 Rollw.-Max [grad]: 6.635
Triggerwert [Hz] : 65287
Bahnlaenge [mm] : 1054.089

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 289.875 Y-Spannweite [µm]: 130.305
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.627
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.407
Rollwinkelspannweite [grad]: 10.270

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 53.548 Y-Abweichung [µm]: 23.993
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.004
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.005
Rollwinkelabweichung [grad]: 1.280

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 321.290 Y-Streubreite [µm]: 143.959
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.025
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.031
Rollwinkelstreubreite [grad]: 7.677

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :10000122.BAN
Roboter :Mess
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: -15.824 Z-Endwert [mm] : 1039.476
X-Min [µm]: -142.089 X-Max [µm] : 121.781
Y-Min [µm]: -74.099 Y-Max [µm] : 90.333
Nickw.-Min [grad]: -0.323 Nickw.-Max [grad]: -0.304
Gierw.-Min [grad]: 0.176 Gierw.-Max [grad]: 0.219
Rollw.-Min [grad]: 3.639 Rollw.-Max [grad]: 6.661
Triggerwert [Hz] : 65287
Bahnlaenge [mm] : 1055.300

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 263.870 Y-Spannweite [µm]: 164.431
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.627
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.395
Rollwinkelspannweite [grad]: 10.300

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 48.258 Y-Abweichung [µm]: 31.569
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.005
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.007
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.708

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 289.546 Y-Streubreite [µm]: 189.415
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.031
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.042
Rollwinkelstreubreite [grad]: 4.249

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :10000123.BAN
Roboter :Mess
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: -54.618 Z-Endwert [mm] : 1000.630
X-Min [µm]: -216.104 X-Max [µm] : 209.685
Y-Min [µm]: -101.550 Y-Max [µm] : 150.012
Nickw.-Min [grad]: -0.327 Nickw.-Max [grad]: -0.304
Gierw.-Min [grad]: 0.171 Gierw.-Max [grad]: 0.227
Rollw.-Min [grad]: 3.635 Rollw.-Max [grad]: 6.651
Triggerwert [Hz] : 65287
Bahnlaenge [mm] : 1055.248

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 425.788 Y-Spannweite [µm]: 251.562
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.631
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.398
Rollwinkelspannweite [grad]: 10.287

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 60.515 Y-Abweichung [µm]: 50.854
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.004
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.007
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.487

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 363.092 Y-Streubreite [µm]: 305.125
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.022
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.044
Rollwinkelstreubreite [grad]: 2.924

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :10000131.BAN
Roboter :Mess
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]:	1.216	Z-Endwert [mm] :	1541.838
X-Min [µm]:	-408.218	X-Max [µm] :	642.426
Y-Min [µm]:	-341.923	Y-Max [µm] :	168.529
Nickw.-Min [grad]:	-0.252	Nickw.-Max [grad]:	-0.229
Gierw.-Min [grad]:	-0.088	Gierw.-Max [grad]:	-0.059
Rollw.-Min [grad]:	1.849	Rollw.-Max [grad]:	5.965
Triggerwert [Hz] :	65287		
Bahnlaenge [mm] :	1540.622		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	1050.644	Y-Spannweite [µm]:	510.452
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.481		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.147		
Rollwinkelspannweite [grad]:	7.814		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	399.398	Y-Abweichung [µm]:	92.056
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.008		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.011		
Rollwinkelabweichung [grad]:	2.335		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	2396.388	Y-Streubreite [µm]:	552.339
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.045		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.065		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	14.010		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :10000132.BAN
Roboter :Mess
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: -4.194 Z-Endwert [mm] : 1539.043
X-Min [µm]: -559.172 X-Max [µm] : 477.643
Y-Min [µm]: -247.560 Y-Max [µm] : 361.513
Nickw.-Min [grad]: -0.262 Nickw.-Max [grad]: -0.225
Gierw.-Min [grad]: -0.097 Gierw.-Max [grad]: -0.051
Rollw.-Min [grad]: 1.894 Rollw.-Max [grad]: 5.942
Triggerwert [Hz] : 65287
Bahnlaenge [mm] : 1543.237

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1036.815 Y-Spannweite [µm]: 609.073
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.488
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.148
Rollwinkelspannweite [grad]: 7.837

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 211.430 Y-Abweichung [µm]: 170.199
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.006
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.009
Rollwinkelabweichung [grad]: 1.228

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 1268.581 Y-Streubreite [µm]: 1021.194
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.033
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.052
Rollwinkelstreubreite [grad]: 7.369

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :10000133.BAN
Roboter :Mess
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: -10.014 Z-Endwert [mm] : 1533.828
X-Min [µm]: -576.888 X-Max [µm] : 178.320
Y-Min [µm]: -142.499 Y-Max [µm] : 521.066
Nickw.-Min [grad]: -0.266 Nickw.-Max [grad]: -0.223
Gierw.-Min [grad]: -0.098 Gierw.-Max [grad]: -0.042
Rollw.-Min [grad]: 1.903 Rollw.-Max [grad]: 5.933
Triggerwert [Hz] : 65287
Bahnlaenge [mm] : 1543.843

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 755.208 Y-Spannweite [µm]: 663.564
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.489
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.140
Rollwinkelspannweite [grad]: 7.836

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 165.830 Y-Abweichung [µm]: 262.129
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.006
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.008
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.418

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 994.981 Y-Streubreite [µm]: 1572.772
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.035
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.046
Rollwinkelstreubreite [grad]: 2.506

2.2 Bearbeitungsroboter (KuKa)

Am Bearbeitungsroboter wurden Bahnfahrten mit und ohne Last durchgeführt. Analog zum Meßroboter wurde parallel zu den Roboterkoordinatenachsen in x_R , y_R , z_R - Richtung und diagonal verfahren. Die Roboterhand wurde senkrecht zur Verfahrrichtung belastet (Beispiel: Verfahrrichtung $x \Rightarrow$ Lastrichtung $+y$, $-y$ und $-z$). Beim Verfahren entlang der Raumdiagonale wurde keine Last auf die Roboterhand aufgebracht, weil dieses einen erheblichen Aufwand bedeutet hätte. Die Geschwindigkeit und die Last wurden als Parameter variiert.

2.2.1 Meßaufbau und Belastungseinrichtung

Idealerweise sollte die Kraft konstant während des gesamten Verfahrweges an der Roboterhand anstehen. Somit muß bei konstanter aufgebrachter Last die Lastrichtung immer senkrecht zur Verfahrrichtung sein. Bildet der Kraftvektor keinen rechten Winkel zum Verfahrvektor, so zieht an der Roboterhand nur eine Komponente der Kraft.

Dies bedeutet, daß man eine Vorrichtung besitzen muß, die parallel zur Roboterhand verfahren und die Maximallast von 220 kg aufbringen muß. Dieses hätte einen unvermeidbaren konstruktiven und fertigungstechnischen Aufwand bedeutet, sodaß man ein Kompromiß eingehen mußte.

Die Last wurde mit Hilfe von Seilen und Umlenkrollen aufgebracht. Wegen der engen Platzverhältnisse innerhalb der Umhausung mußten die Umlenkrollen an den Umhausungswänden und am Rahmen der Roboter befestigt werden. Weiterhin wurde eine Kraftmeßdose verwendet und die geometrischen Verhältnisse dokumentiert, um später Korrekturen vornehmen zu können. Im folgenden werden die einzelnen Belastungseinrichtungen beschrieben und bewertet.

Belastungseinrichtung in negativer z_R - Richtung

Diese Belastungseinrichtung ist in **Anlage 2.2-1** zu sehen. Hier traten oben genannte Probleme nicht auf, weil die Gewichte direkt auf die Roboterhand aufgebracht wurden. Besonders bei hoher Last und hoher Geschwindigkeit war die Trägheit der aufgebrachten Masse so groß, daß die Belastungsvorrichtung beim Beschleunigen und Bremsen ins Schwingen geriet. Daraufhin wurde die Konstruktion zusätzlich versteift und der unerwünschte Effekt beseitigt. Alle Bahnfahrten wurden mit der versteiften Konstruktion durchgeführt, bzw. wiederholt.

Bewertung: Die Belastungseinrichtung erfüllte alle notwendigen Bedingungen und funktionierte einwandfrei.

Belastungseinrichtung in negativer x_R - Richtung

Die Belastungseinrichtung ist in **Anlage 2.2-2** zu sehen. Die Last brachte man über ein Hanfseil auf, welches durch 2 Rollen umgelenkt wurde. Da die 1. Umlenkrolle fest fixiert war, ergab sich an der Roboterhand eine Kraftverteilung entlang des Verfahrweges.

Das Kraftmaximum in horizontaler Richtung trat bei dieser Anordnung ungefähr in der Mitte des Verfahrweges auf und die Minima der Kraft am Anfangs- und Endpunkt der Bahn. In diesem Fall ist das Längenverhältnis Umlenkrolle - Roboterhand und Verfahrweg sehr günstig. Aus diesem Grunde kann man annehmen, daß die Kraftänderung entlang des Verfahrweges gering ist und vernachlässigt werden kann.

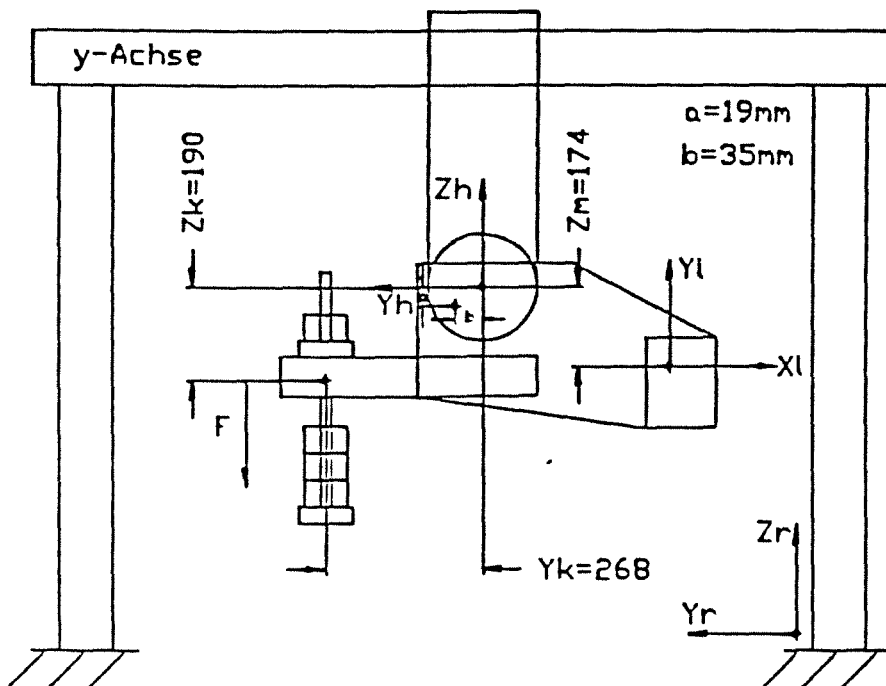
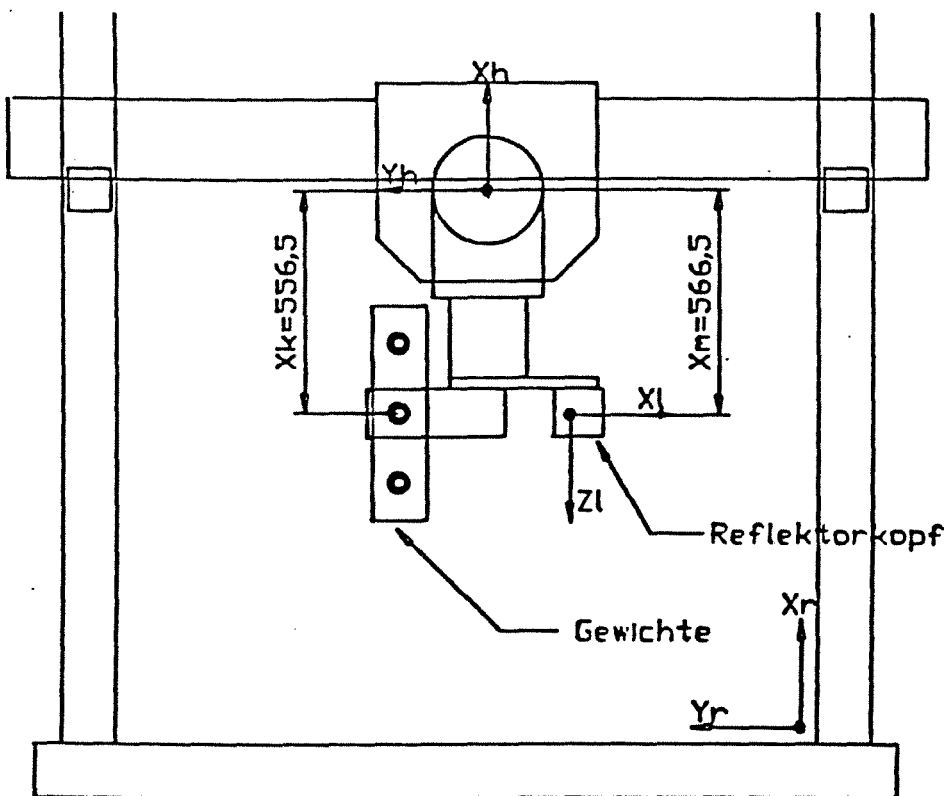
Bewertung Die Belastungseinrichtung erfüllte unter Berücksichtigung der Annahmen die geforderten Randbedingungen und funktionierte einwandfrei.

Belastungseinrichtung in positiver y_R - Richtung

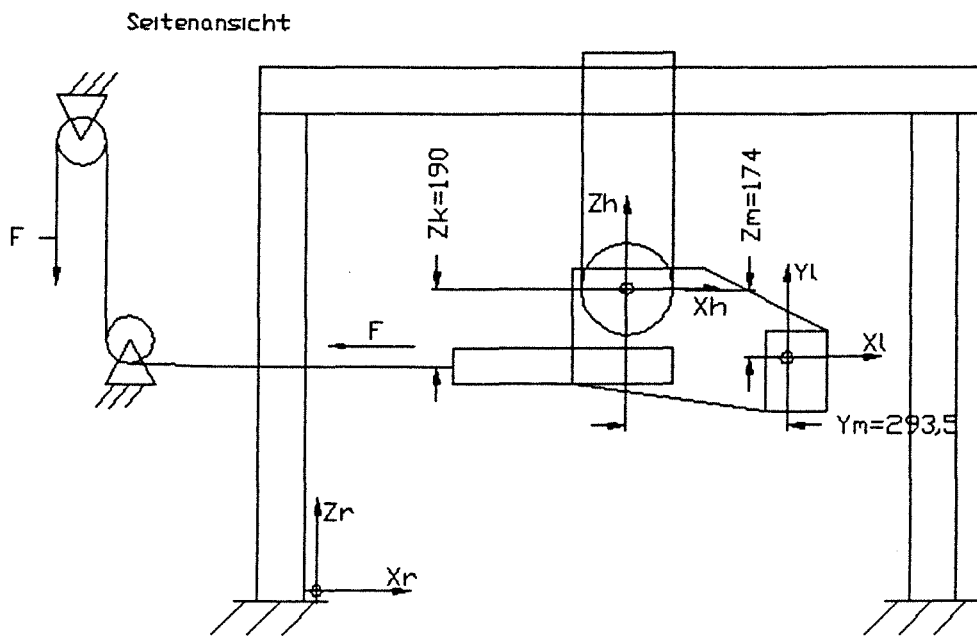
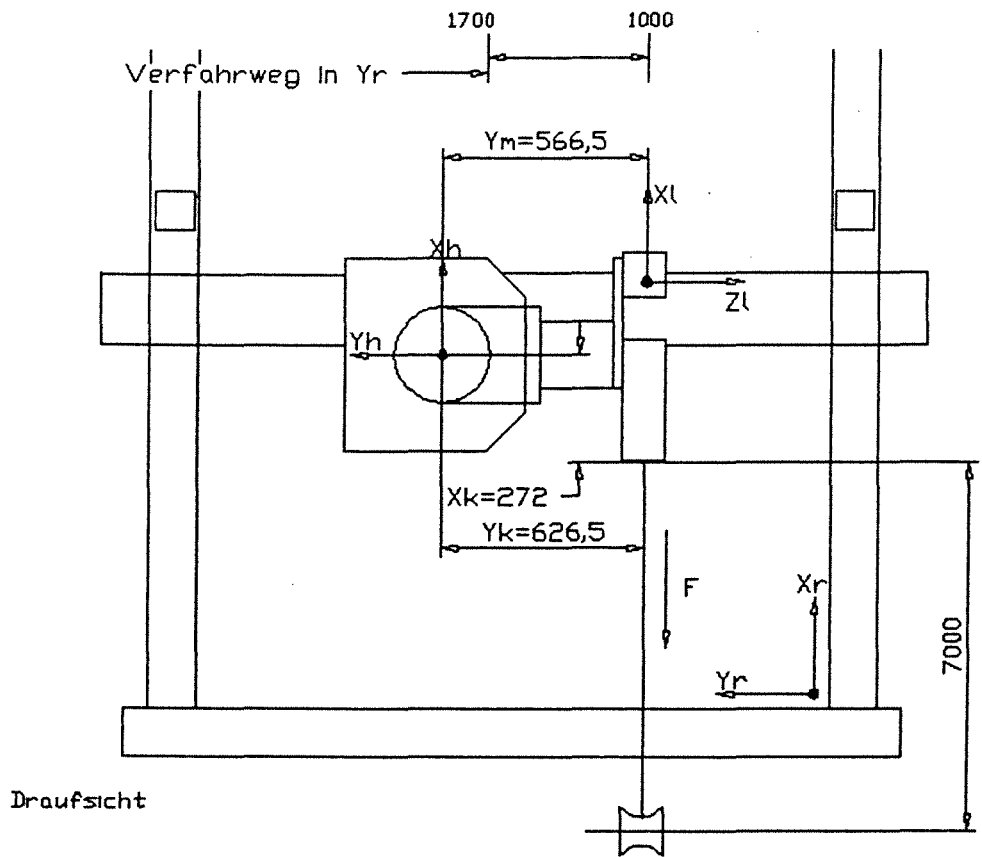
Die Belastungseinrichtung ist in **Anlage 2.2-3** zu sehen. Sie bestand aus einer Führungsschiene, die an der Umhausungswand angeschraubt war. An dieser Führungsschiene war ein 3-Rollen-Schlitten beweglich montiert, der durch ein Stahlseil die aufgebrachte Last in zwei Komponenten aufteilte. Die Lastaufbringung erfolgte jeweils symmetrisch an beiden Enden des Stahlseiles.

Beim Verfahren des Roboters in z_R - Richtung wurde der 3-Rollen-Schlitten mitgezogen, so daß die Kraftrichtung annähernd senkrecht zur Verfahrrichtung blieb. Dieser Mechanismus funktionierte nur bis zu einer Belastung von 140 kg. Bei Laststufen darüber, klemmte der 3-Rollen-Schlitten, so daß bei diesen Versuchen der Schlitten auf der Führungsschiene festgeklemmt werden mußte. In diesem Fall war das Längenverhältnis Schlitten - Roboterhand zum Verfahrweg nicht günstig. Die Kraft war nicht konstant, sondern eine Funktion des Verfahrweges. Ab einer Laststufe von 140 kg wurden die Werte der Kraftmeßdose an den Anfangs- und Endpunkten aufgezeichnet und die Geometrie dokumentiert.

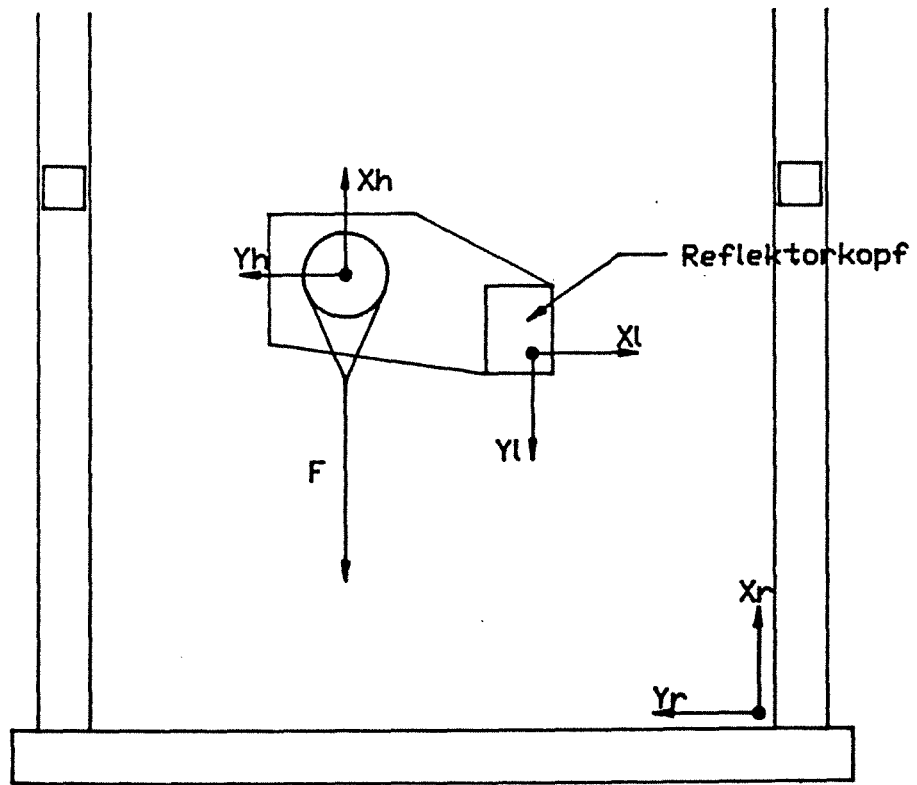
Bewertung: Die Belastungseinrichtung funktionierte bis zu Laststufen von 140 kg. Die Differenz der Kraftgröße zwischen Bahnend- und Anfangspunkt betrug 10 kg.



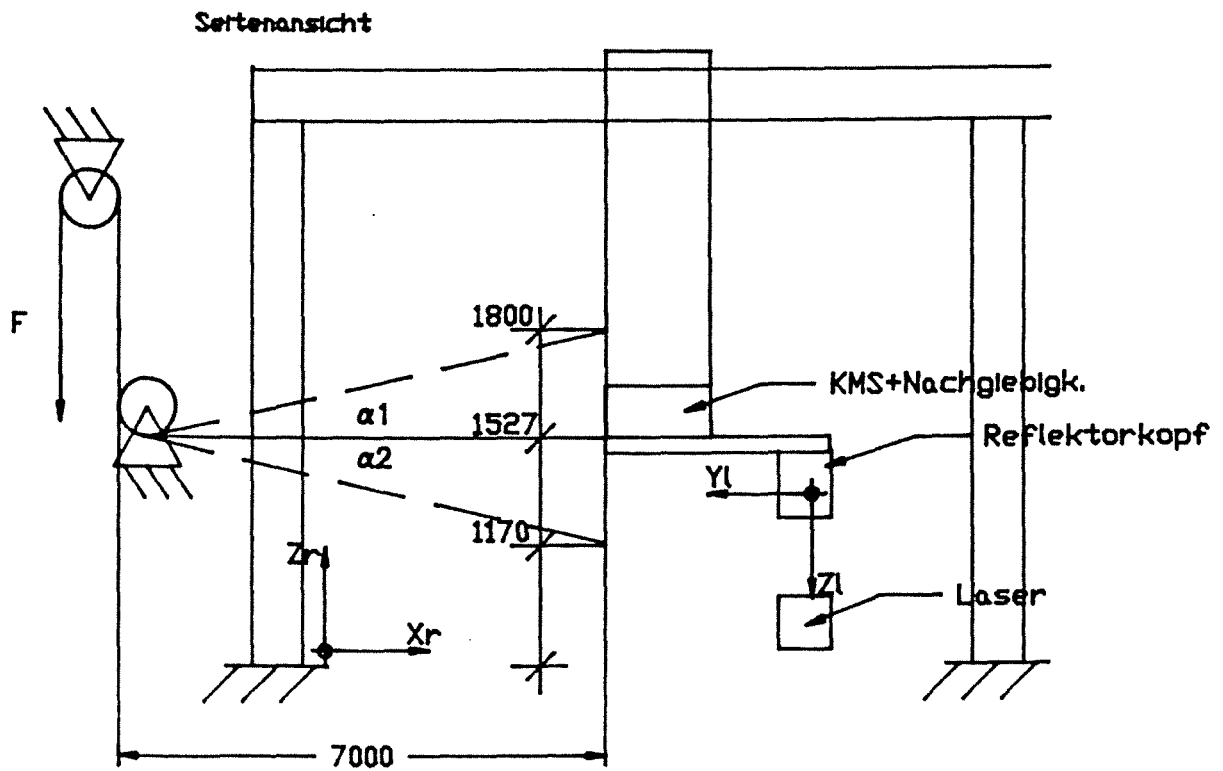
Anlage 2.2-1: Last in Z_R ; Bahn in X_R



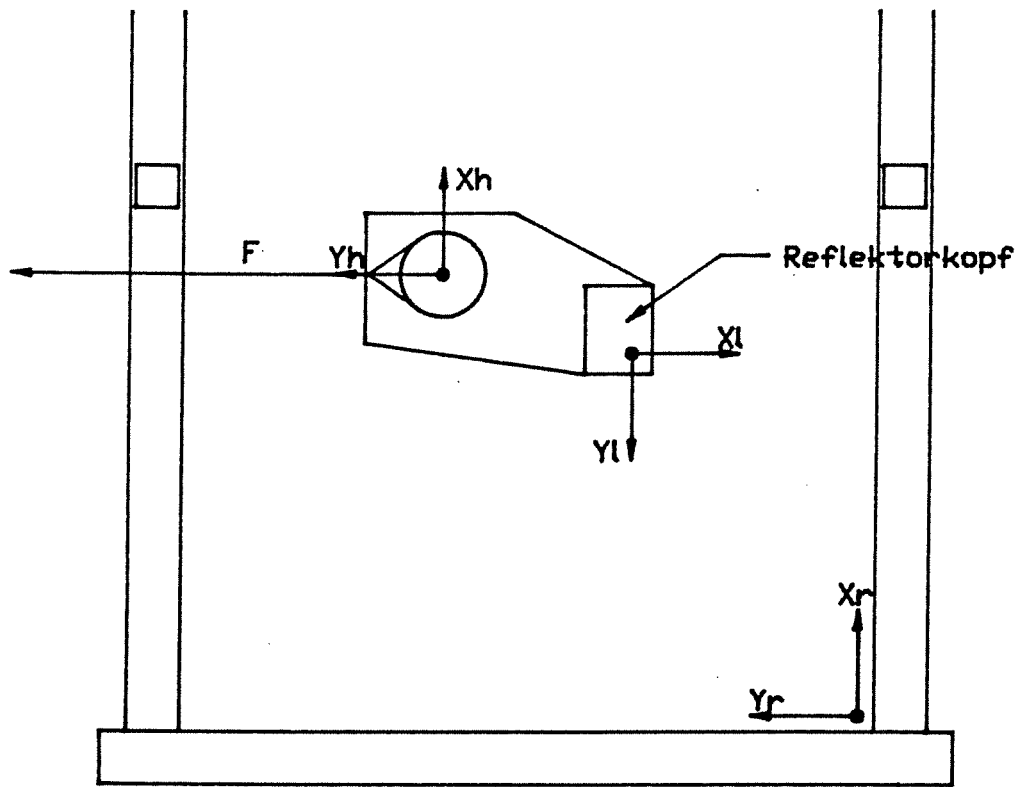
Anlage 2.2-2a: Last in $-x_R$; Bahn in y_R



Draufsicht

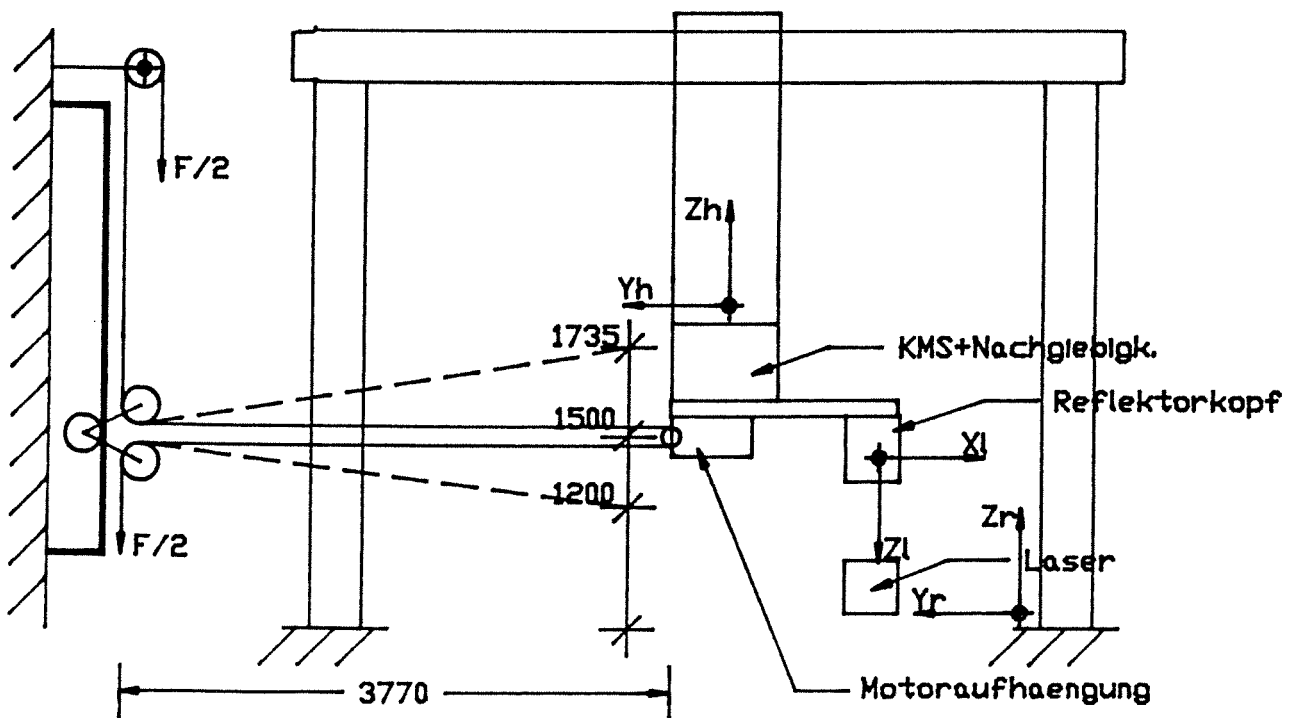


Anlage 2.2-2b: Last in $-x_R$; Bahn in z_R



Draufsicht

Vorderansicht



Anlage 2.2-3: Last in y_R ; Bahn in z_R

2.2.2 Versuchsdurchführung

Die Durchführung der Versuche war bei den Belastungen in die einzelnen Richtungen gleich, so daß sie nur einmal erläutert wird.

Der Reflektorkopf wurde an der Roboterhand befestigt und der Laser auf der gespannten Meßplatte festgeschraubt. Durch Verfahren der Roboterhand wurde der Reflektorkopf auf den Laser ausgerichtet und die Verfahsprogramme auf die Steuerung heruntergeladen. Zuerst wurden drei Referenzversuche gefahren, d.h. drei Bahnfahrten ohne Last mit jeweils drei verschiedenen Geschwindigkeiten. Danach wurde die erste Laststufe mit 20 kg aufgelegt und analog drei Bahnfahrten mit drei verschiedenen Geschwindigkeiten gefahren. Dieses wurde fortgesetzt bis die letzte Laststufe erreicht war.

2.2.3 Meßdaten

Aufgrund der Datenflut werden in diesem Bericht nur ausgewählte Versuche dargestellt und diskutiert. Im folgenden wird ein Überblick über die Struktur der Meßdatendarstellung gegeben.

1. **Bahnfahrten ohne Last**
 - Versuchsmatrix aller Bahnfahrten **Anlage 2.2-4**
 - Abweichungen in x_L -Richtung und y_L -Richtung in Form von Plots **Anlage 2.2-5 bis 2.2-15**
 - statische Auswertung **Anlage 2.2-16 bis 2.2-26**
2. **Bahnfahrten mit Last**
 - Bahnfahrt in y_R , Last in $-x_R$
 - Versuchsmatrix aller Bahnfahrten **Anlage 2.2-31**
 - Abweichungen in x_L - und y_L -Richtung in Form von Plots **Anlage 2.2-32 bis 2.2-39**
 - statische Auswertung **Anlage 2.2-40 bis 2.2-47**

- Bahnfahrt in z_R ; Last in $-x_R$	
* Versuchsmatrix aller Bahnfahrten	Anlage 2.2-51
* Abweichungen in x_L - und y_R -Richtung in Form von Plots	Anlage 2.2-52 bis 2.2-59
* statische Auswertung	Anlage 2.2-60 bis 2.2-68
- Bahnfahrt in z_R ; Last in $+y_R$	
* Versuchsmatrix	Anlage 2.2-71
* Abweichungen in x_L - und y_L - Richtung in Form von Plots	Anlage 2.2-72 bis 2.2-76
* statische Auswertung	Anlage 2.2-78 bis 2.2-86
- Bahnfahrt in y_R ; Last in $-z_R$	
* Versuchsmatrix	Anlage 2.2-91
* Abweichungen in x_L - und y_L - Richtung in Form von Plots	Anlage 2.2-92 bis 2.2-100
* statische Auswertung	Anlage 2.2-101 bis 2.2-109

In den Plots sind die Abweichungen in x_L - und y_L -Richtung im Lasermeßsystem bezüglich einer Referenzgeraden aufgetragen. Die Referenzgerade ist definiert als eine Gerade, durch den tatsächlich gemessenen Bahnanfangs- und Bahnendpunkt. Diese Referenzgerade ist in der Regel nicht mit dem Laserstrahl identisch.

Als dritte Meßgröße ist die absolute Abweichung von der Referenzgeraden über der Bahnlänge aufgetragen.

$$\Delta f_{\text{ABS}} = \sqrt{x_L^2 + y_L^2}$$

Die Meßergebnisse der Orientierungen bei den Bahnfahrten in z_R -Richtung sind hier nicht aufgeführt. Sie zeigen den gleichen konstanten Verlauf wie bei allen anderen Versuchen.

Eine statistische Auswertung schließt sich an die Plotergebnisse an. Dort sind für jede Meßdatei die maximalen Werte der Abweichungen in x_L , y_L , z_L - Richtung und die maximalen Abweichungen der Orientierungen A, B, C zu sehen. Die Vorzeichen- definition der Orientierungen im Laserkoordinatensystem ist in Anlage 2.1-2 zu sehen.

Ferner sind weitere Größen folgendermaßen definiert:

Spannweiten: Differenz zwischen minimaler und maximaler Abweichung bezüglich der Referenzgeraden

Standardabweichungen $S = + \sqrt{\sum [x_i - x_{i\text{Ref.Gerade}}]^2}$

S ist die positive Quadratwurzel der Varianz. Es ist ein Maß für die Streuung der Meßwerte, d.h. ein Maß für die Größe der Abweichung von der definierten Referenzgeraden. Ist die Abweichung aller Meßwerte von der Referenzgeraden groß, so nimmt die Standardabweichung ebenfalls große Werte an und umgekehrt.

Streubreite:

$$S_\beta = 6 * S$$

Unter der Annahme, daß die Abweichungen (Meßwerte) normalverteilt sind, läßt sich unter der Verteilungsfunktion (Glockenkurve) ein Bereich angeben, in dem ein gewisser Prozentsatz der Meßwerte liegt. Als Grenzwerte dieses Konfidenzintervalles wurde symmetrisch zum Mittelwert (hier Referenzgerade) das 3-fache der Standardabweichung gewählt. Man kann erwarten, daß sich 99 % aller beobachteten Meßwerte innerhalb dieses Intervalles befinden.

Versuchsmatrix für alle durchgeführten Bahnfahrten

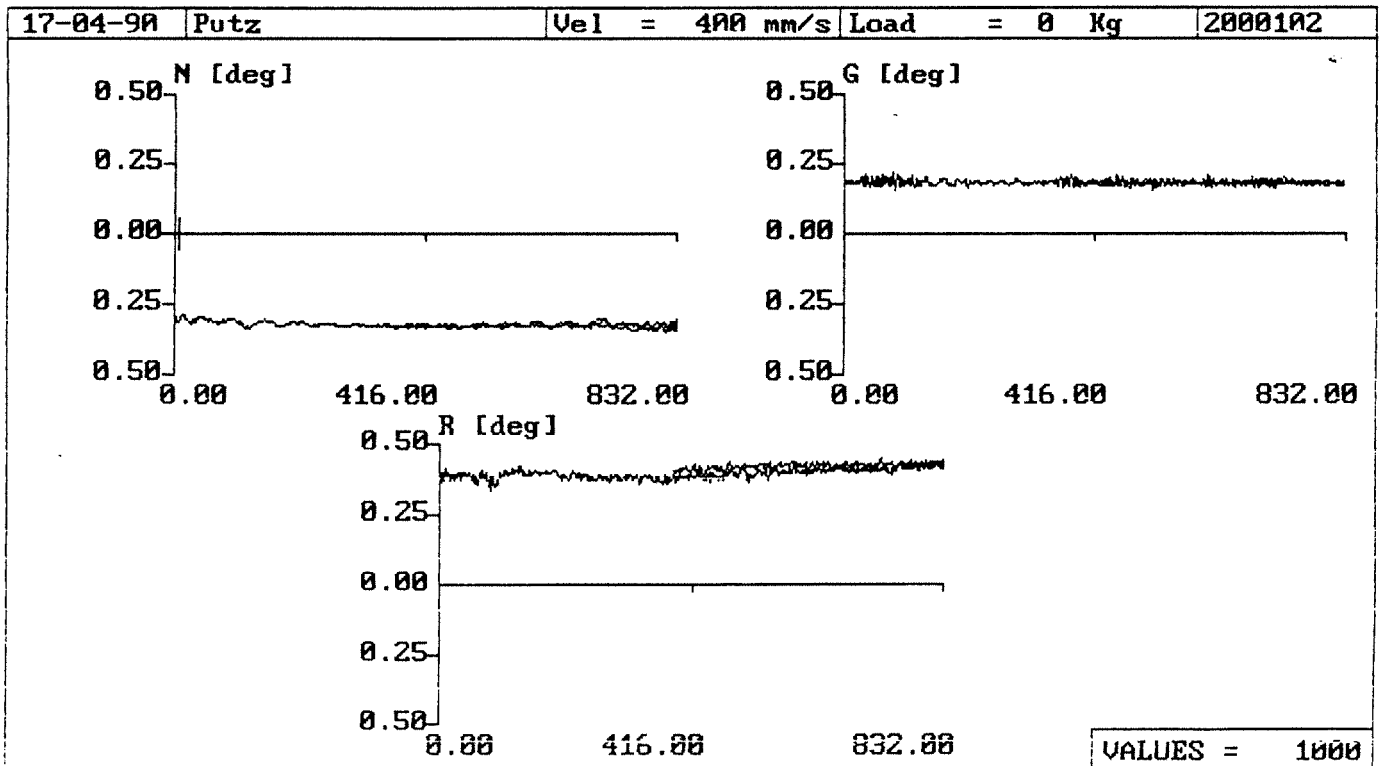
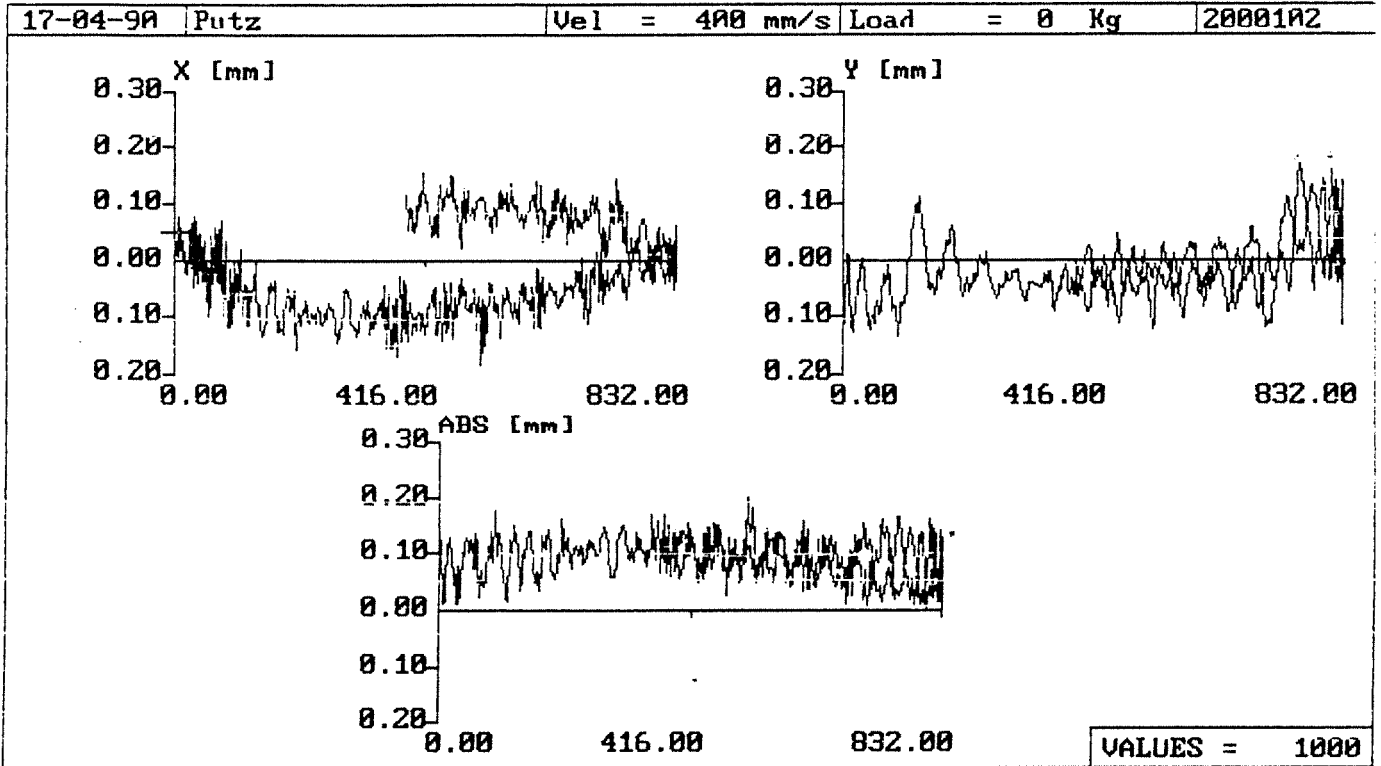
Bahnfahrt ohne Last

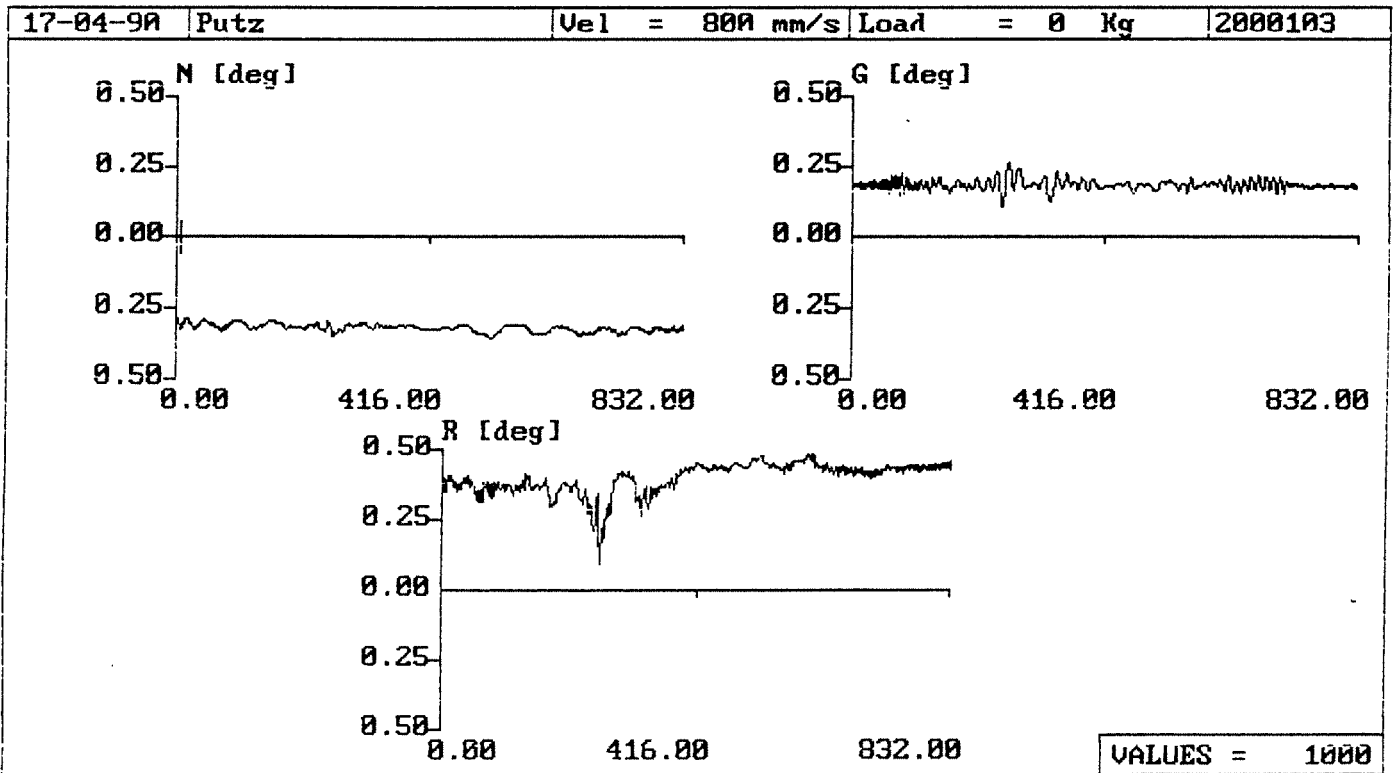
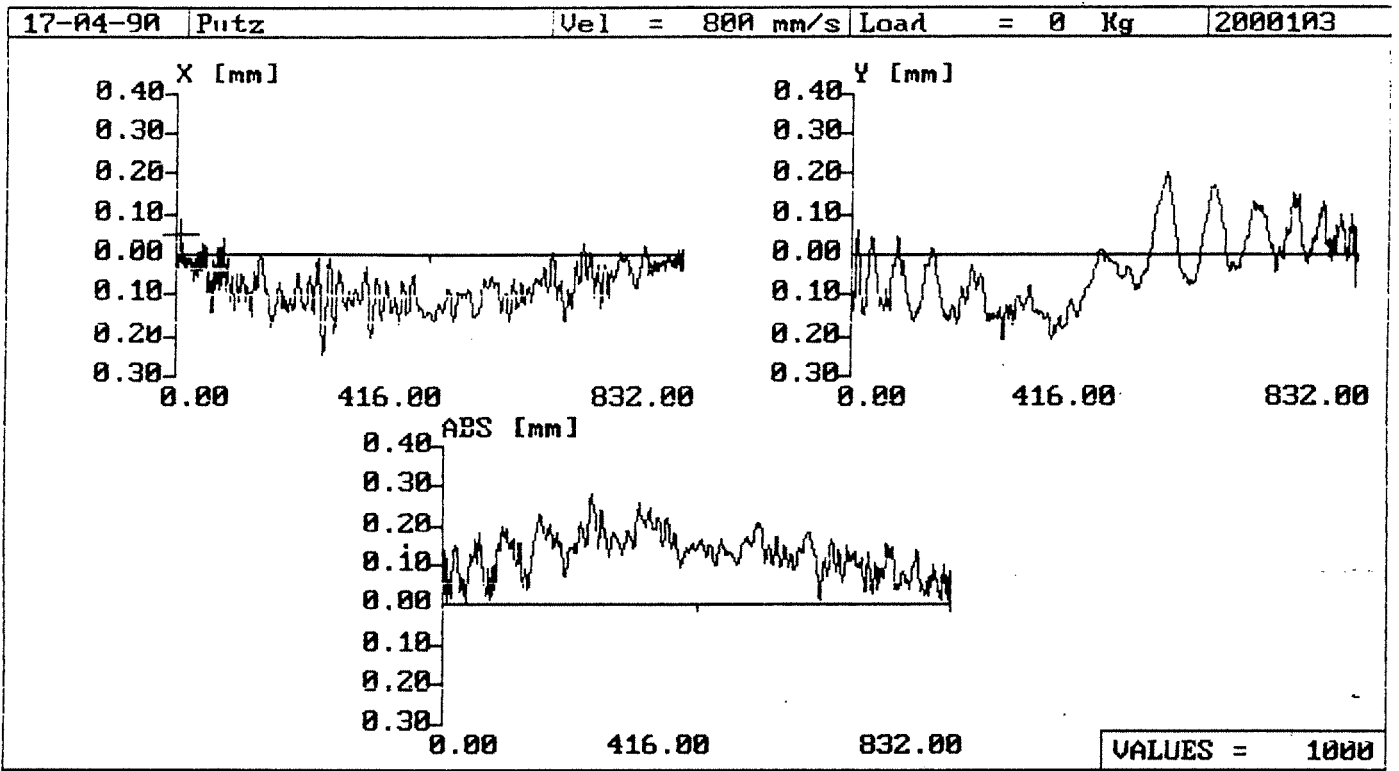
Richtung				Verfahr geschwindigkeit		Aufzeichnungs frequenz
x-Richtung	z-Richtung	y-Richtung	Diagonale	%	$\frac{\text{mm}}{\text{s}}$	Hz
Defekt	20000111	20000121	20000131	20	160	90
20000102	20000112	20000122	20000132	50	400	200
20000103	20000113	20000123	20000133	100	800	350

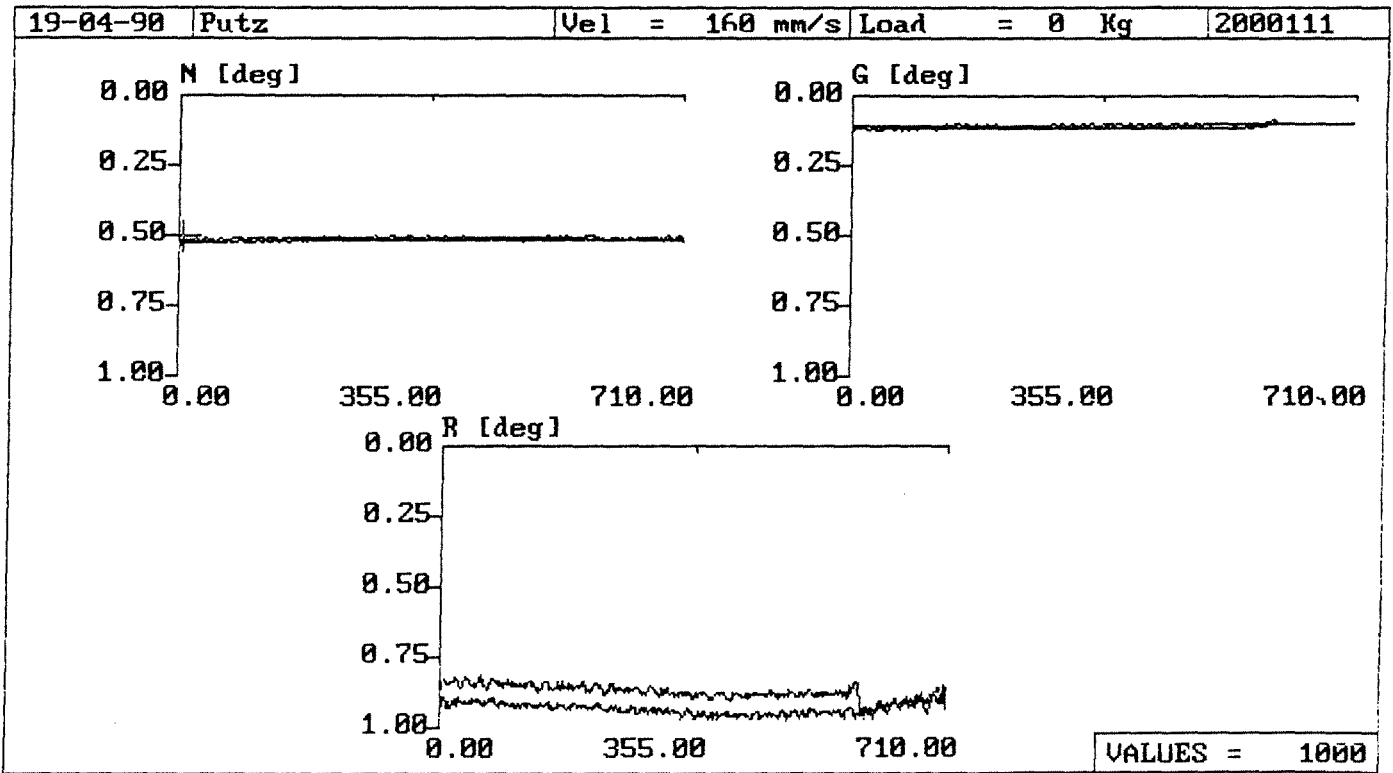
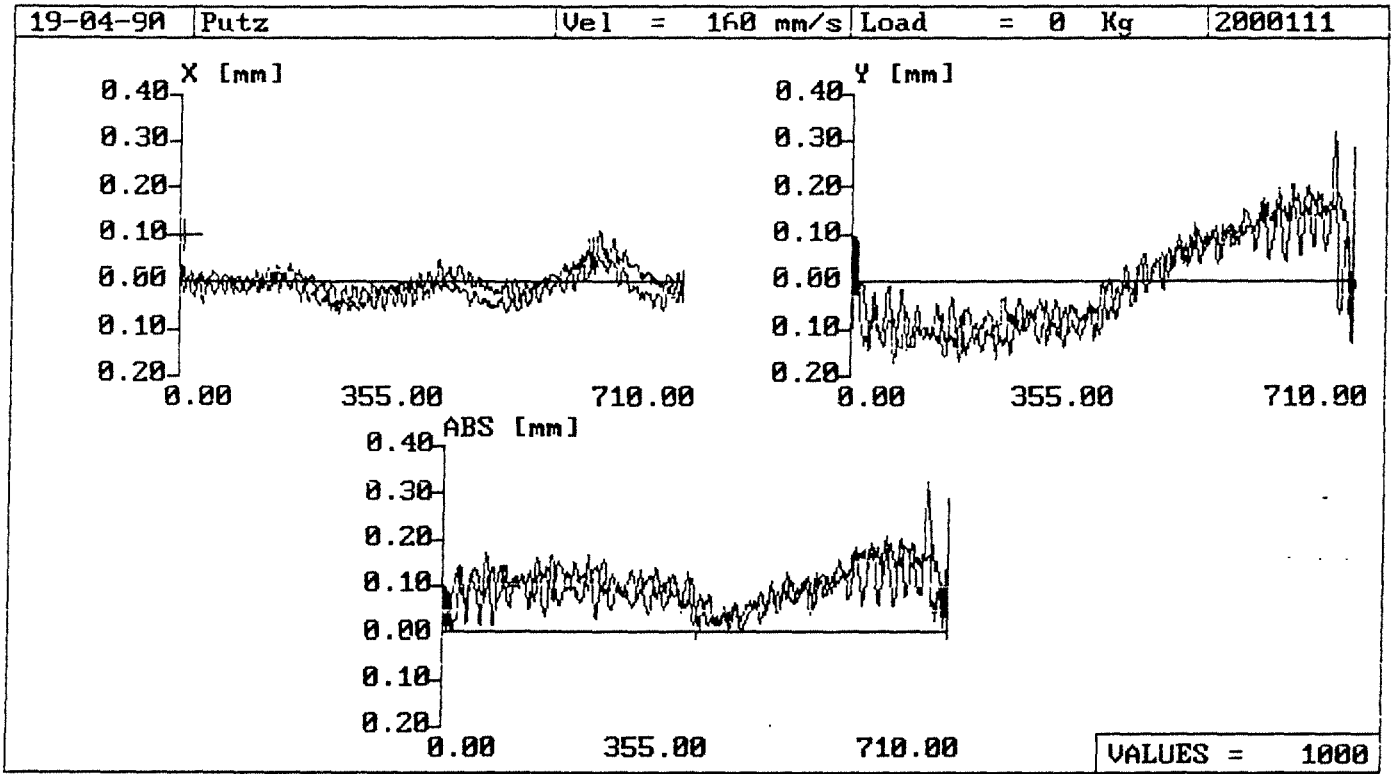
Die relative Lage der Koordinatensysteme zwischen Roboter und des Meßsystem ist für die

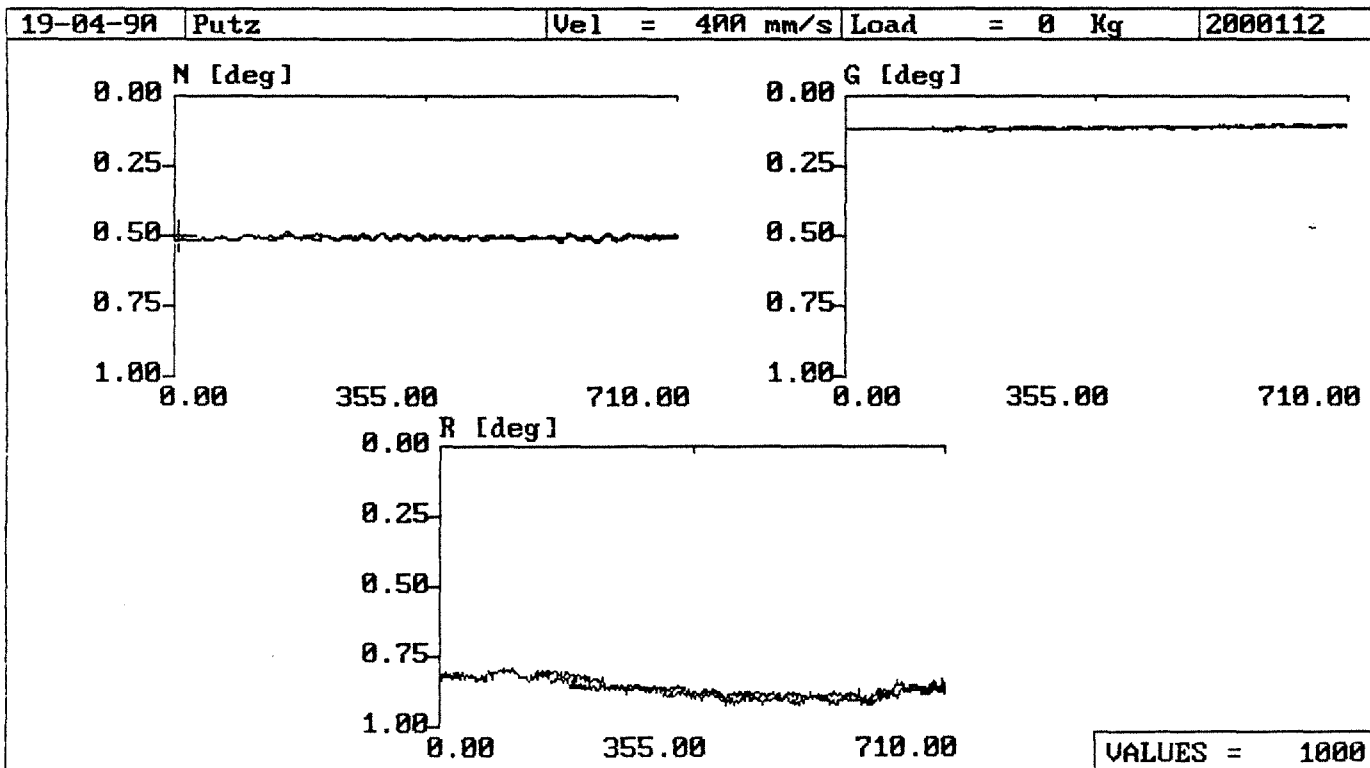
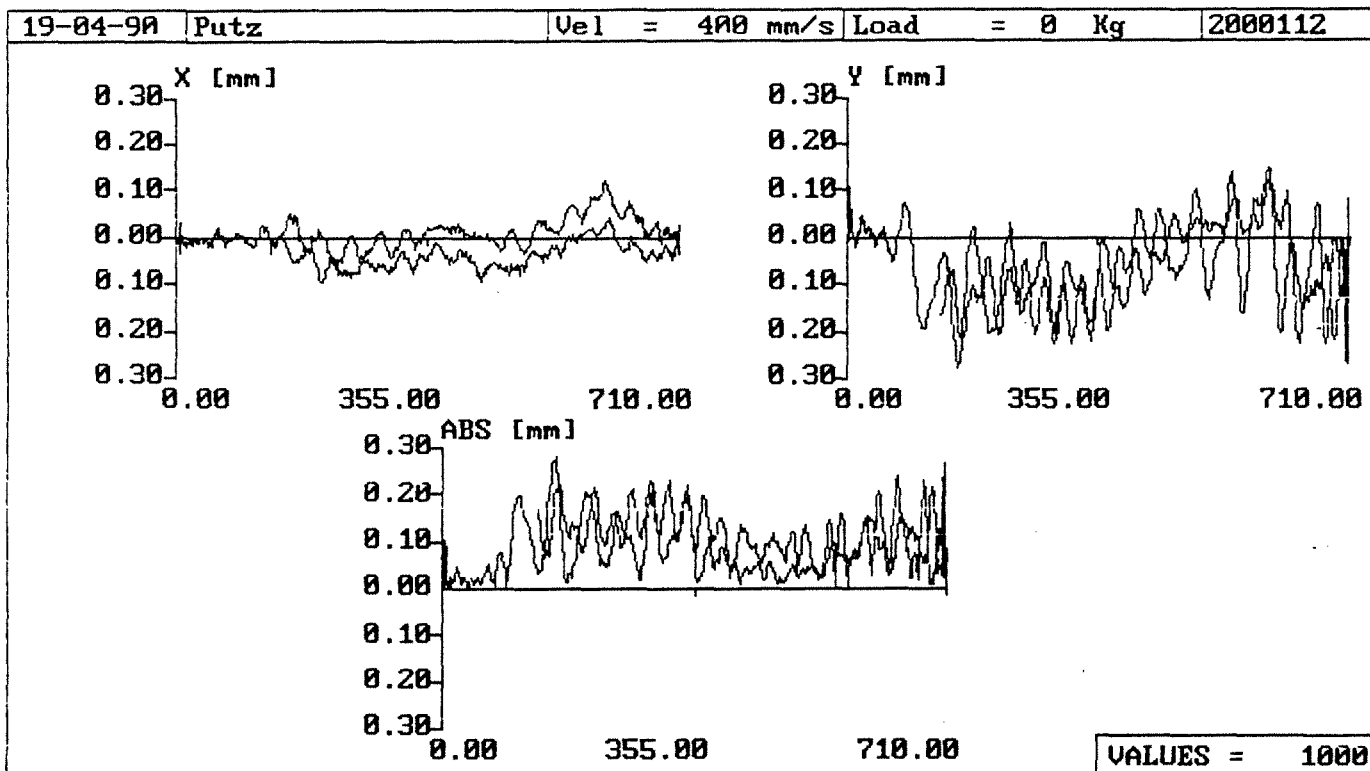
- x_R - Richtung aus Anlage 2.2-1
- y_R - Richtung aus Anlage 2.2-2a
- z_R - Richtung aus Anlage 2.2-3 zu entnehmen.

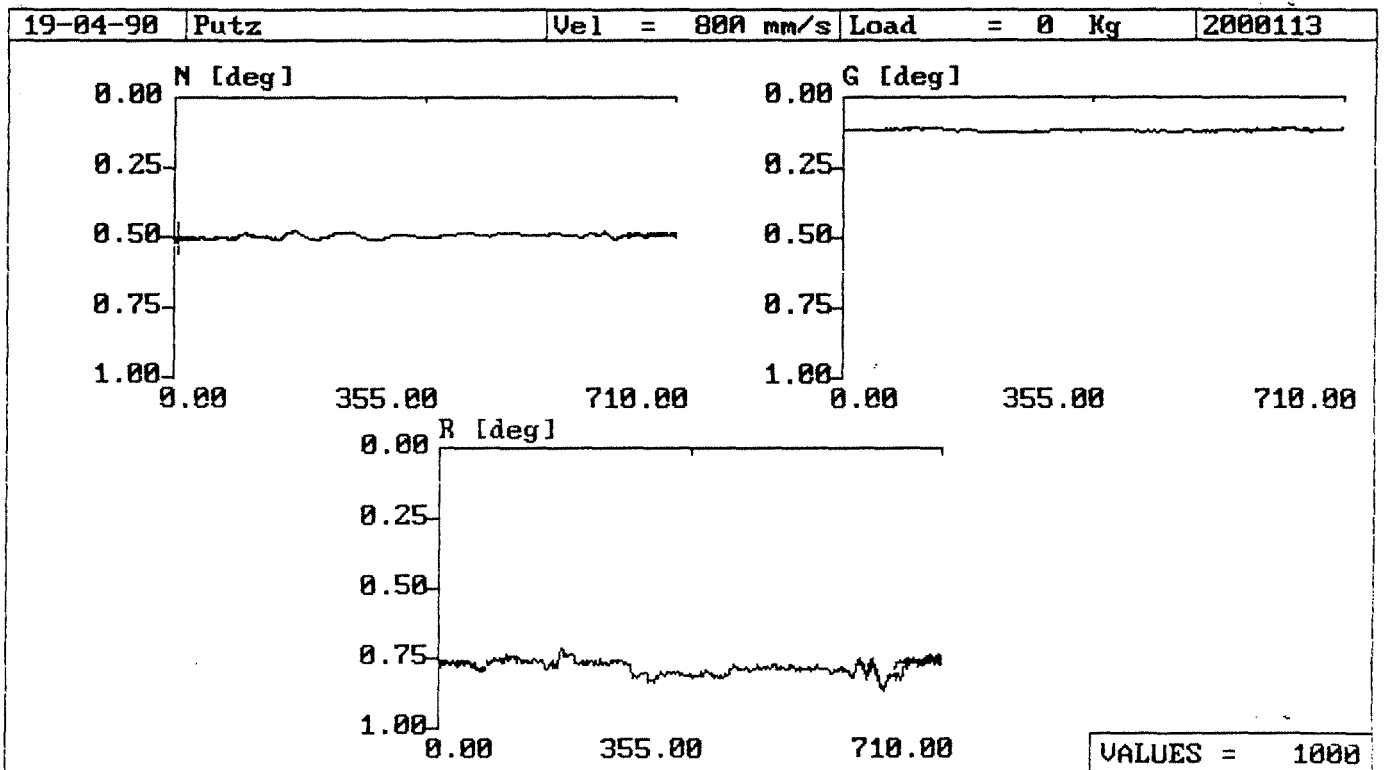
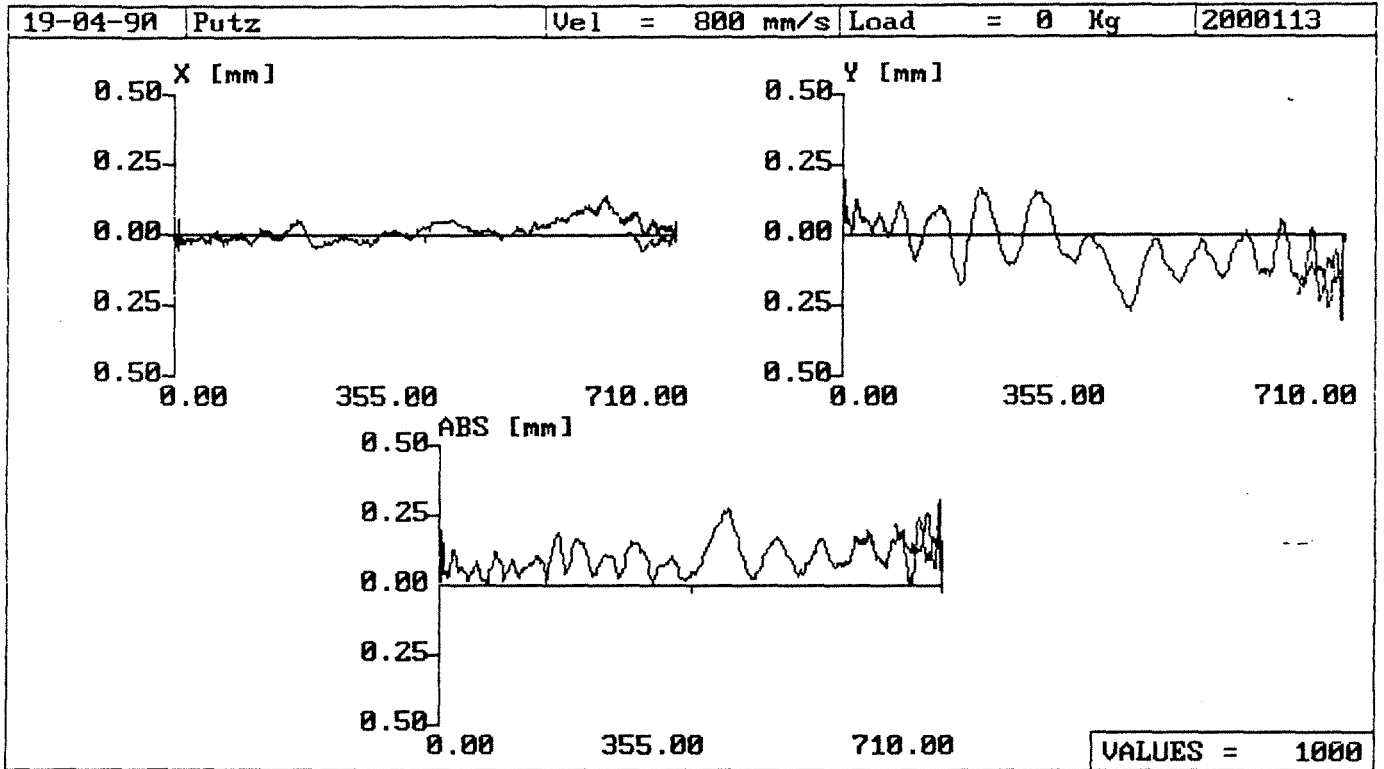
Anlage 2.2-4

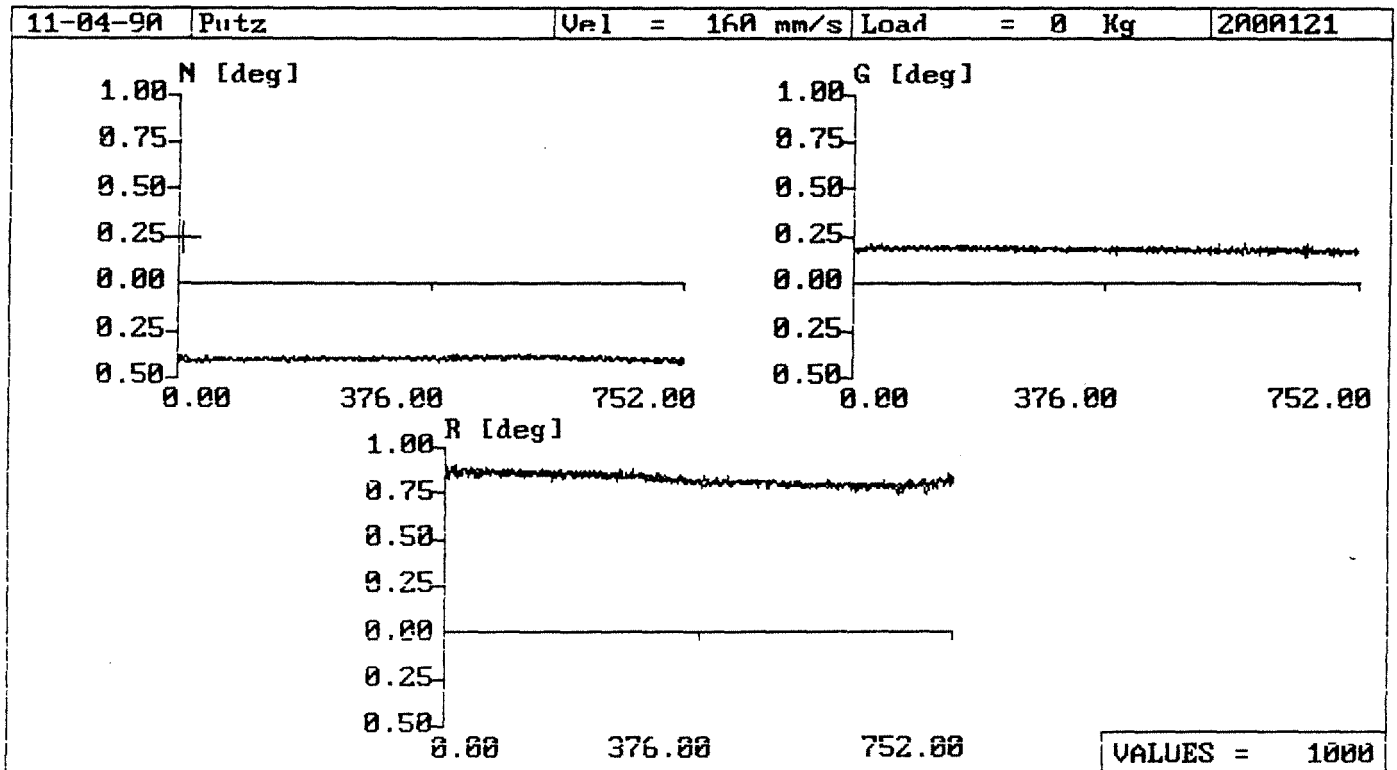
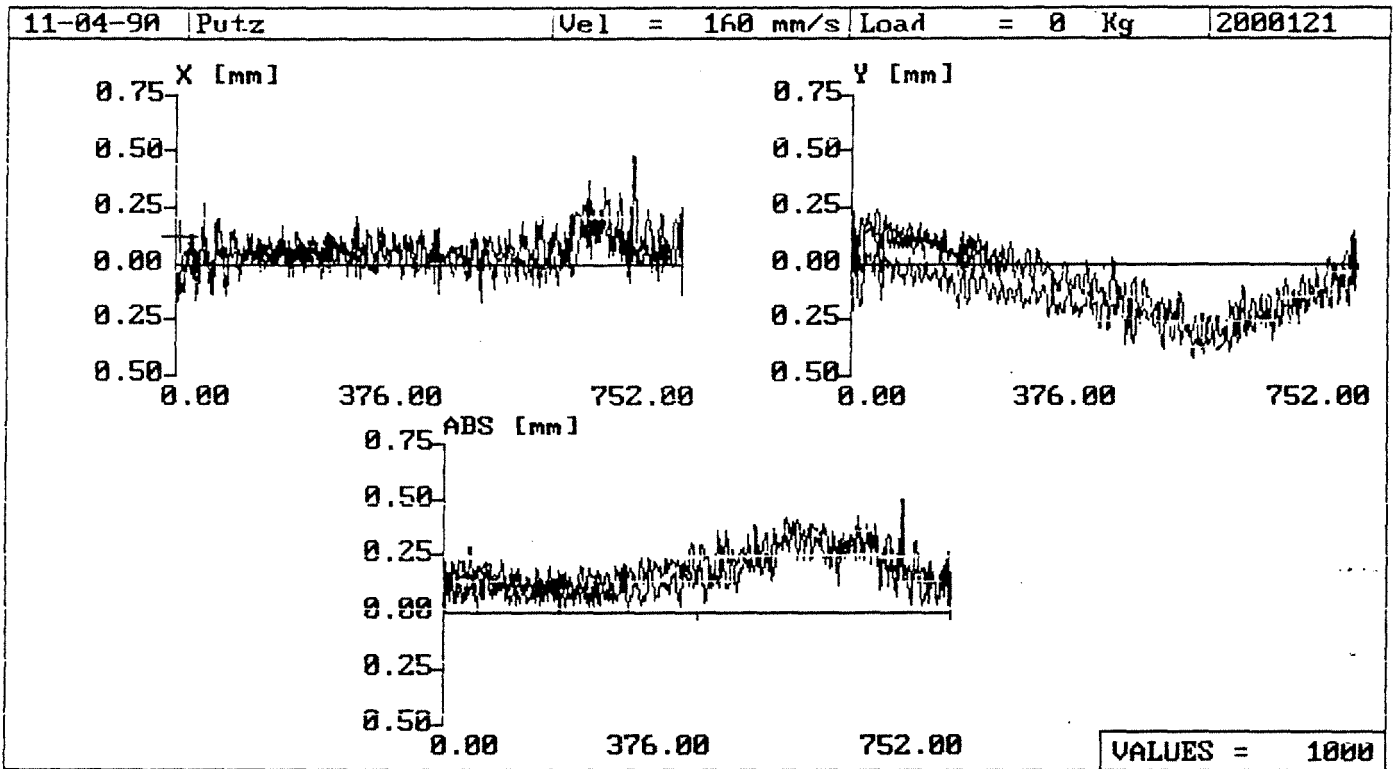


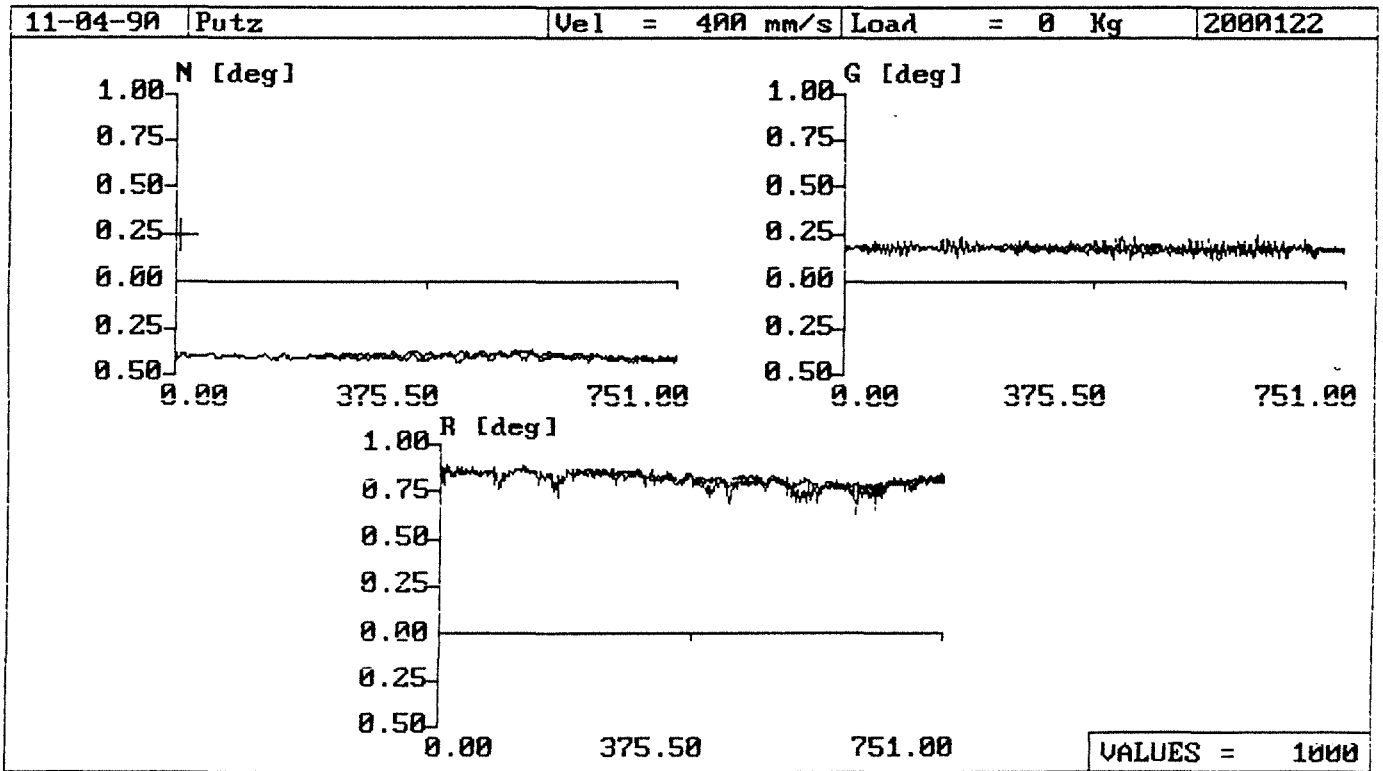
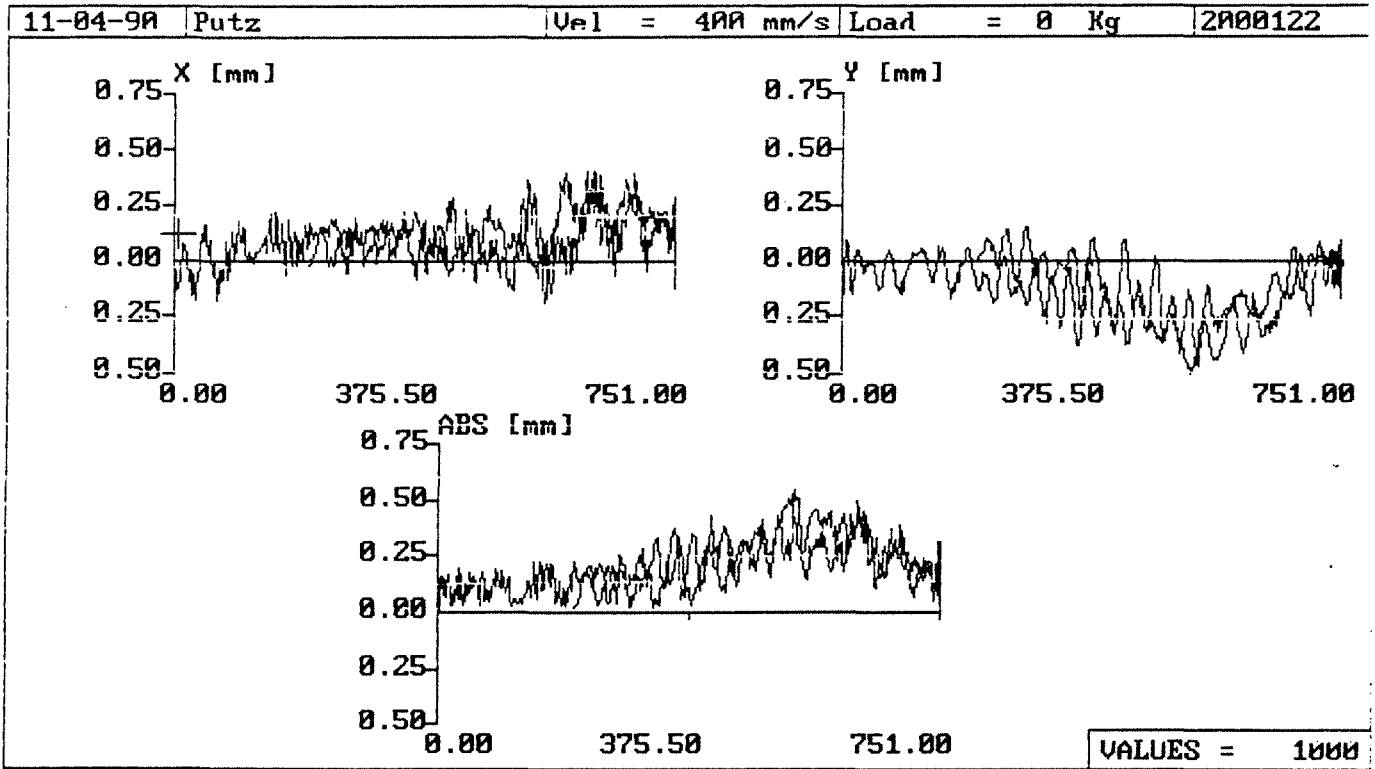


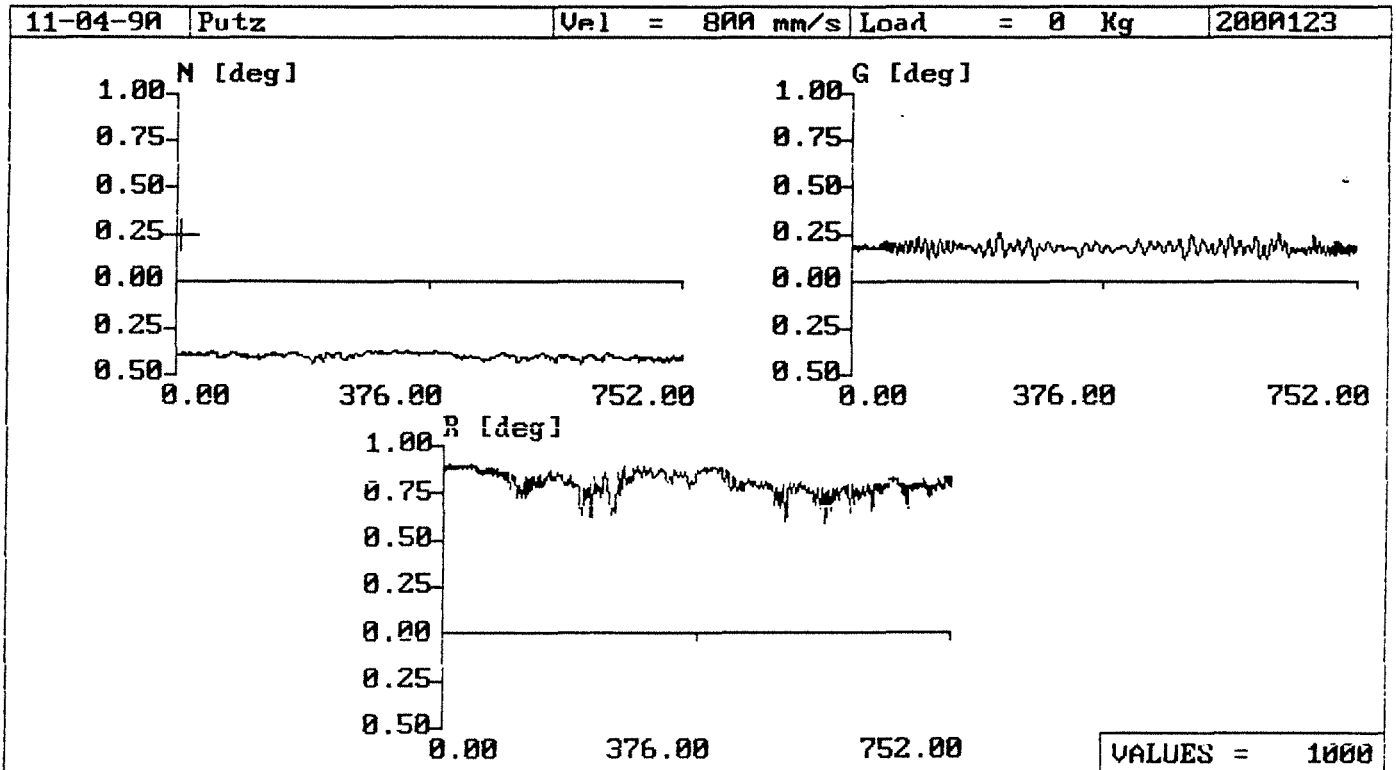
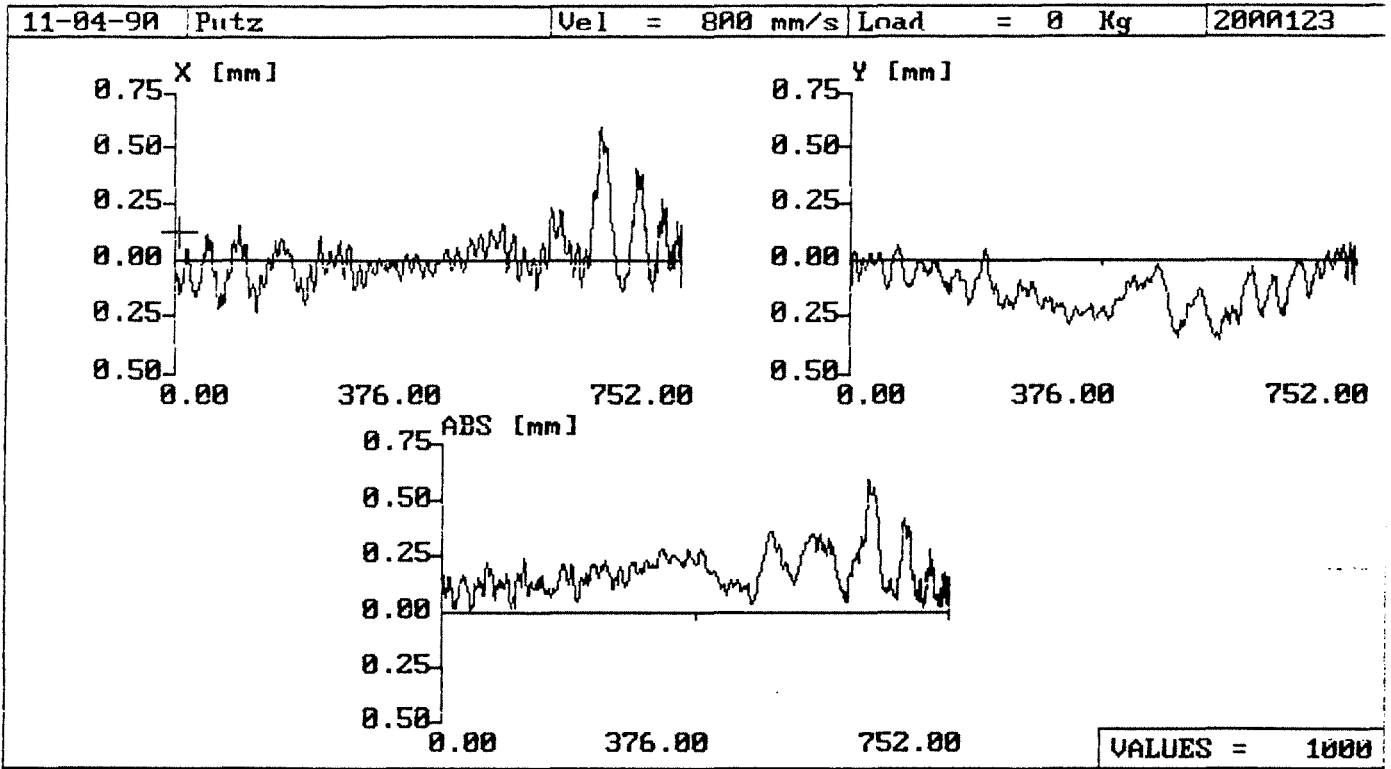


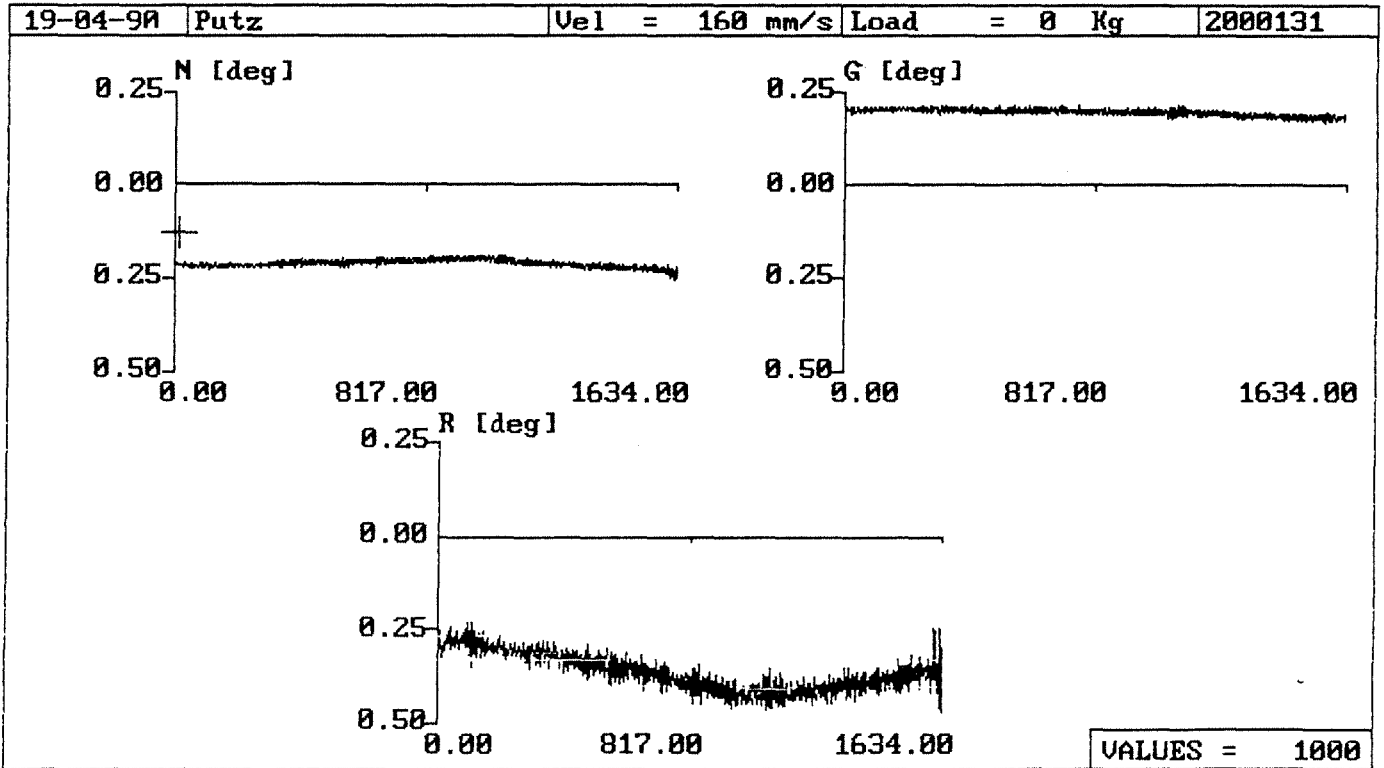
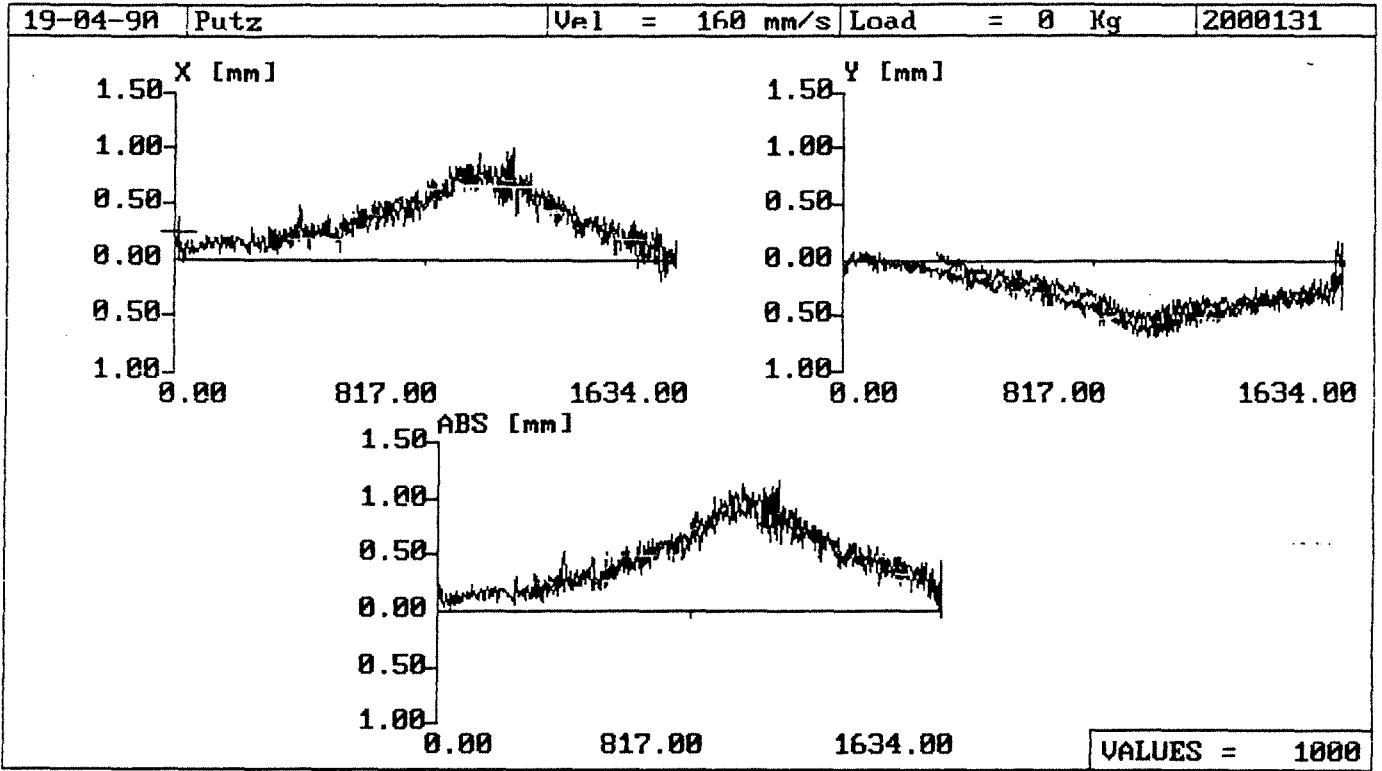


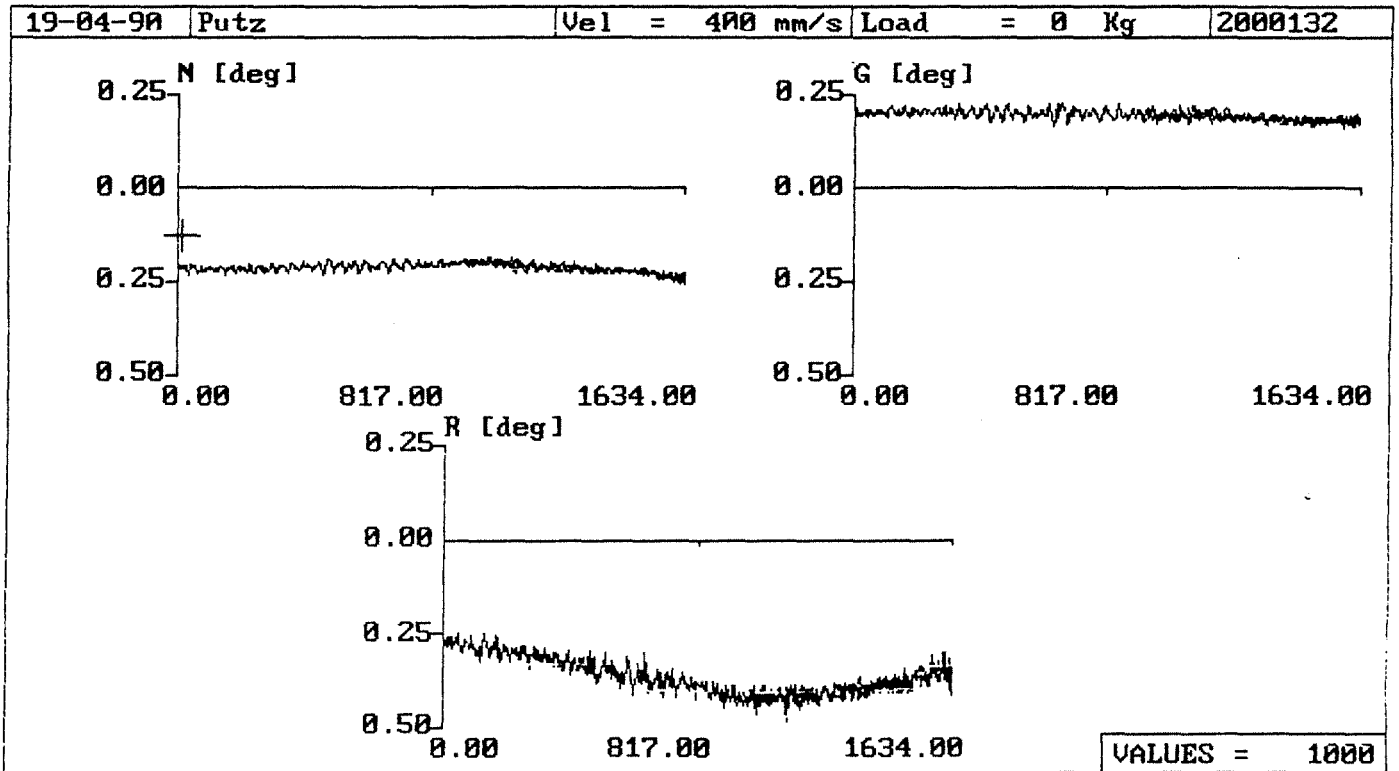
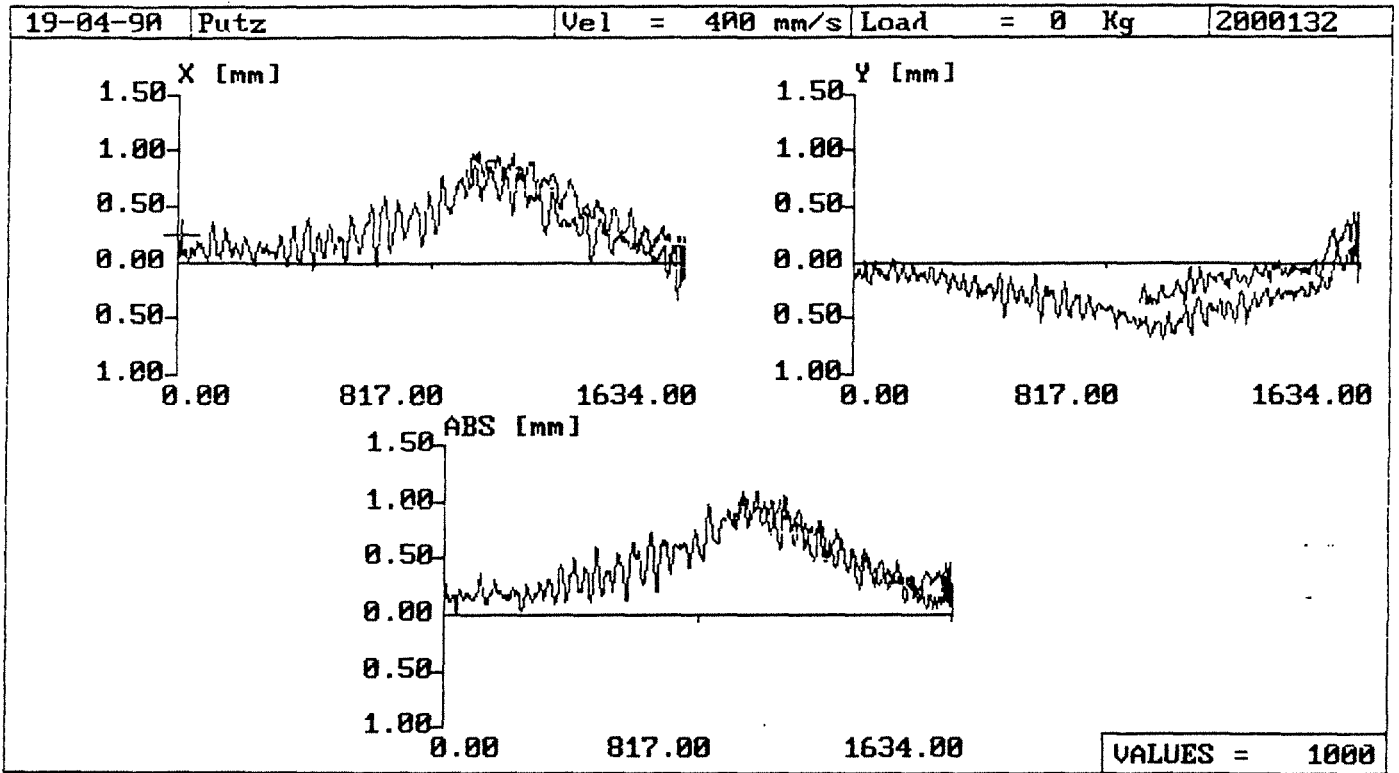


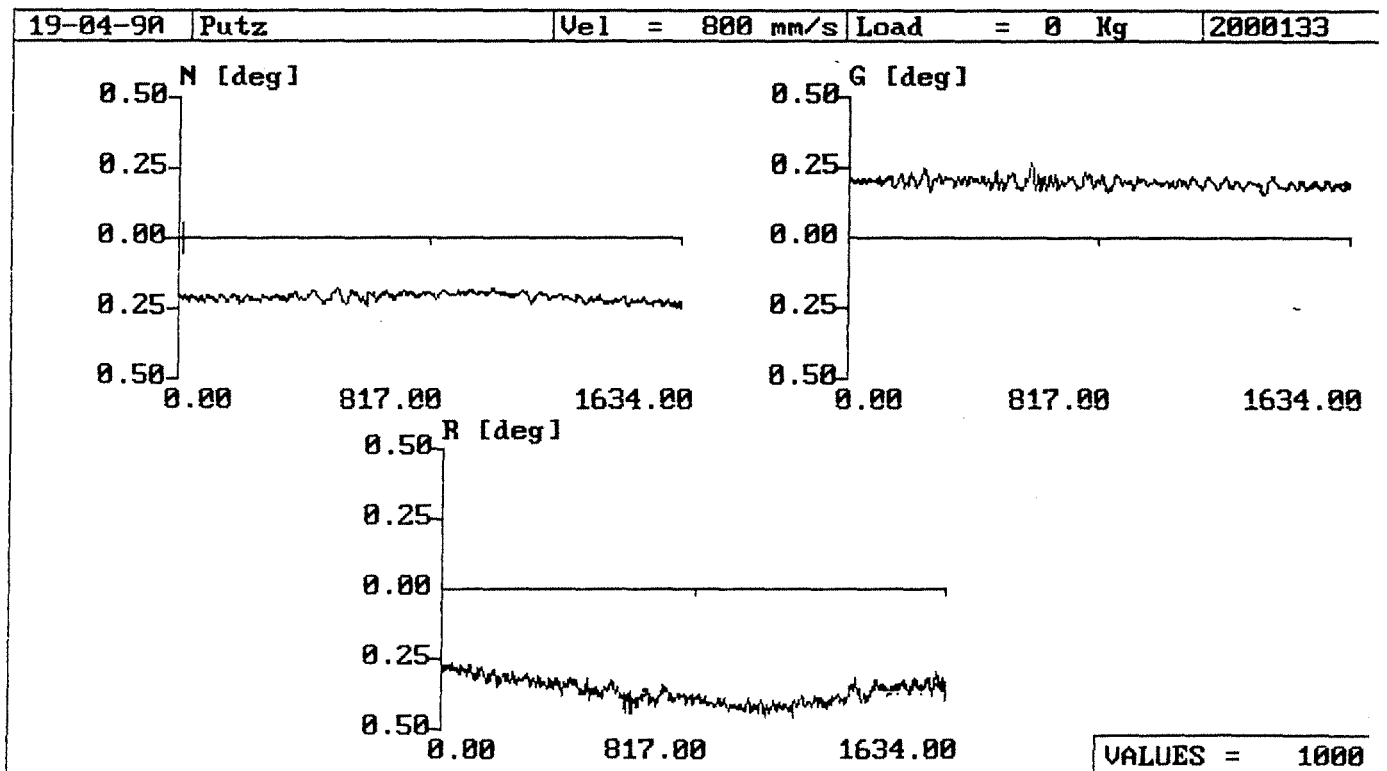
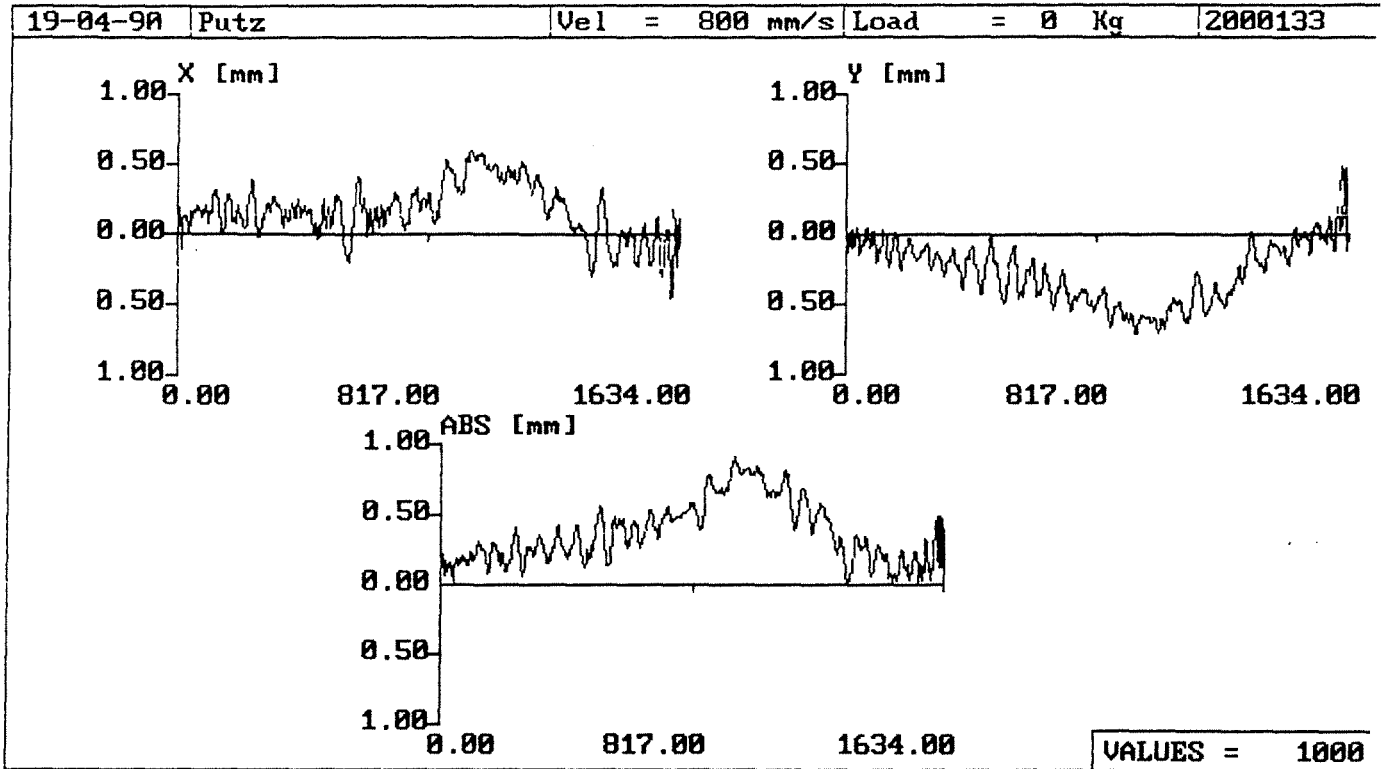












Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20000121.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]:	0.075	Z-Endwert [mm] :	752.372
X-Min [µm]:	-172.621	X-Max [µm] :	477.450
Y-Min [µm]:	-419.395	Y-Max [µm] :	238.825
Nickw.-Min [grad]:	-0.431	Nickw.-Max [grad]:	-0.375
Gierw.-Min [grad]:	0.142	Gierw.-Max [grad]:	0.217
Rollw.-Min [grad]:	0.742	Rollw.-Max [grad]:	0.901
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	752.297		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	650.071	Y-Spannweite [µm]:	658.221
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.806		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.359		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.642		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	131.866	Y-Abweichung [µm]:	144.940
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.009		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.010		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.040		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	791.194	Y-Streubreite [µm]:	869.640
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.055		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.059		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.241		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20000122.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: 0.205 Z-Endwert [mm] : 752.169
X-Min [µm]: -185.225 X-Max [µm] : 408.598
Y-Min [µm]: -498.882 Y-Max [µm] : 156.378
Nickw.-Min [grad]: -0.432 Nickw.-Max [grad]: -0.364
Gierw.-Min [grad]: 0.116 Gierw.-Max [grad]: 0.245
Rollw.-Min [grad]: 0.640 Rollw.-Max [grad]: 0.895
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 751.965

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 593.823 Y-Spannweite [µm]: 655.260
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.796
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.361
Rollwinkelspannweite [grad]: 1.534

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 149.574 Y-Abweichung [µm]: 170.656
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.013
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.018
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.065

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 897.443 Y-Streubreite [µm]: 1023.937
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.078
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.105
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.393

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20000123.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]:	0.160	Z-Endwert [mm] :	752.263
X-Min [µm]:	-238.963	X-Max [µm] :	589.997
Y-Min [µm]:	-352.191	Y-Max [µm] :	109.669
Nickw.-Min [grad]:	-0.442	Nickw.-Max [grad]:	-0.368
Gierw.-Min [grad]:	0.119	Gierw.-Max [grad]:	0.264
Rollw.-Min [grad]:	0.590	Rollw.-Max [grad]:	0.914
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	752.103		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	828.960	Y-Spannweite [µm]:	461.860
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.810		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.383		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.504		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	116.559	Y-Abweichung [µm]:	101.211
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.012		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.020		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.063		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	699.351	Y-Streubreite [µm]:	607.268
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.074		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.121		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.376		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 20000131.BAN
Roboter : Putz
Last [kg] : 0

Z-Anfangswert [mm]: 0.217 Z-Endwert [mm] : 1634.814
X-Min [µm]: -181.291 X-Max [µm] : 1005.841
Y-Min [µm]: -696.131 Y-Max [µm] : 167.233
Nickw.-Min [grad]: -0.257 Nickw.-Max [grad]: -0.188
Gierw.-Min [grad]: 0.169 Gierw.-Max [grad]: 0.216
Rollw.-Min [grad]: -0.470 Rollw.-Max [grad]: -0.227
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 1634.597

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1187.131 Y-Spannweite [µm]: 863.364
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.445
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.385
Rollwinkelspannweite [grad]: 0.697

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 372.140 Y-Abweichung [µm]: 378.017
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.012
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.009
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.098

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 2232.843 Y-Streubreite [µm]: 2268.104
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.073
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.057
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.590

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 20000132.BAN
Roboter : Putz
Last [kg] : 0

Z-Anfangswert [mm]: 0.164 Z-Endwert [mm] : 1634.616
X-Min [µm]: -337.125 X-Max [µm] : 979.526
Y-Min [µm]: -685.458 Y-Max [µm] : 448.107
Nickw.-Min [grad]: -0.253 Nickw.-Max [grad]: -0.182
Gierw.-Min [grad]: 0.163 Gierw.-Max [grad]: 0.228
Rollw.-Min [grad]: -0.484 Rollw.-Max [grad]: -0.248
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 1634.452

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1316.651 Y-Spannweite [µm]: 1133.565
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.435
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.391
Rollwinkelspannweite [grad]: 0.732

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 311.571 Y-Abweichung [µm]: 252.132
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.021
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.014
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.054

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 1869.427 Y-Streubreite [µm]: 1512.791
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.128
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.082
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.326

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20000133.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]:	0.162	Z-Endwert [mm]	:	1634.383
X-Min [μm]:	-449.703	X-Max [μm]	:	593.664
Y-Min [μm]:	-707.278	Y-Max [μm]	:	481.034
Nickw.-Min [grad]:	-0.253	Nickw.-Max [grad]:		-0.181
Gierw.-Min [grad]:	0.152	Gierw.-Max [grad]:		0.261
Rollw.-Min [grad]:	-0.459	Rollw.-Max [grad]:		-0.260
Triggerwert [Hz]	:	65286		
Bahnlaenge [mm]	:	1634.221		

Spannweiten:

X-Spannweite [μm]:	1043.367	Y-Spannweite [μm]:	1188.312
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.434		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.412		
Rollwinkelspannweite [grad]:	0.719		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [μm]:	186.438	Y-Abweichung [μm]:	354.721
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.011		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.013		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.063		

Streubreiten:

X-Streubreite [μm]:	1118.626	Y-Streubreite [μm]:	2128.325
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.066		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.078		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.375		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 20000102.BAN
Roboter : Putz
Last [kg] : 0

Z-Anfangswert [mm]: 0.007 Z-Endwert [mm] : 832.031
X-Min [µm]: -185.448 X-Max [µm] : 155.027
Y-Min [µm]: -133.754 Y-Max [µm] : 169.127
Nickw.-Min [grad]: -0.349 Nickw.-Max [grad]: -0.291
Gierw.-Min [grad]: 0.154 Gierw.-Max [grad]: 0.216
Rollw.-Min [grad]: 0.335 Rollw.-Max [grad]: 0.451
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 832.024

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 340.475 Y-Spannweite [µm]: 302.881
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.640
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.370
Rollwinkelspannweite [grad]: 0.786

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 102.074 Y-Abweichung [µm]: 104.654
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.011
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.008
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.021

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 612.443 Y-Streubreite [µm]: 627.922
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.067
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.046
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.126

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20000103.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]:	0.153	Z-Endwert [mm] :	832.495
X-Min [μm]:	-245.599	X-Max [μm] :	37.598
Y-Min [μm]:	-208.369	Y-Max [μm] :	199.932
Nickw.-Min [grad]:	-0.359	Nickw.-Max [grad]:	-0.287
Gierw.-Min [grad]:	0.105	Gierw.-Max [grad]:	0.268
Rollw.-Min [grad]:	0.095	Rollw.-Max [grad]:	0.488
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	832.342		

Spannweiten:

X-Spannweite [μm]:	283.197	Y-Spannweite [μm]:	408.300
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.646		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.373		
Rollwinkelspannweite [grad]:	0.583		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [μm]:	68.328	Y-Abweichung [μm]:	79.588
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.013		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.014		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.038		

Streubreiten:

X-Streubreite [μm]:	409.969	Y-Streubreite [μm]:	477.527
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.079		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.086		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.227		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20000111.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: -0.108 Z-Endwert [mm] : 710.458
X-Min [µm]: -70.377 X-Max [µm] : 107.658
Y-Min [µm]: -172.728 Y-Max [µm] : 319.325
Nickw.-Min [grad]: -0.536 Nickw.-Max [grad]: -0.500
Gierw.-Min [grad]: -0.124 Gierw.-Max [grad]: -0.089
Rollw.-Min [grad]: -0.972 Rollw.-Max [grad]: -0.809
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 710.565

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 178.036 Y-Spannweite [µm]: 492.053
Nickwinkelspannweite [grad]: 1.036
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.213
Rollwinkelspannweite [grad]: 1.781

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 35.191 Y-Abweichung [µm]: 107.167
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.012
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.008
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.044

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 211.146 Y-Streubreite [µm]: 643.003
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.072
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.047
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.266

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20000112.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]:	-0.112	Z-Endwert [mm] :	710.471
X-Min [µm]:	-96.438	X-Max [µm] :	122.114
Y-Min [µm]:	-276.557	Y-Max [µm] :	151.492
Nickw.-Min [grad]:	-0.525	Nickw.-Max [grad]:	-0.488
Gierw.-Min [grad]:	-0.126	Gierw.-Max [grad]:	-0.102
Rollw.-Min [grad]:	-0.924	Rollw.-Max [grad]:	-0.792
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	710.582		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	218.552	Y-Spannweite [µm]:	428.049
Nickwinkelspannweite [grad]:	1.013		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.228		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.716		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	28.580	Y-Abweichung [µm]:	98.799
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.007		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.011		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.058		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	171.480	Y-Streubreite [µm]:	592.795
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.041		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.067		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.349		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20000113.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: -0.098 Z-Endwert [mm] : 710.345
X-Min [µm]: -57.193 X-Max [µm] : 137.177
Y-Min [µm]: -305.858 Y-Max [µm] : 190.233
Nickw.-Min [grad]: -0.519 Nickw.-Max [grad]: -0.479
Gierw.-Min [grad]: -0.130 Gierw.-Max [grad]: -0.107
Rollw.-Min [grad]: -0.867 Rollw.-Max [grad]: -0.711
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 710.444

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 194.370 Y-Spannweite [µm]: 496.091
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.998
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.237
Rollwinkelspannweite [grad]: 1.579

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 31.052 Y-Abweichung [µm]: 93.995
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.006
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.003
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.024

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 186.314 Y-Streubreite [µm]: 563.972
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.036
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.020
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.142

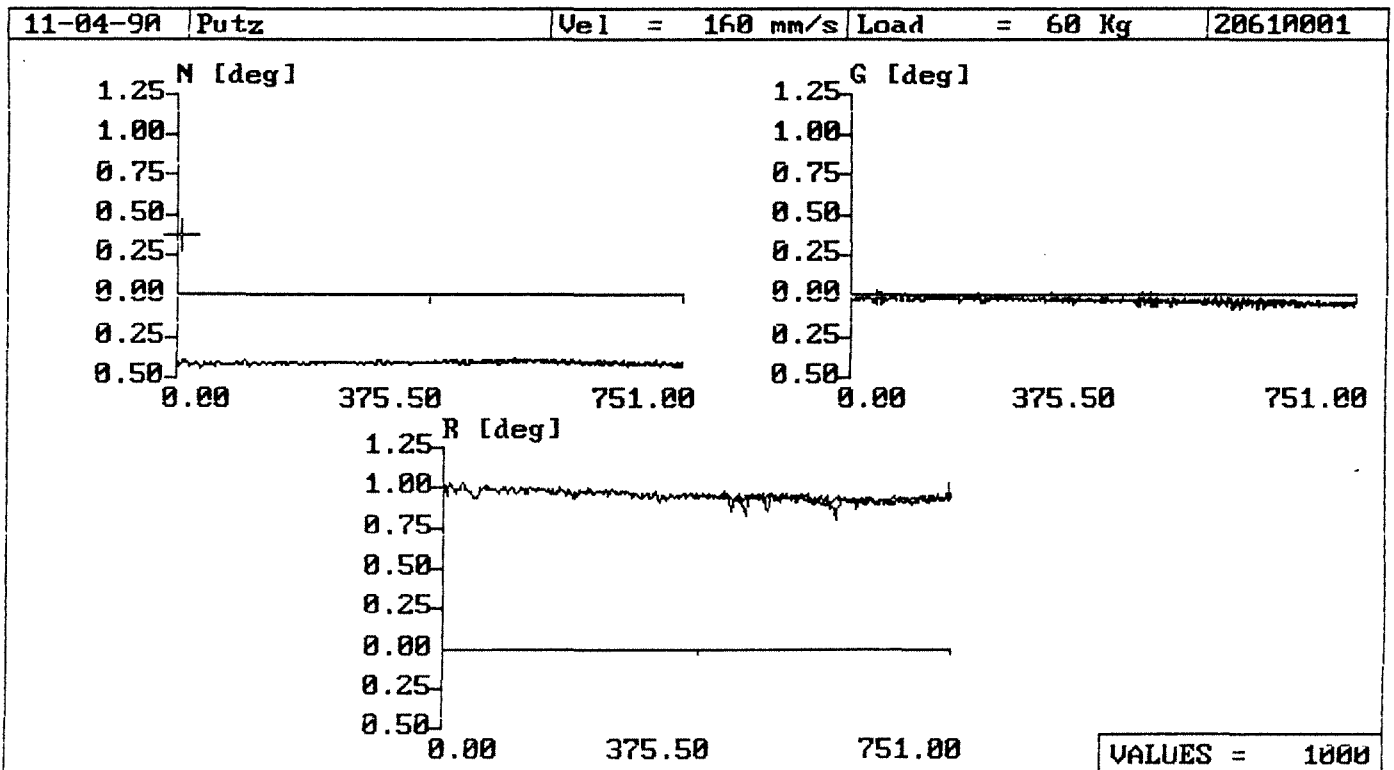
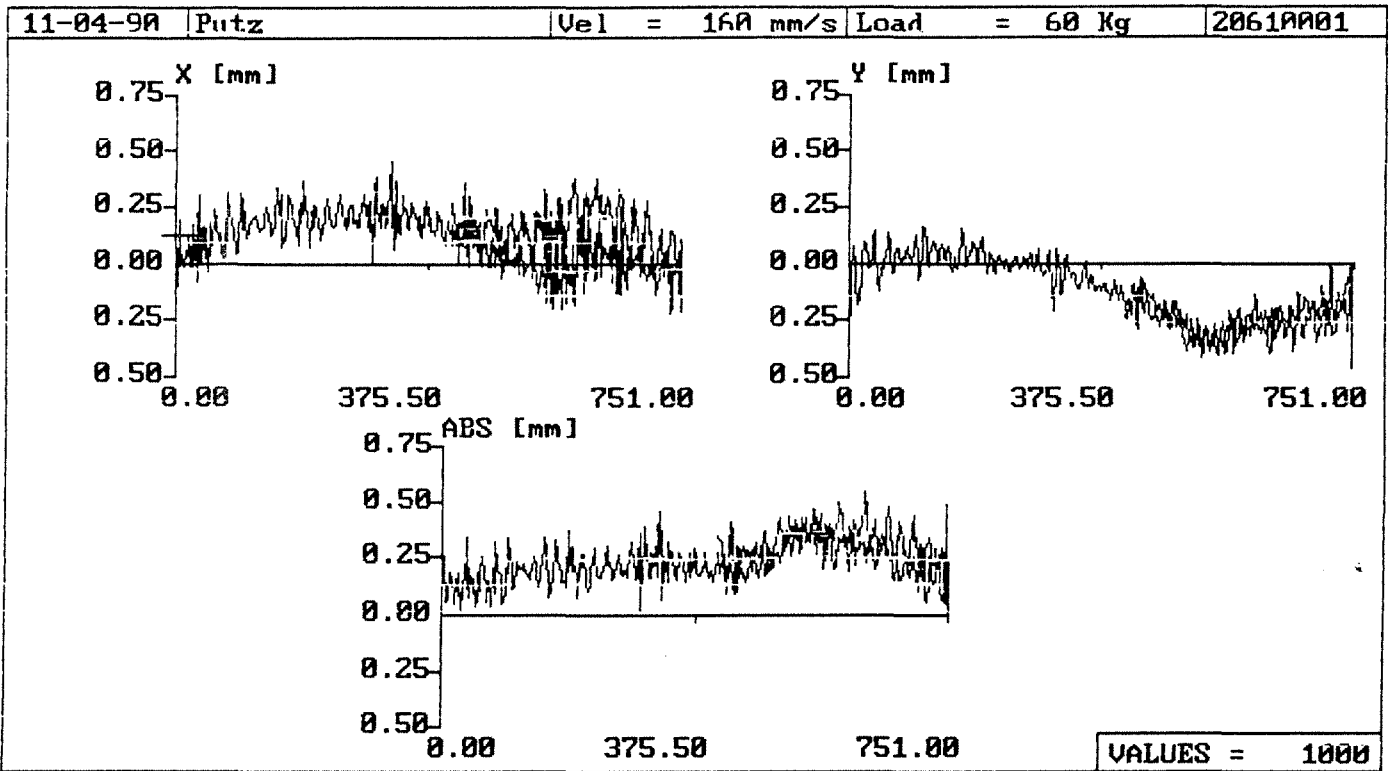
Versuchsmatrix für alle durchgeführten Bahnfahrten

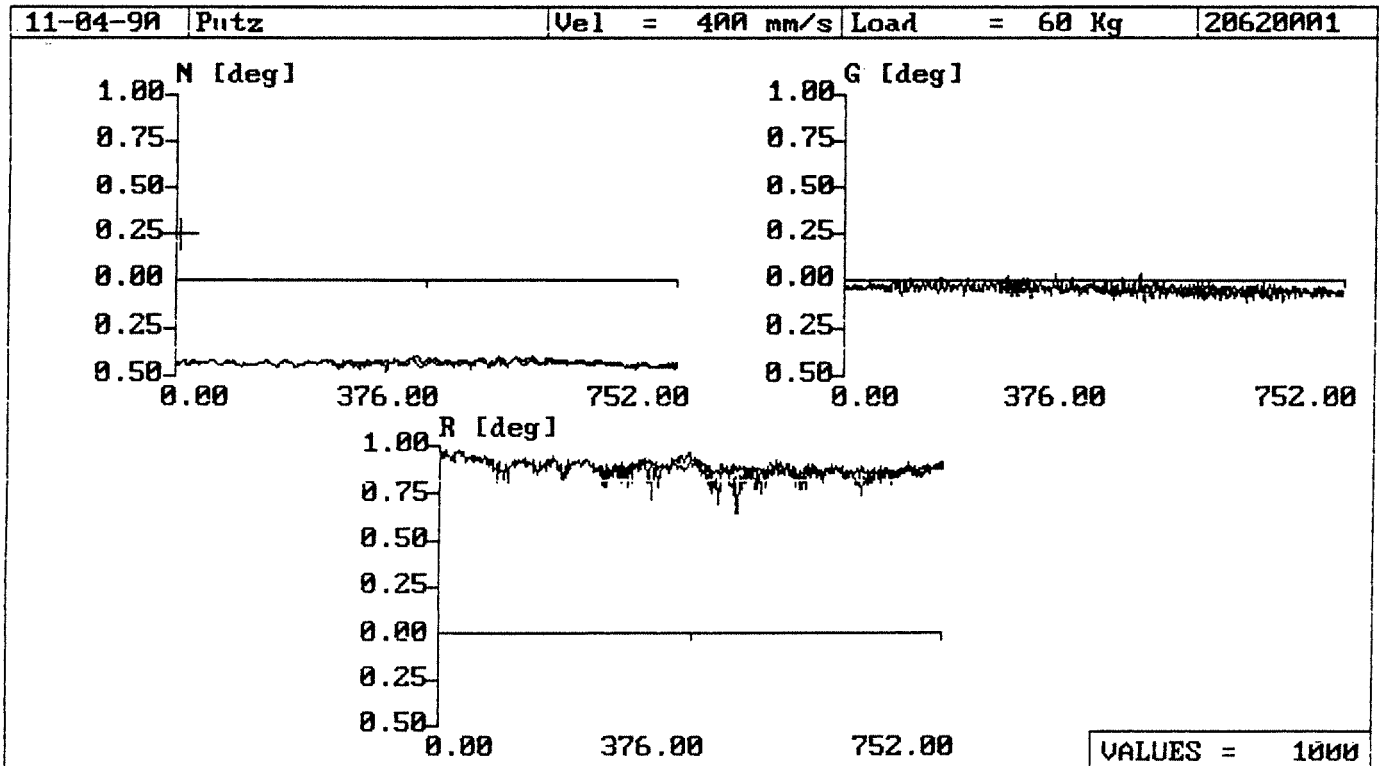
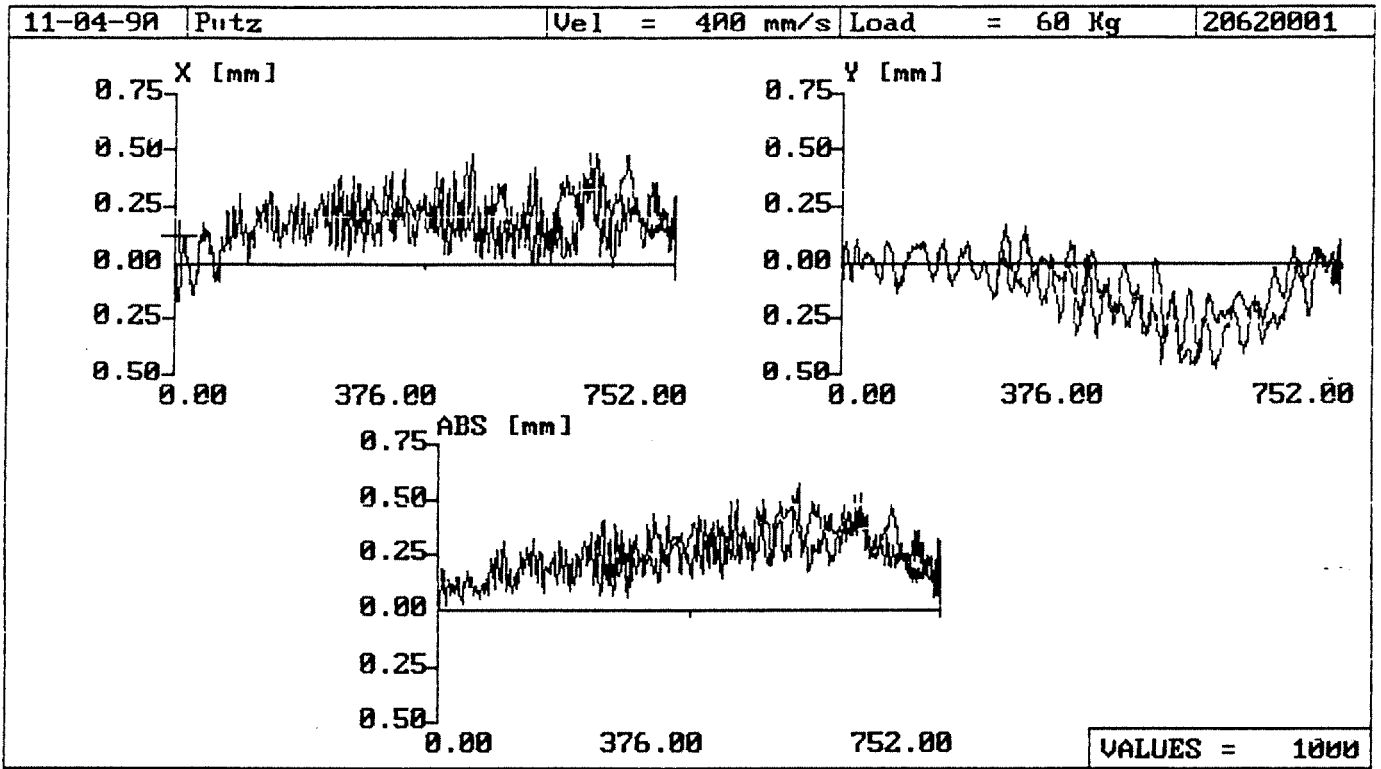
Bahnfahrt in y_R - Richtung

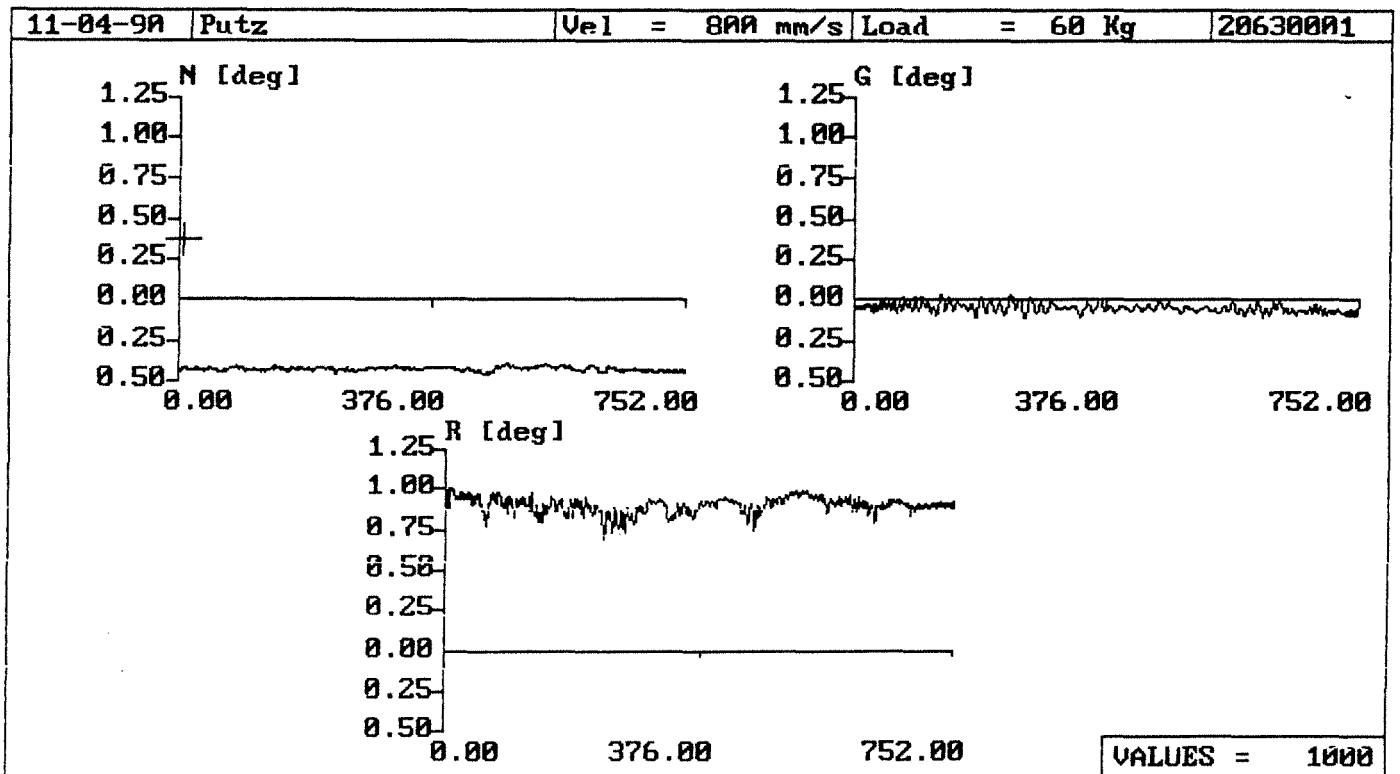
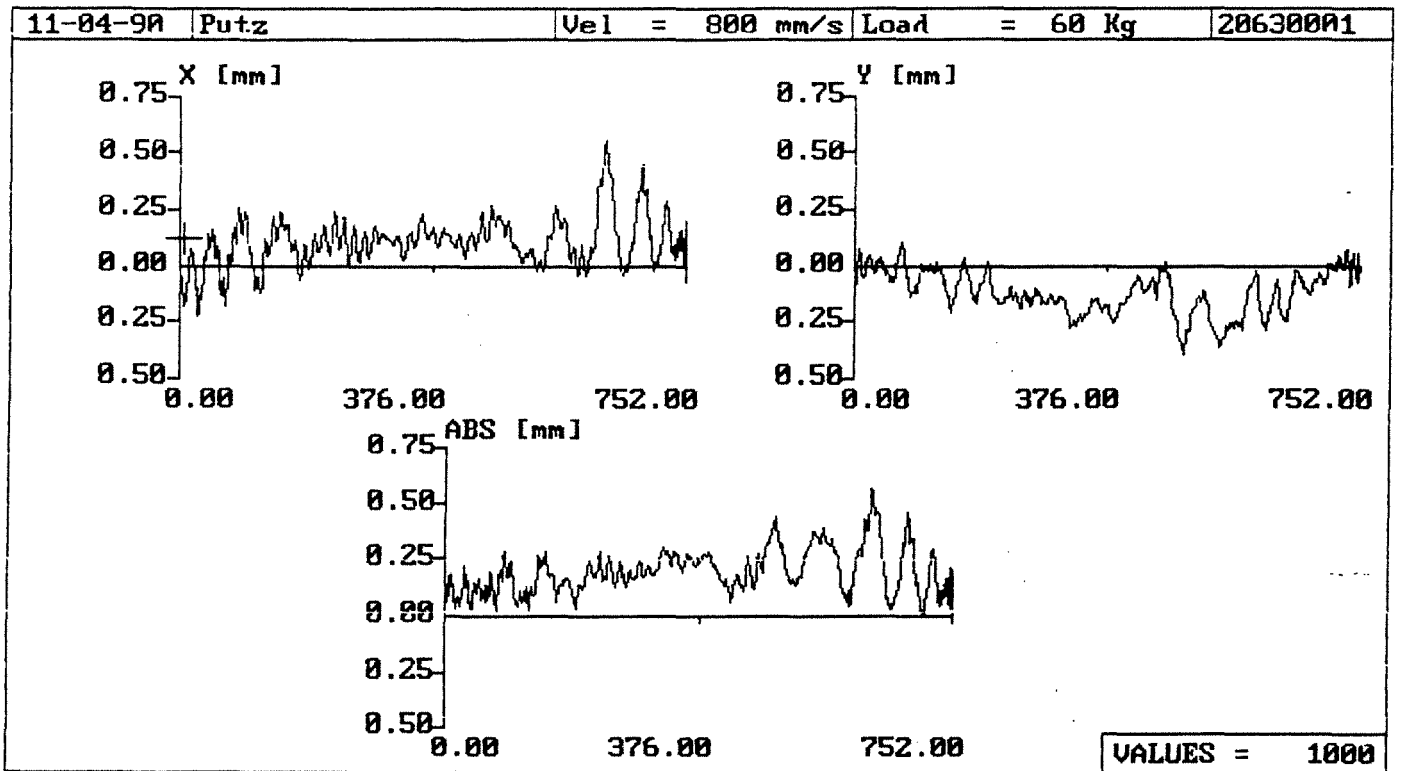
Last in negativer x_R - Richtung

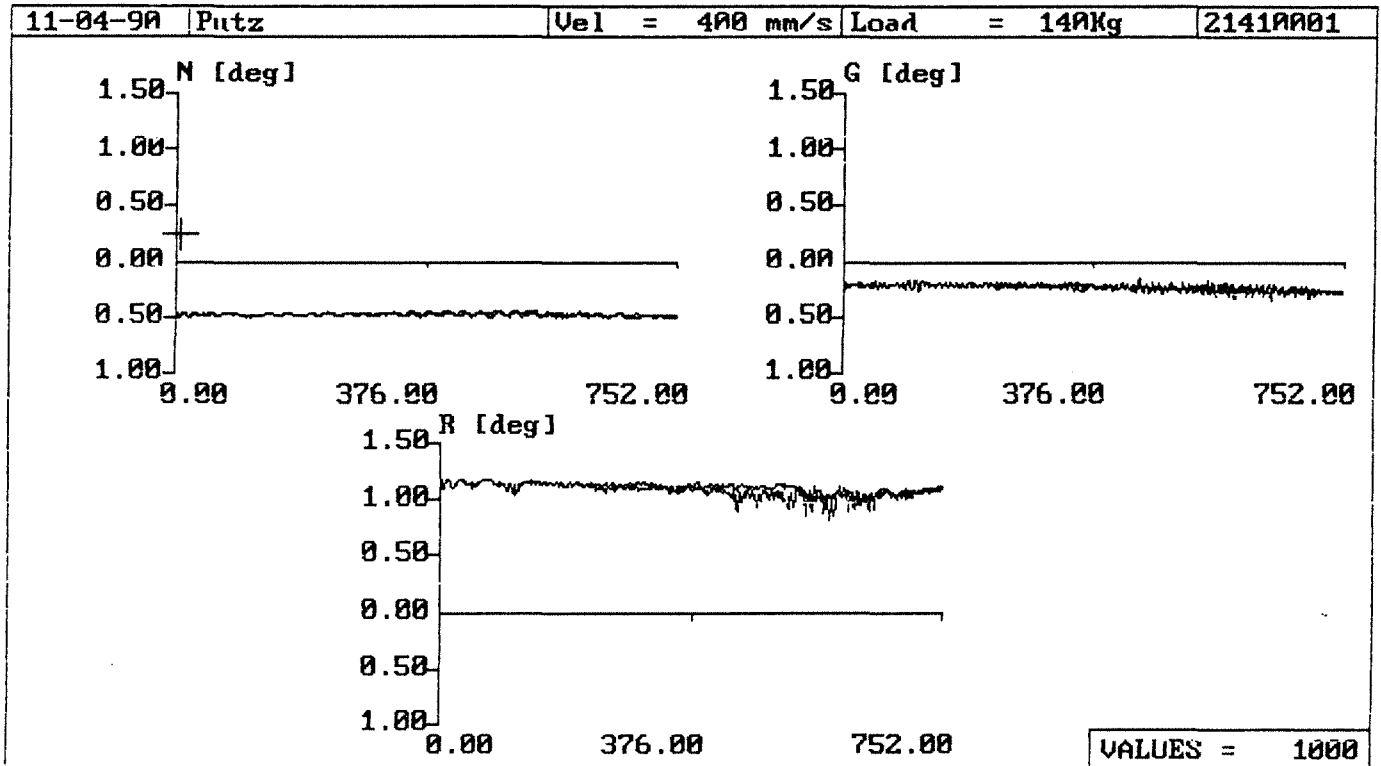
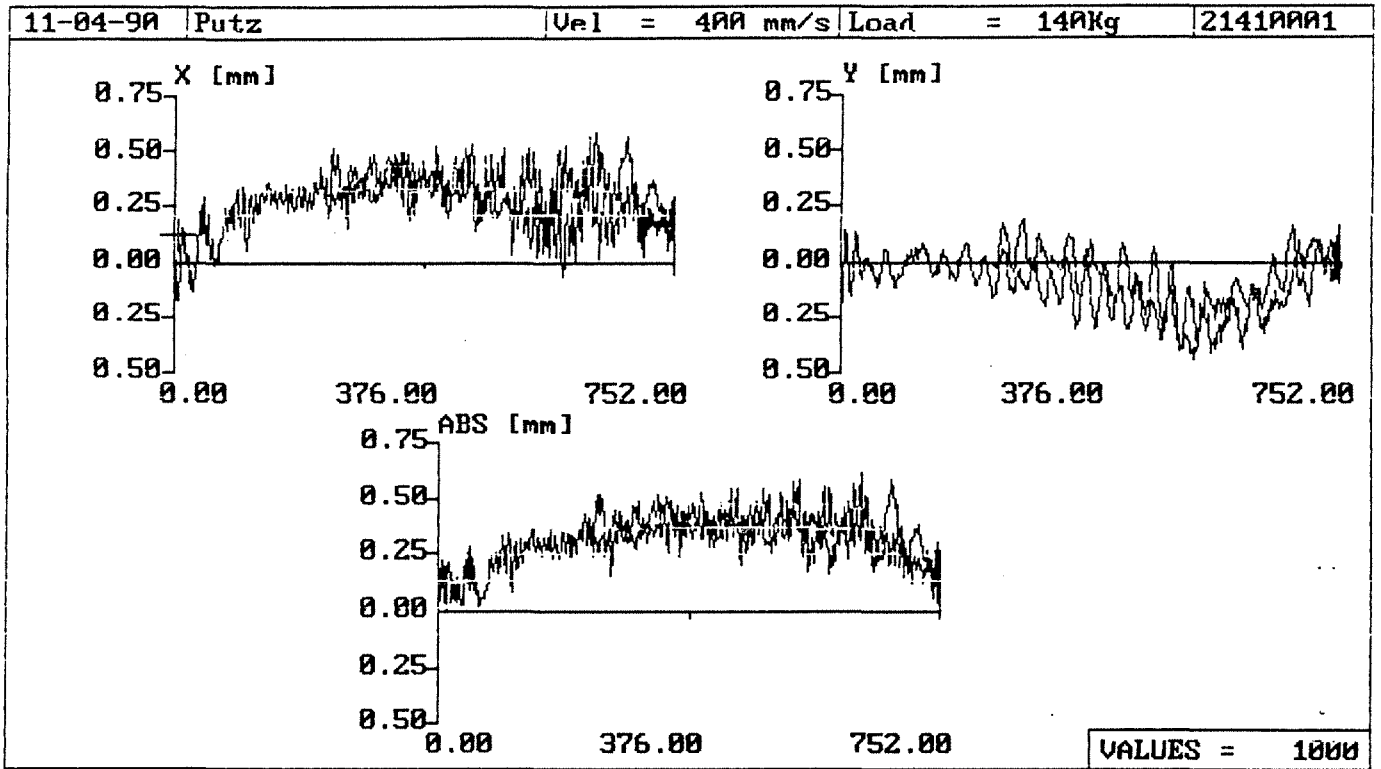
Belastung in kg							Aufzeichnungs frequenz	Verfahr geschwindigkeit	
20	60	100	140	180	220	240	Hz	%	$\frac{mm}{s}$
20210001	20610001	21010001	21410001	21810001	22210001	22410001	90	20	160
20220001	20620001	21020001	defekt	21820001	22220001	22420001	200	50	400
20230001	20630001	21030001	21430001	21830001	22230001	22430001	400	100	800

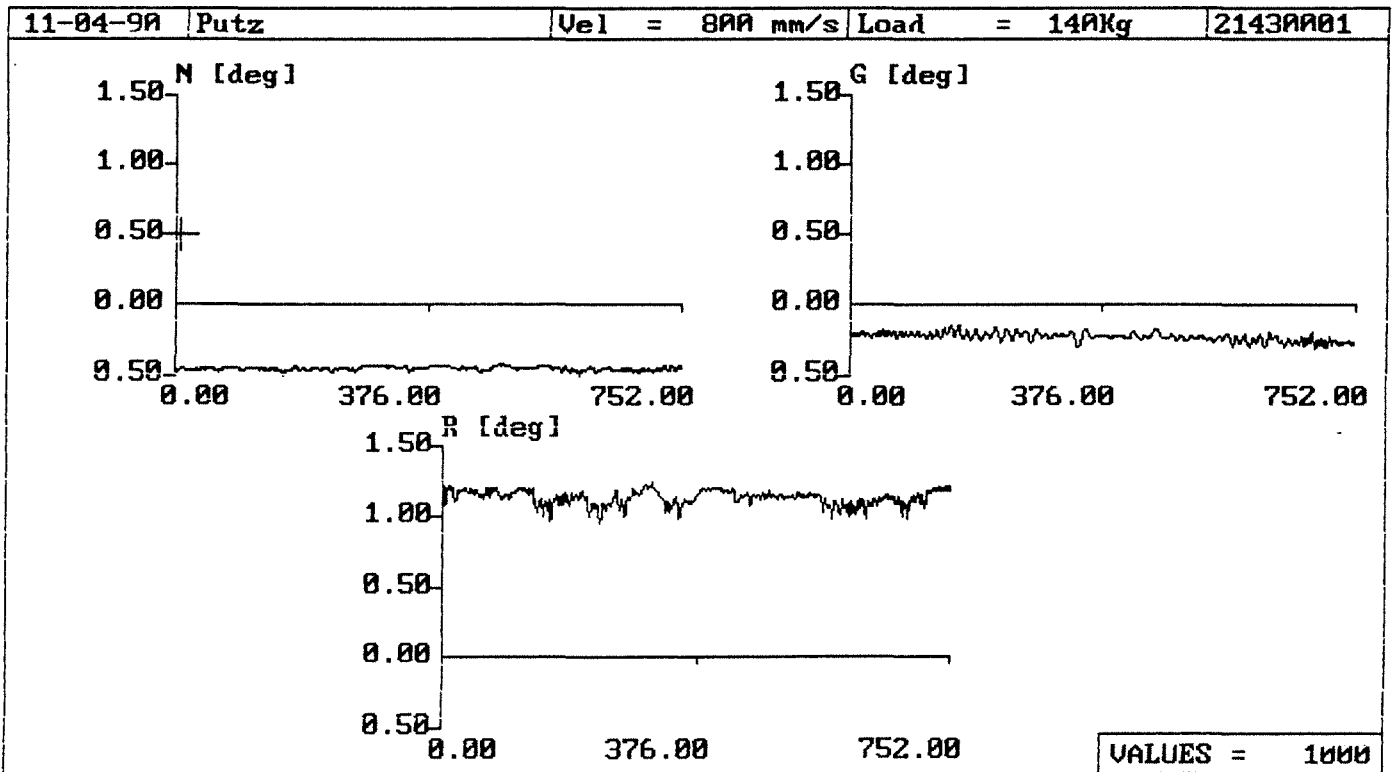
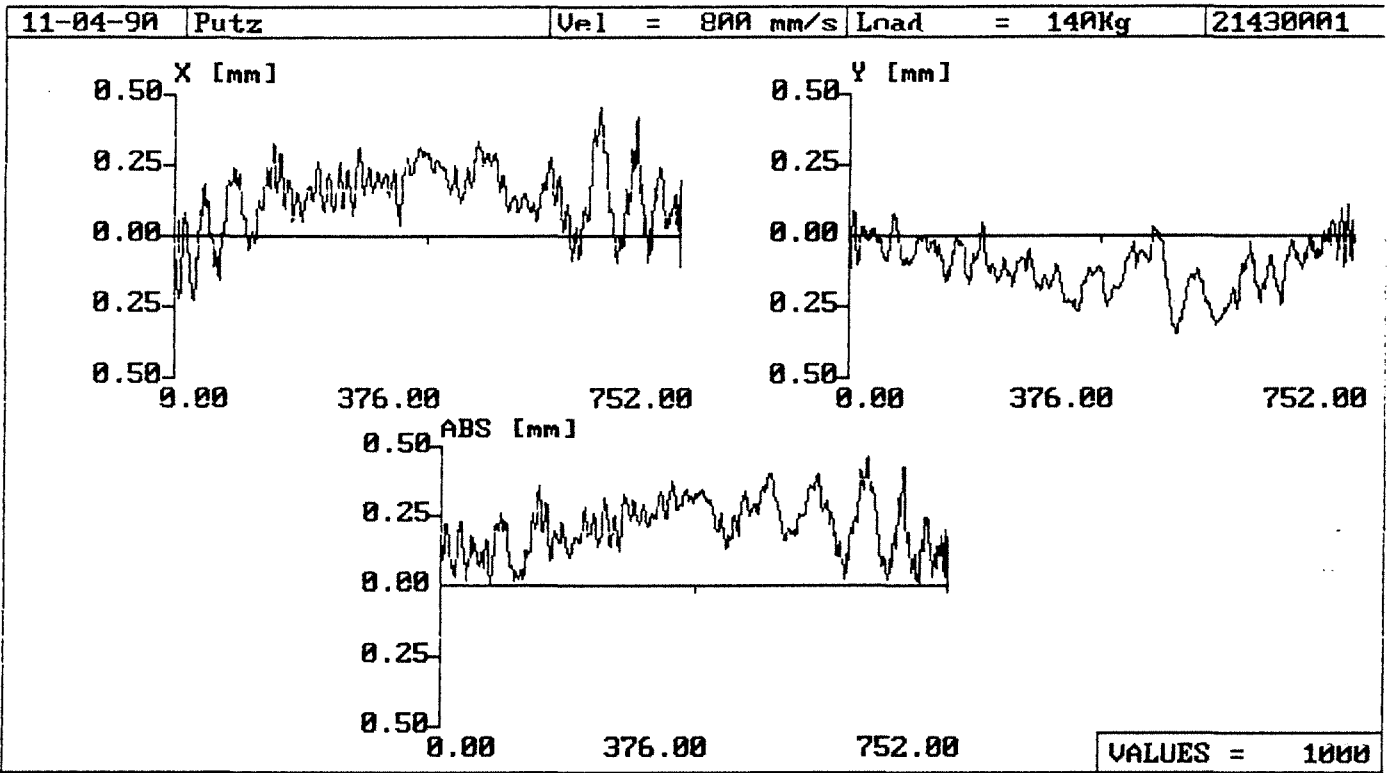
Die relative Lage der Koordinatensysteme zwischen Roboter und des Meßsystem ist Anlage 2.1-1 bzw. 2.2-2a zu entnehmen.

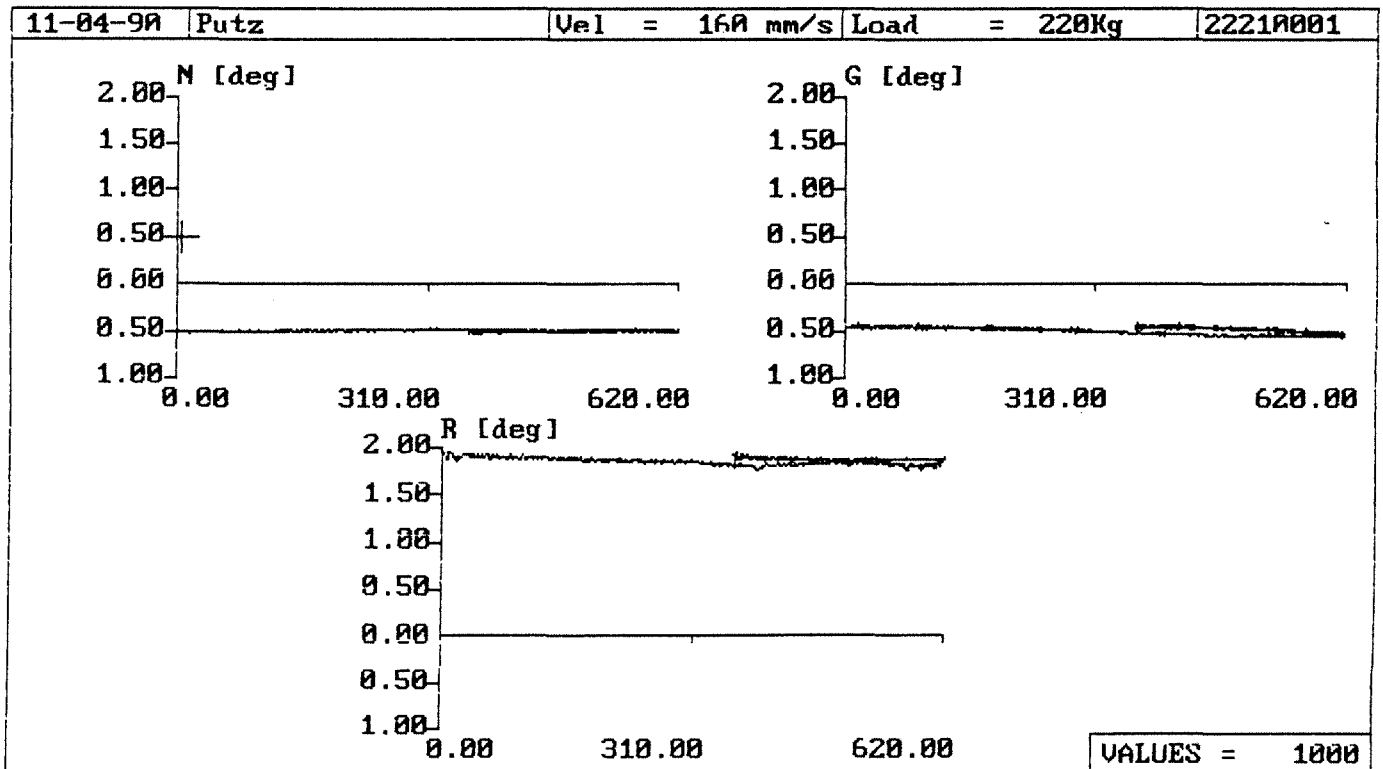
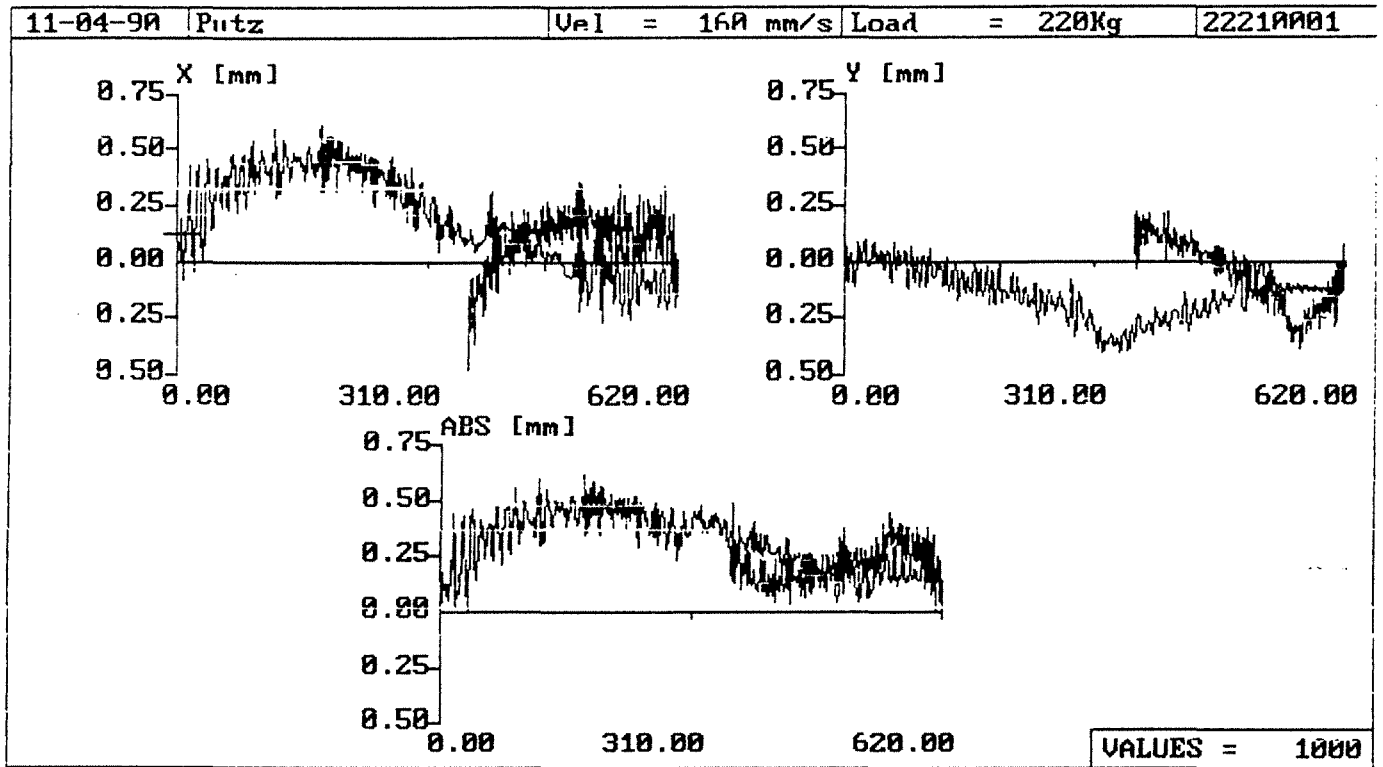


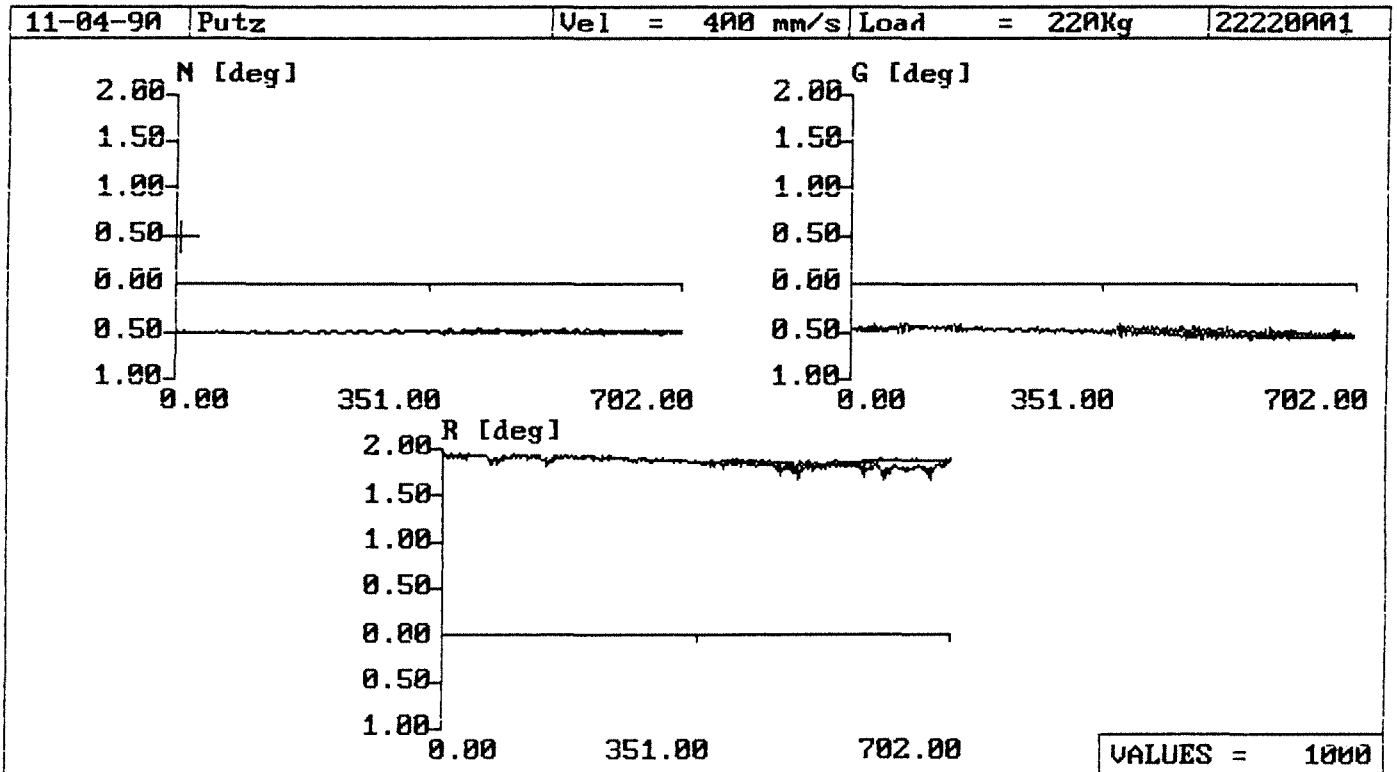
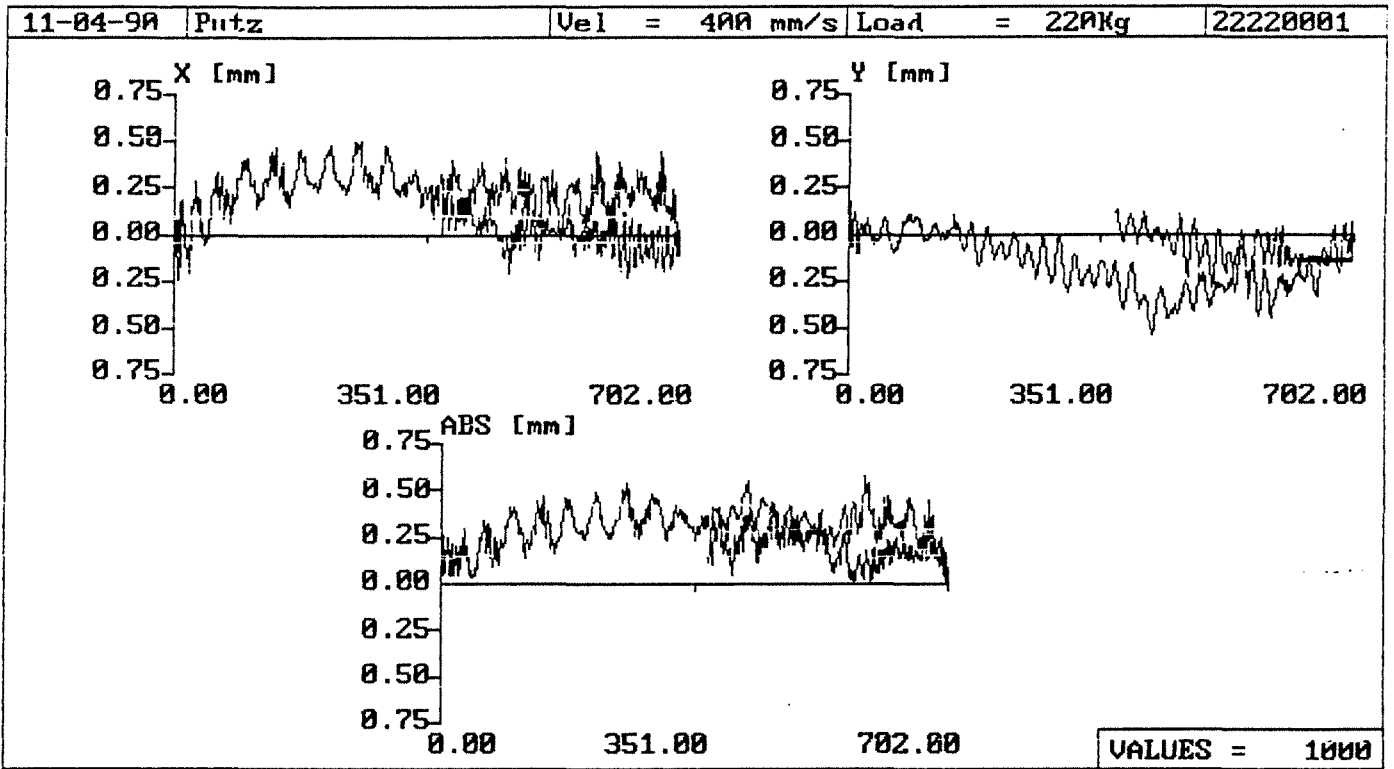


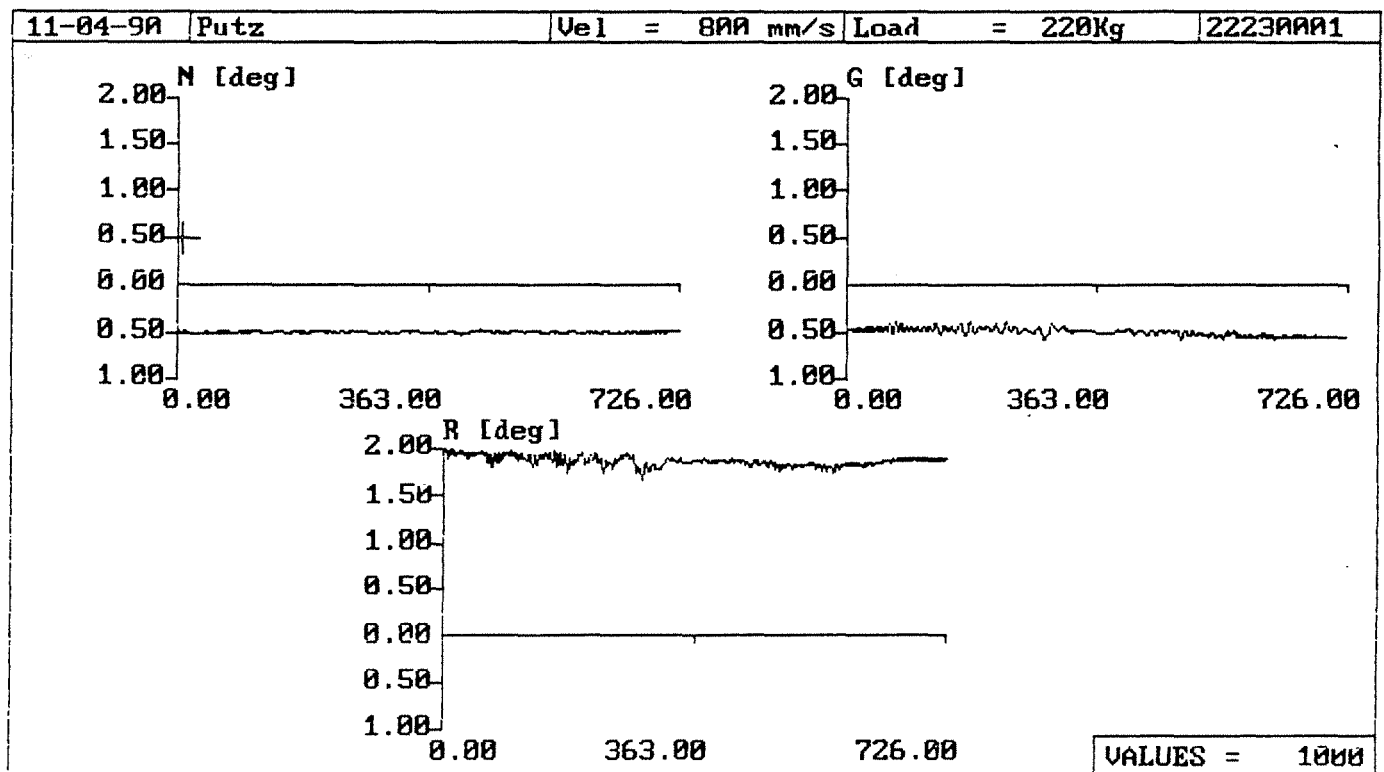
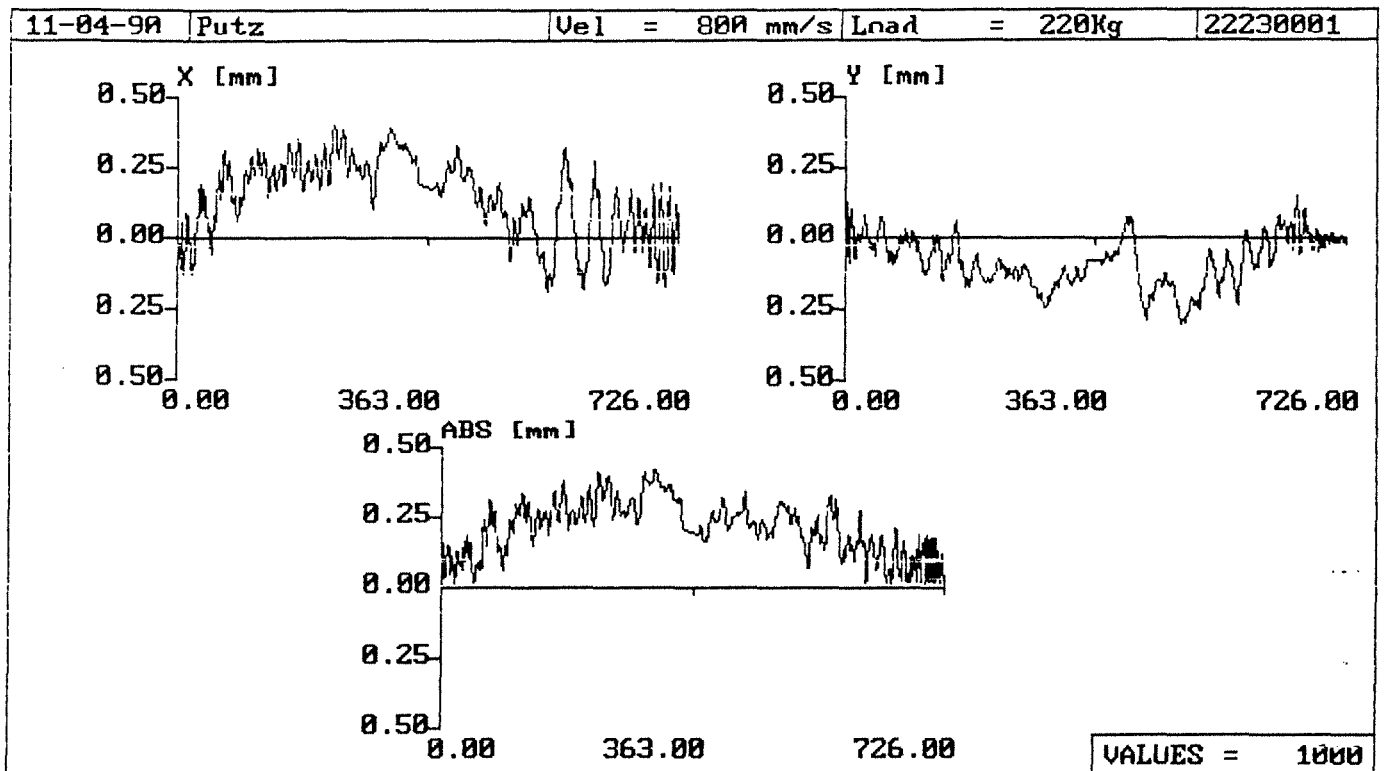












Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20610001.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]:	-0.019	Z-Endwert [mm] :	751.536
X-Min [µm]:	-217.497	X-Max [µm] :	459.716
Y-Min [µm]:	-459.939	Y-Max [µm] :	162.406
Nickw.-Min [grad]:	-0.441	Nickw.-Max [grad]:	-0.385
Gierw.-Min [grad]:	-0.084	Gierw.-Max [grad]:	0.033
Rollw.-Min [grad]:	0.794	Rollw.-Max [grad]:	1.038
Triggerwert [Hz] :	65287		
Bahnlaenge [mm] :	751.555		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	677.213	Y-Spannweite [µm]:	622.346
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.826		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.117		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.831		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	191.011	Y-Abweichung [µm]:	96.702
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.012		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.022		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.039		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1146.065	Y-Streubreite [µm]:	580.213
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.073		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.130		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.233		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20620001.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]:	0.022	Z-Endwert [mm] :	752.104
X-Min [µm]:	-169.908	X-Max [µm] :	482.506
Y-Min [µm]:	-472.070	Y-Max [µm] :	176.480
Nickw.-Min [grad]:	-0.473	Nickw.-Max [grad]:	-0.394
Gierw.-Min [grad]:	-0.116	Gierw.-Max [grad]:	0.041
Rollw.-Min [grad]:	0.647	Rollw.-Max [grad]:	0.977
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	752.083		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	652.413	Y-Spannweite [µm]:	648.550
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.867		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.158		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.625		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	125.490	Y-Abweichung [µm]:	147.544
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.015		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.025		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.048		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	752.938	Y-Streubreite [µm]:	885.263
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.087		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.148		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.286		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20630001.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]:	-0.044	Z-Endwert [mm] :	752.162
X-Min [µm]:	-224.293	X-Max [µm] :	554.847
Y-Min [µm]:	-393.293	Y-Max [µm] :	142.318
Nickw.-Min [grad]:	-0.467	Nickw.-Max [grad]:	-0.392
Gierw.-Min [grad]:	-0.105	Gierw.-Max [grad]:	0.035
Rollw.-Min [grad]:	0.693	Rollw.-Max [grad]:	1.009
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	752.206		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	779.139	Y-Spannweite [µm]:	535.611
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.859		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.140		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.702		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	113.059	Y-Abweichung [µm]:	108.342
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.010		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.020		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.051		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	678.357	Y-Streubreite [µm]:	650.053
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.061		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.119		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.308		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :21410001.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :140

Z-Anfangswert [mm]:	-0.136	Z-Endwert [mm] :	751.895
X-Min [µm]:	-172.262	X-Max [µm] :	582.621
Y-Min [µm]:	-439.525	Y-Max [µm] :	189.022
Nickw.-Min [grad]:	-0.504	Nickw.-Max [grad]:	-0.428
Gierw.-Min [grad]:	-0.332	Gierw.-Max [grad]:	-0.149
Rollw.-Min [grad]:	0.819	Rollw.-Max [grad]:	1.182
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	752.030		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	754.883	Y-Spannweite [µm]:	628.547
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.932		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.481		
Rollwinkelspannweite [grad]:	2.001		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	152.988	Y-Abweichung [µm]:	131.245
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.015		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.035		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.059		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	917.928	Y-Streubreite [µm]:	787.471
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.092		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.209		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.354		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :21430001.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :140

Z-Anfangswert [mm]:	-0.193	Z-Endwert [mm] :	752.078
X-Min [µm]:	-224.590	X-Max [µm] :	448.655
Y-Min [µm]:	-342.234	Y-Max [µm] :	107.441
Nickw.-Min [grad]:	-0.498	Nickw.-Max [grad]:	-0.427
Gierw.-Min [grad]:	-0.316	Gierw.-Max [grad]:	-0.135
Rollw.-Min [grad]:	0.950	Rollw.-Max [grad]:	1.243
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	752.271		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	673.245	Y-Spannweite [µm]:	449.675
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.925		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.451		
Rollwinkelspannweite [grad]:	2.193		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	129.954	Y-Abweichung [µm]:	94.318
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.011		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.024		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.061		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	779.722	Y-Streubreite [µm]:	565.907
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.064		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.142		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.368		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :22210001.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :220

Z-Anfangswert [mm]: -0.037 Z-Endwert [mm] : 620.409
X-Min [µm]: -484.027 X-Max [µm] : 608.891
Y-Min [µm]: -404.433 Y-Max [µm] : 219.145
Nickw.-Min [grad]: -0.530 Nickw.-Max [grad]: -0.473
Gierw.-Min [grad]: -0.582 Gierw.-Max [grad]: -0.418
Rollw.-Min [grad]: 1.760 Rollw.-Max [grad]: 1.958
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 620.446

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1092.918 Y-Spannweite [µm]: 623.578
Nickwinkelspannweite [grad]: 1.003
Gierwinkelspannweite [grad]: 1.000
Rollwinkelspannweite [grad]: 3.718

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 362.770 Y-Abweichung [µm]: 195.472
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.017
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.045
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.058

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 2176.620 Y-Streubreite [µm]: 1172.833
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.102
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.269
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.347

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :22220001.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :220

Z-Anfangswert [mm]:	-0.230	Z-Endwert [mm] :	702.650
X-Min [µm]:	-231.239	X-Max [µm] :	504.817
Y-Min [µm]:	-543.447	Y-Max [µm] :	171.507
Nickw.-Min [grad]:	-0.535	Nickw.-Max [grad]:	-0.461
Gierw.-Min [grad]:	-0.587	Gierw.-Max [grad]:	-0.418
Rollw.-Min [grad]:	1.679	Rollw.-Max [grad]:	1.958
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	702.881		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	736.055	Y-Spannweite [µm]:	714.954
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.997		
Gierwinkelspannweite [grad]:	1.005		
Rollwinkelspannweite [grad]:	3.637		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	189.494	Y-Abweichung [µm]:	219.178
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.017		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.072		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.048		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1136.965	Y-Streubreite [µm]:	1315.066
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.099		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.430		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.288		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :22230001.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :220

Z-Anfangswert [mm]:	-0.328	Z-Endwert [mm] :	726.364
X-Min [μm]:	-190.385	X-Max [μm] :	398.286
Y-Min [μm]:	-301.974	Y-Max [μm] :	144.935
Nickw.-Min [grad]:	-0.523	Nickw.-Max [grad]:	-0.473
Gierw.-Min [grad]:	-0.581	Gierw.-Max [grad]:	-0.394
Rollw.-Min [grad]:	1.682	Rollw.-Max [grad]:	1.991
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	726.692		

Spannweiten:

X-Spannweite [μm]:	588.672	Y-Spannweite [μm]:	446.909
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.996		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.975		
Rollwinkelspannweite [grad]:	3.673		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [μm]:	156.138	Y-Abweichung [μm]:	93.753
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.008		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.026		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.071		

Streubreiten:

X-Streubreite [μm]:	936.827	Y-Streubreite [μm]:	562.517
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.047		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.153		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.425		

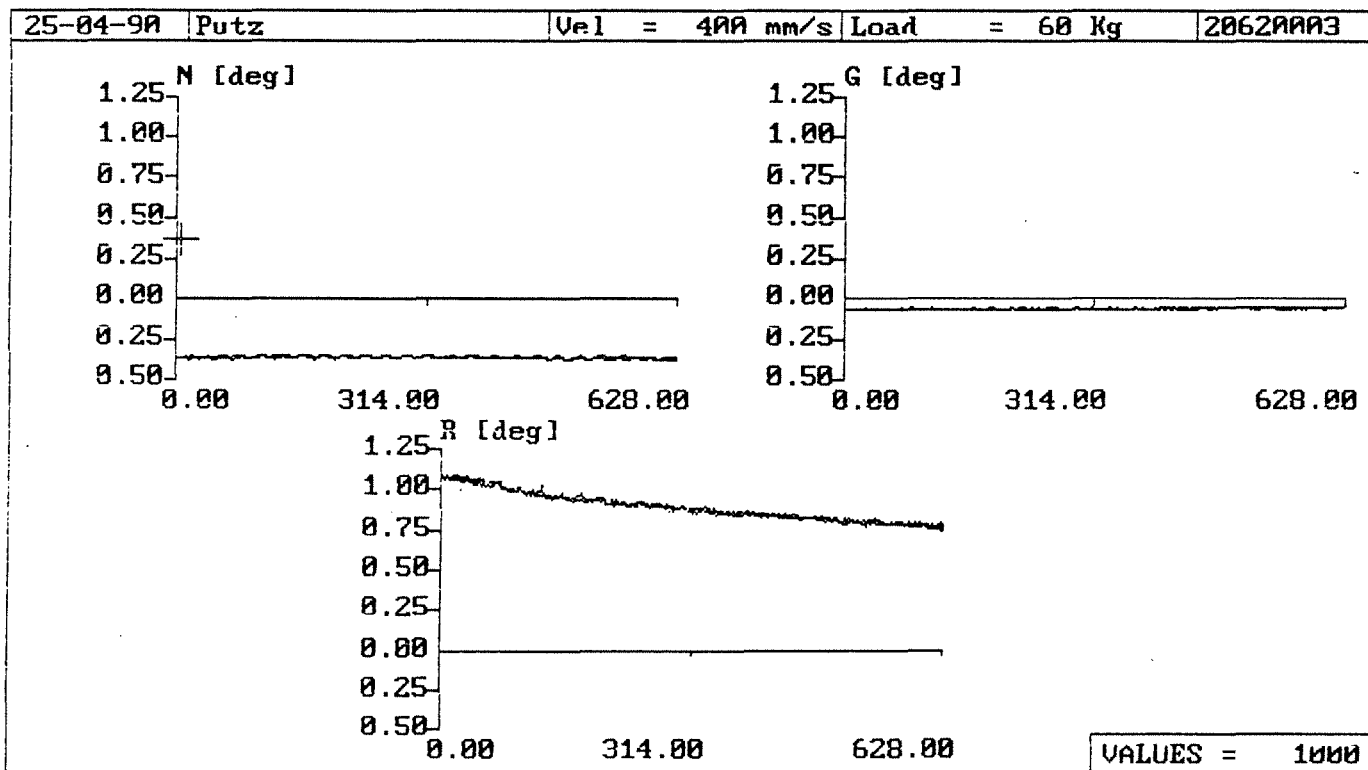
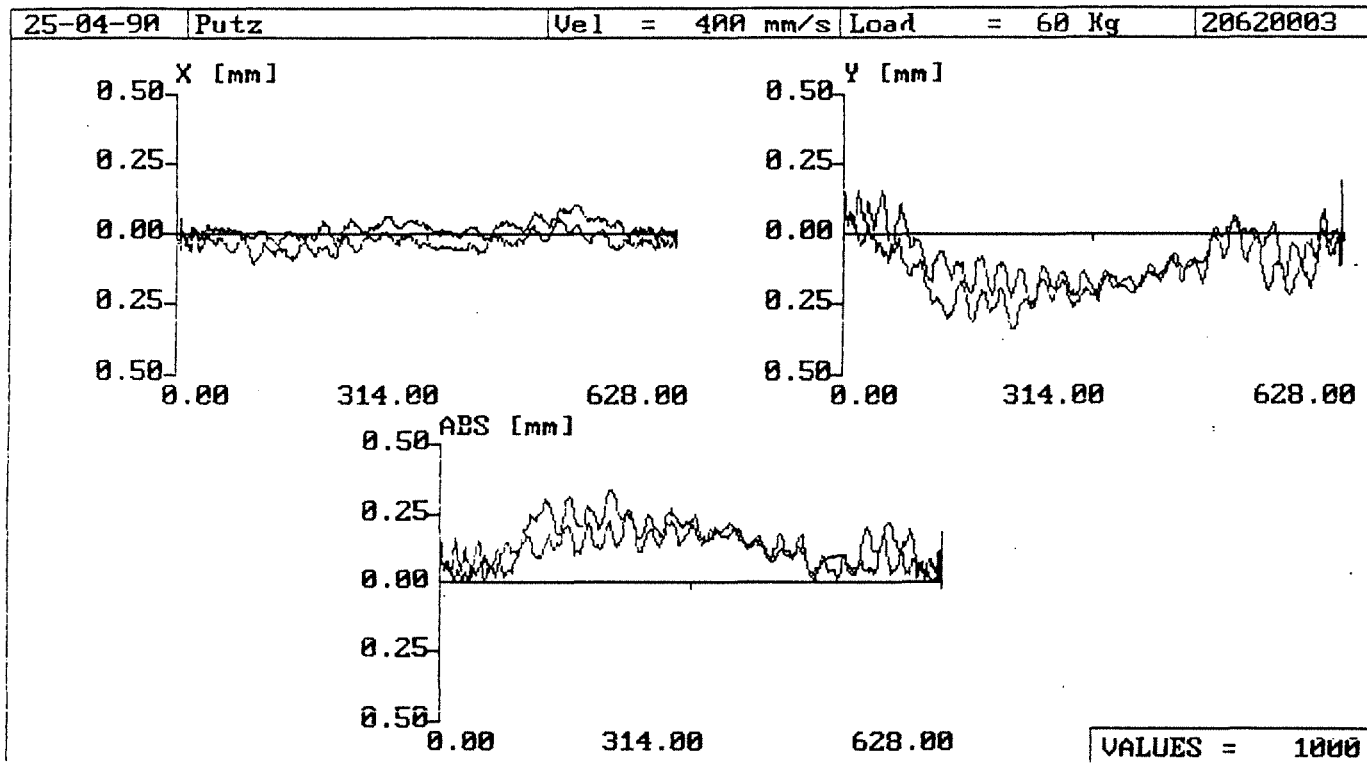
Versuchsmatrix für alle durchgeführten Bahnfahrten

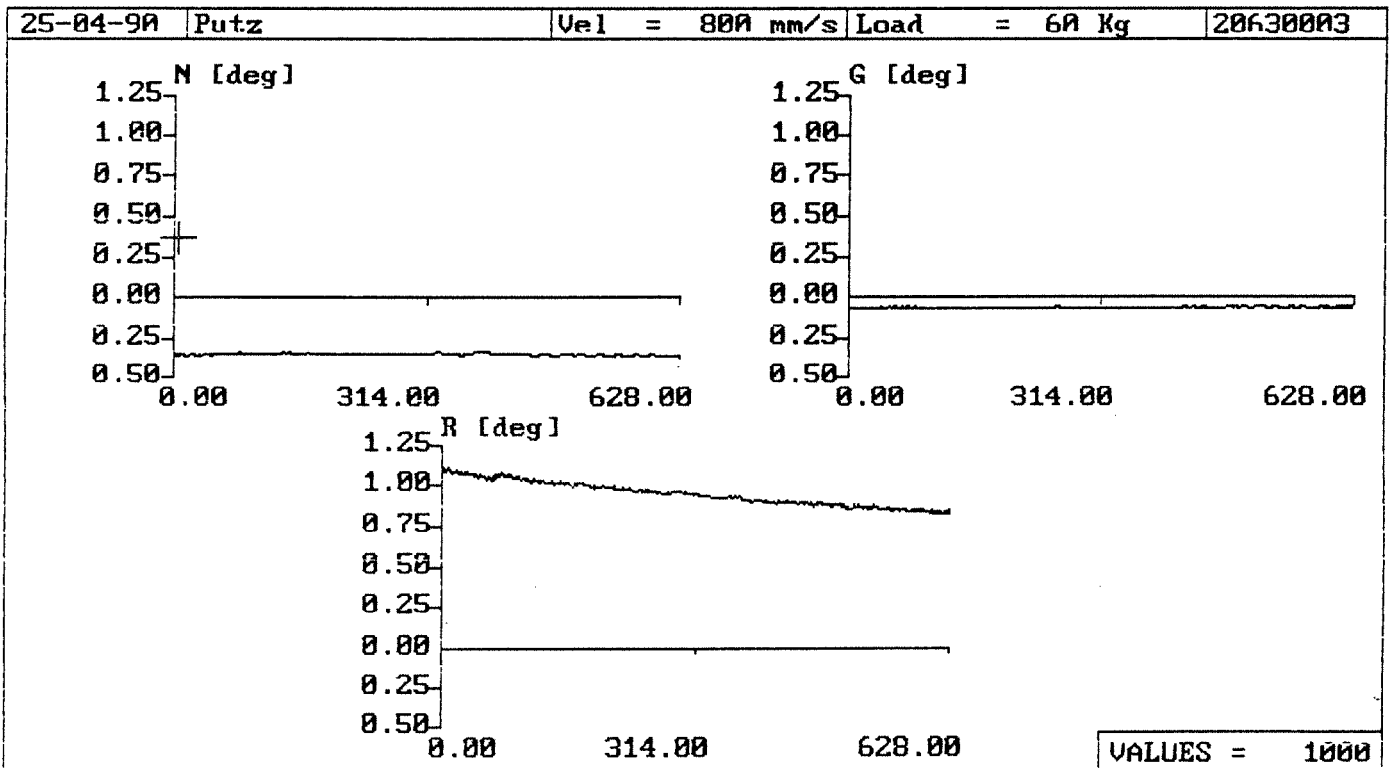
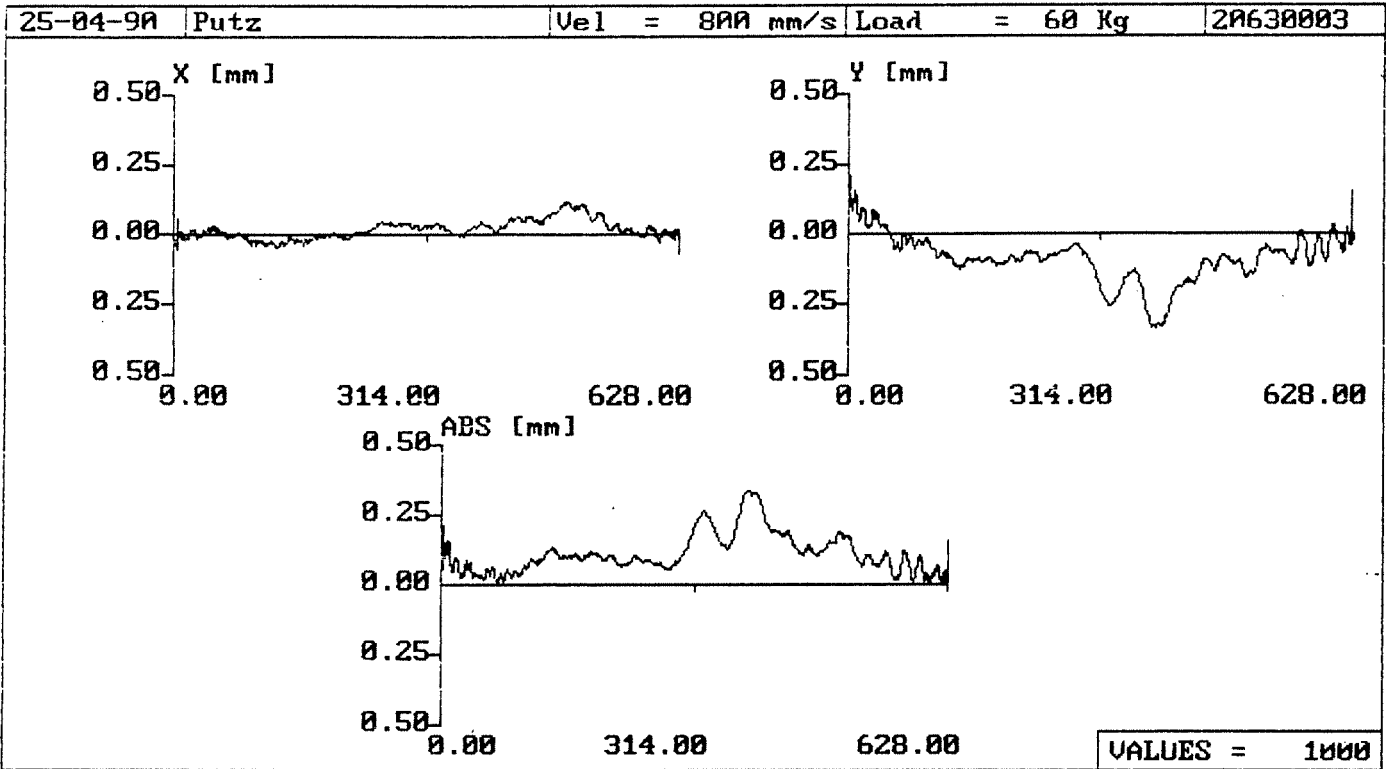
Bahnfahrt in z_R - Richtung

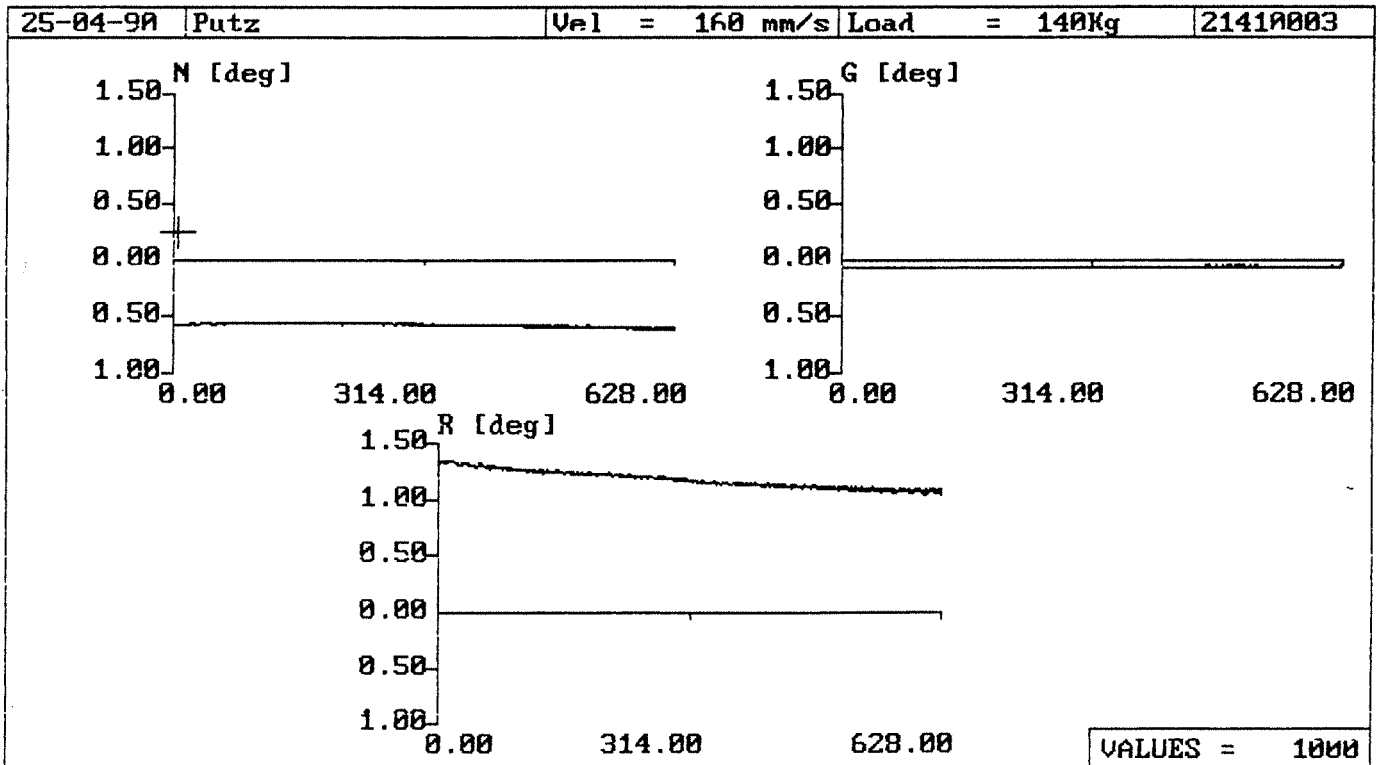
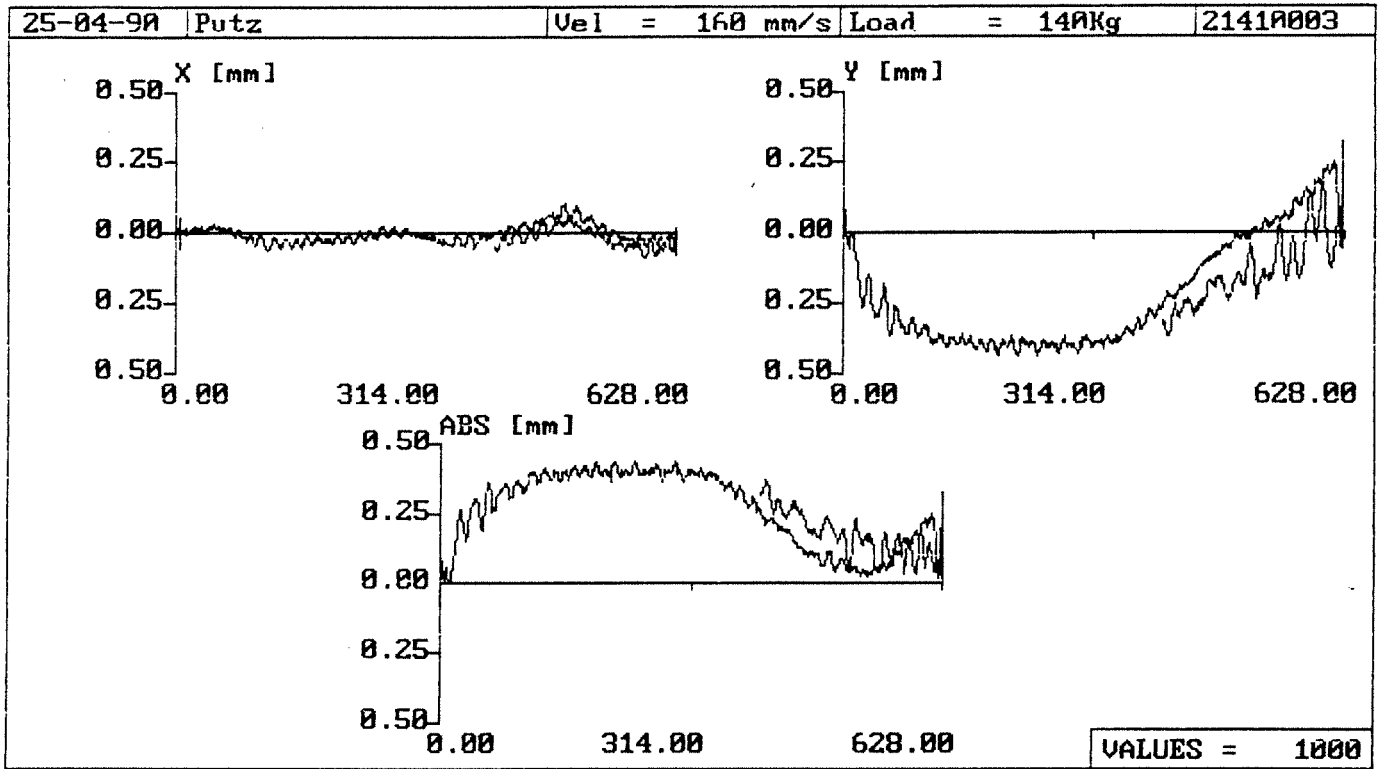
Last in negativer x_R - Richtung

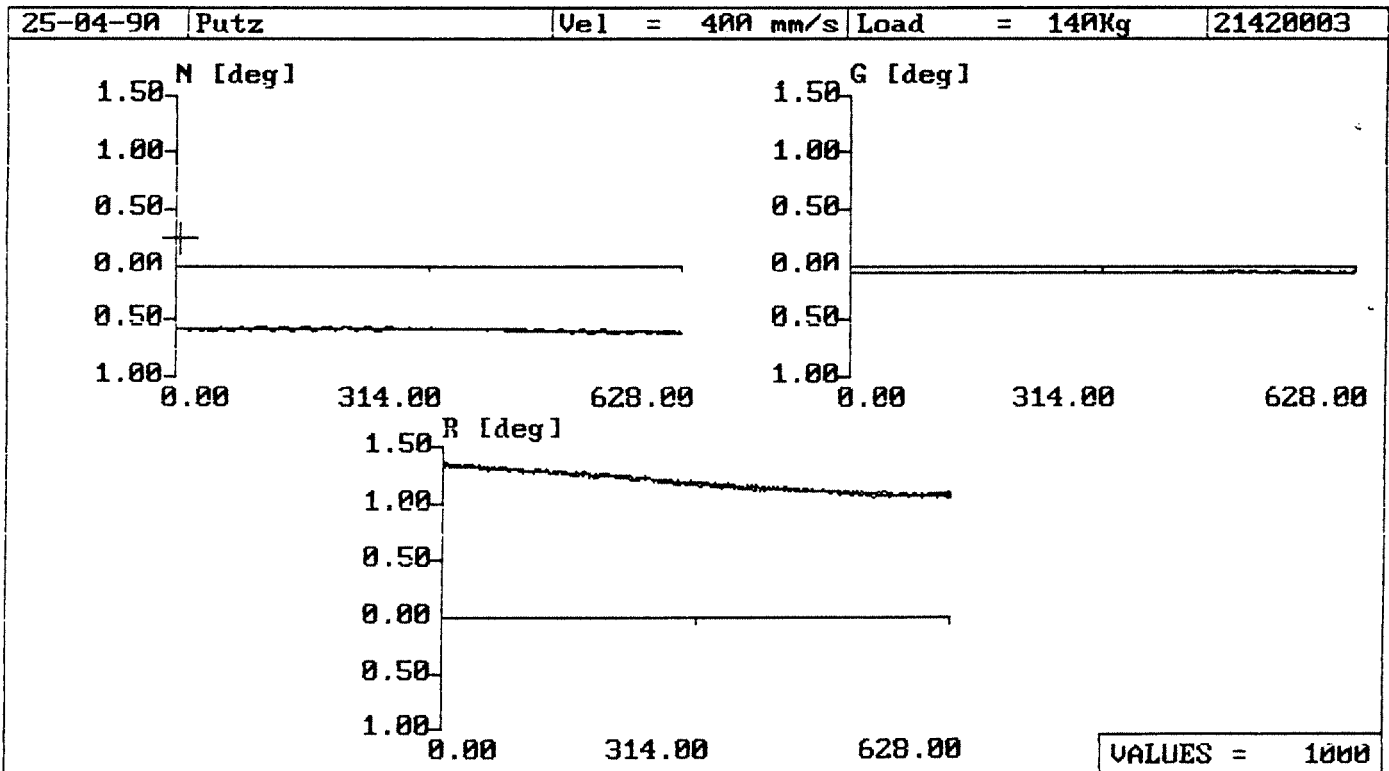
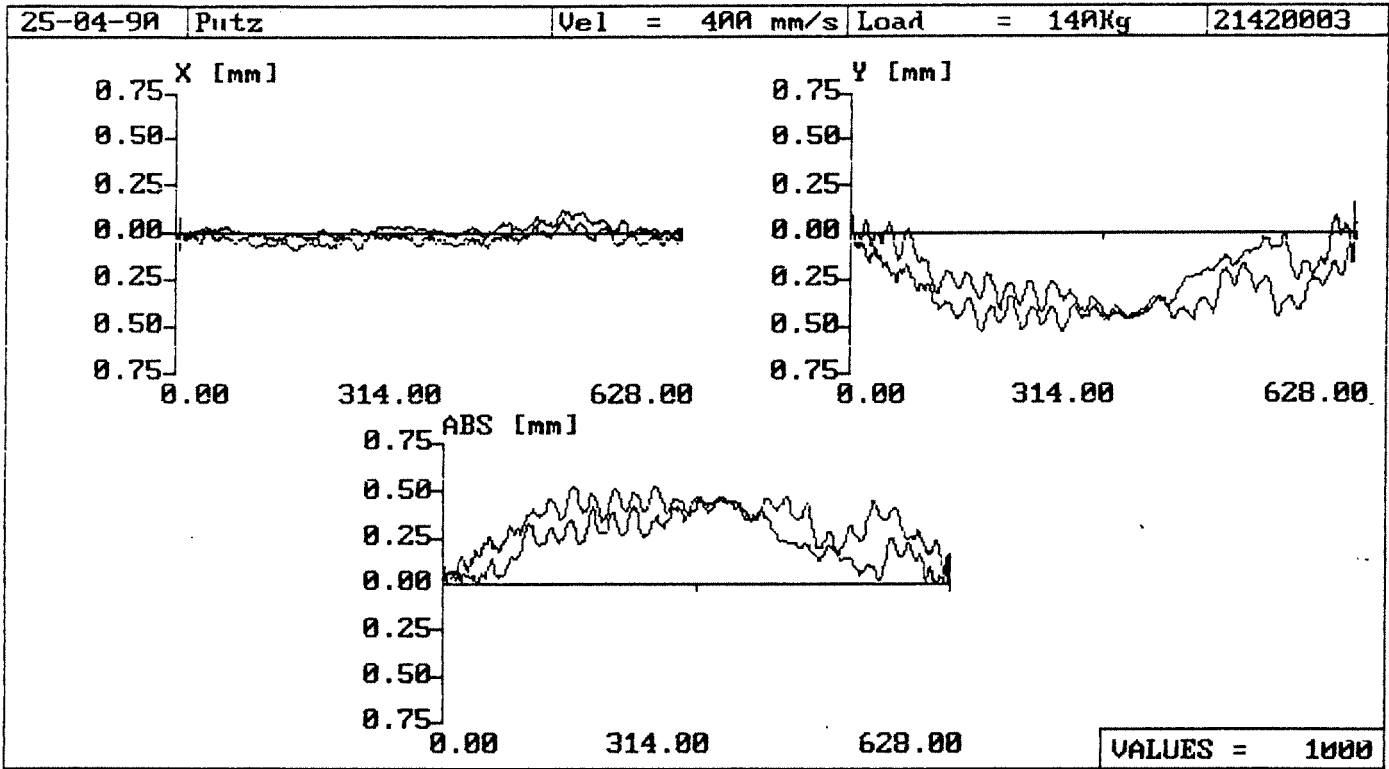
Belastung in kg							Aufzeichnungs frequenz	Verfahr geschwindigkeit	
20	60	100	140	180	220	240	Hz	%	$\frac{mm}{s}$
20210003	defekt	21010003	21410003	21810003	22210003	22410003	150	20	160
20220003	20620003	21020003	21420003	21820003	22220003	22420003	200	50	400
20230003	20630003	21030003	21430003	21830003	22230003	22430003	400	100	800

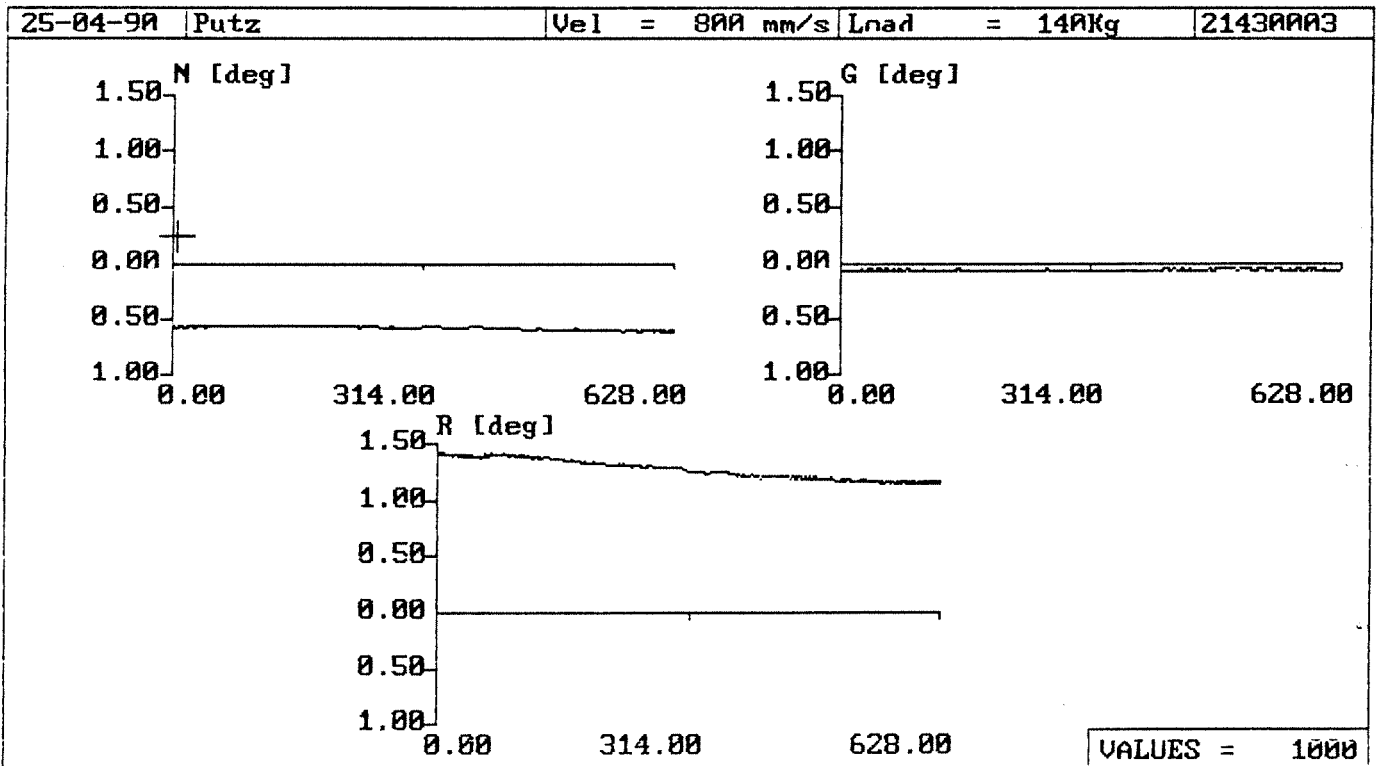
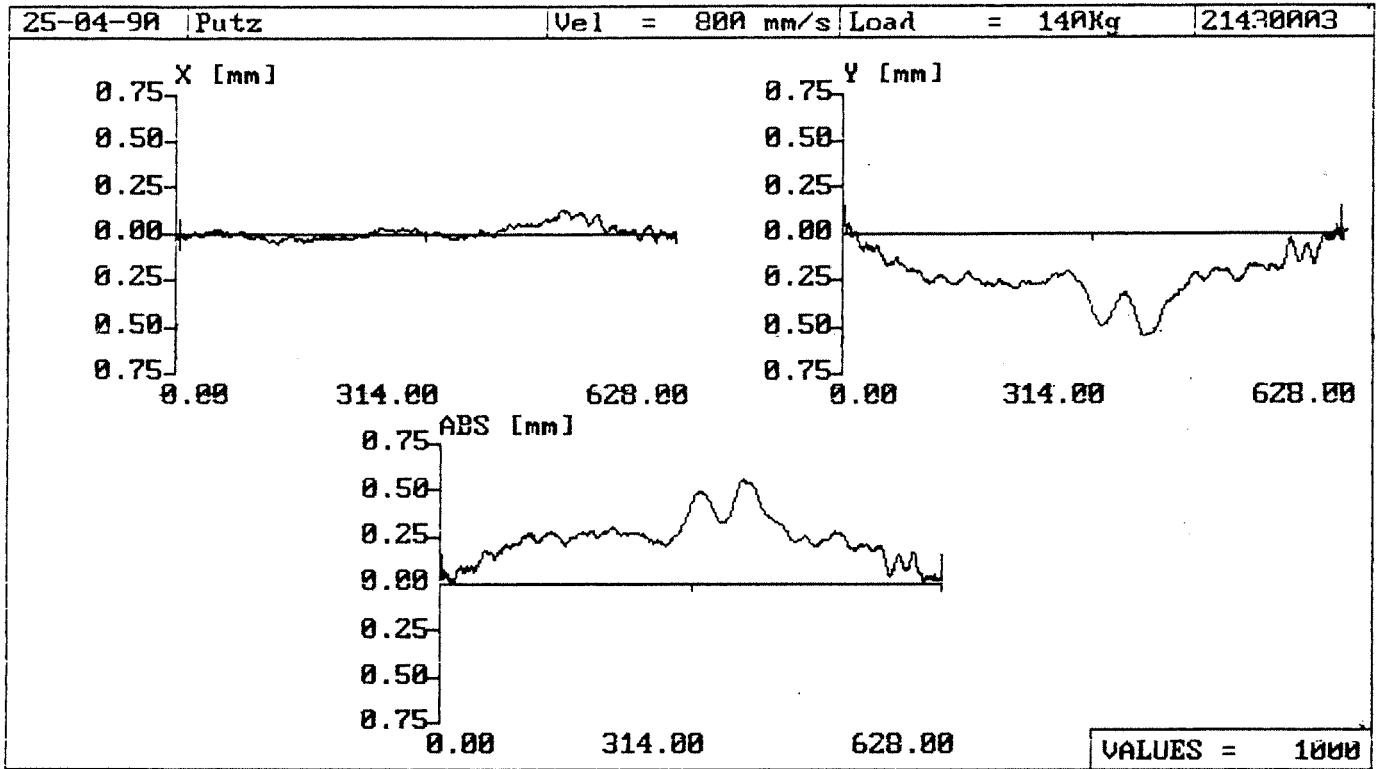
Die relative Lage der Koordinatensysteme zwischen Roboter und des Meßsystem ist Anlage 2.1-1 bzw. 2.2-2b zu entnehmen.

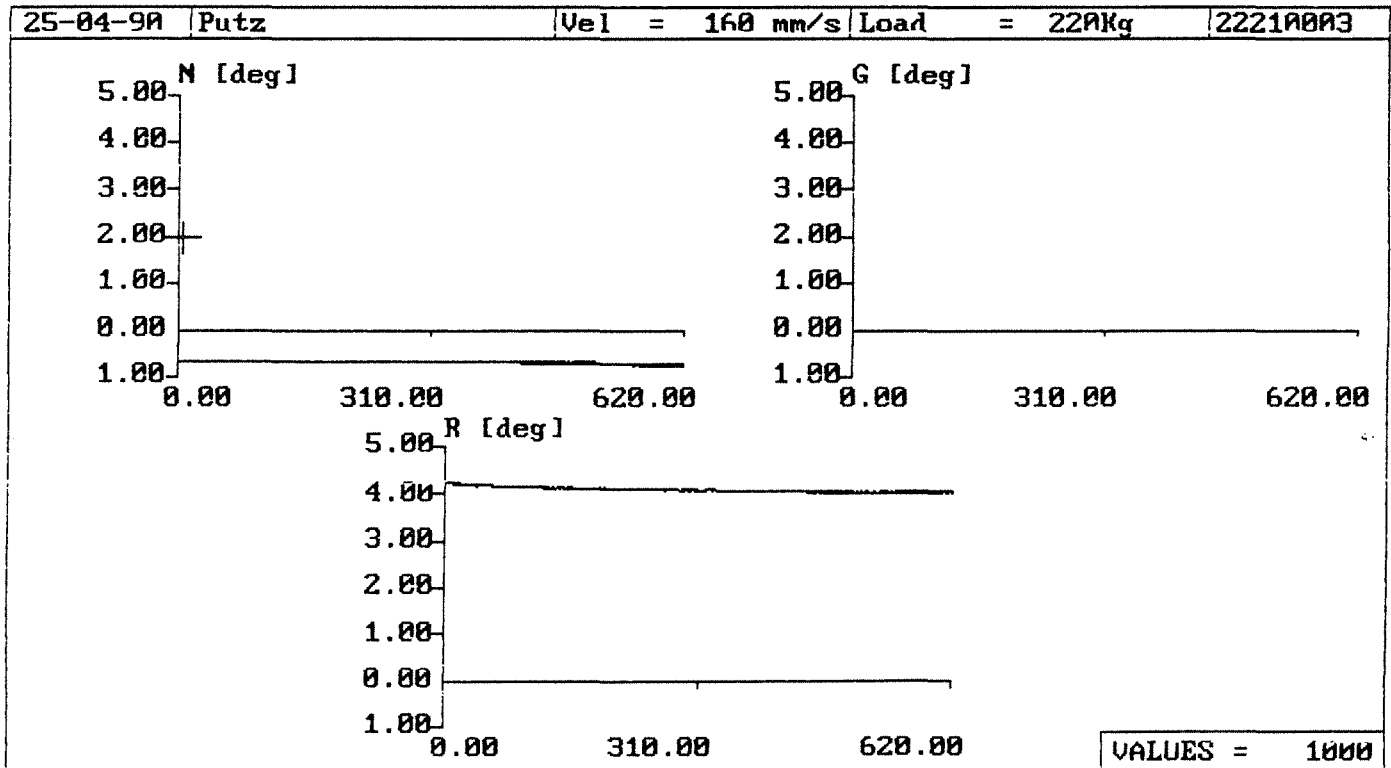
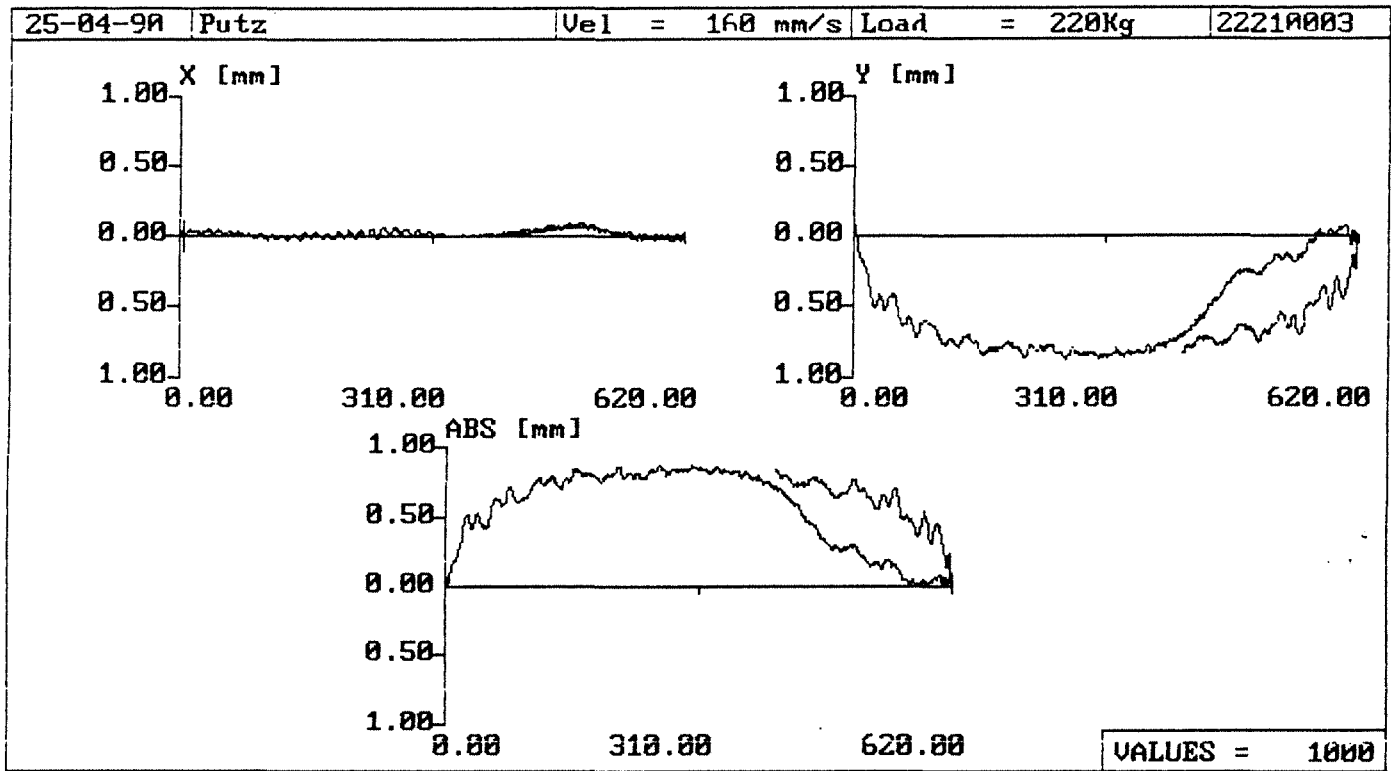


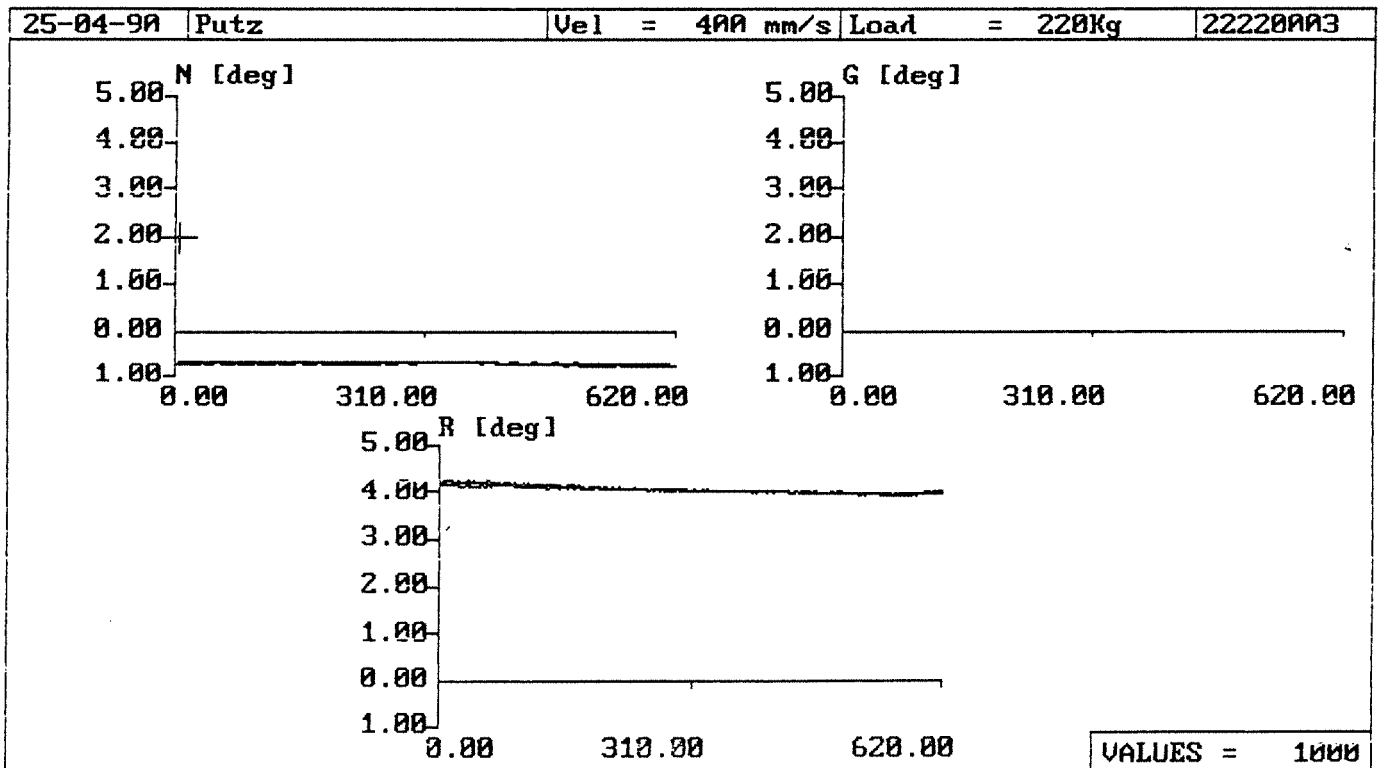
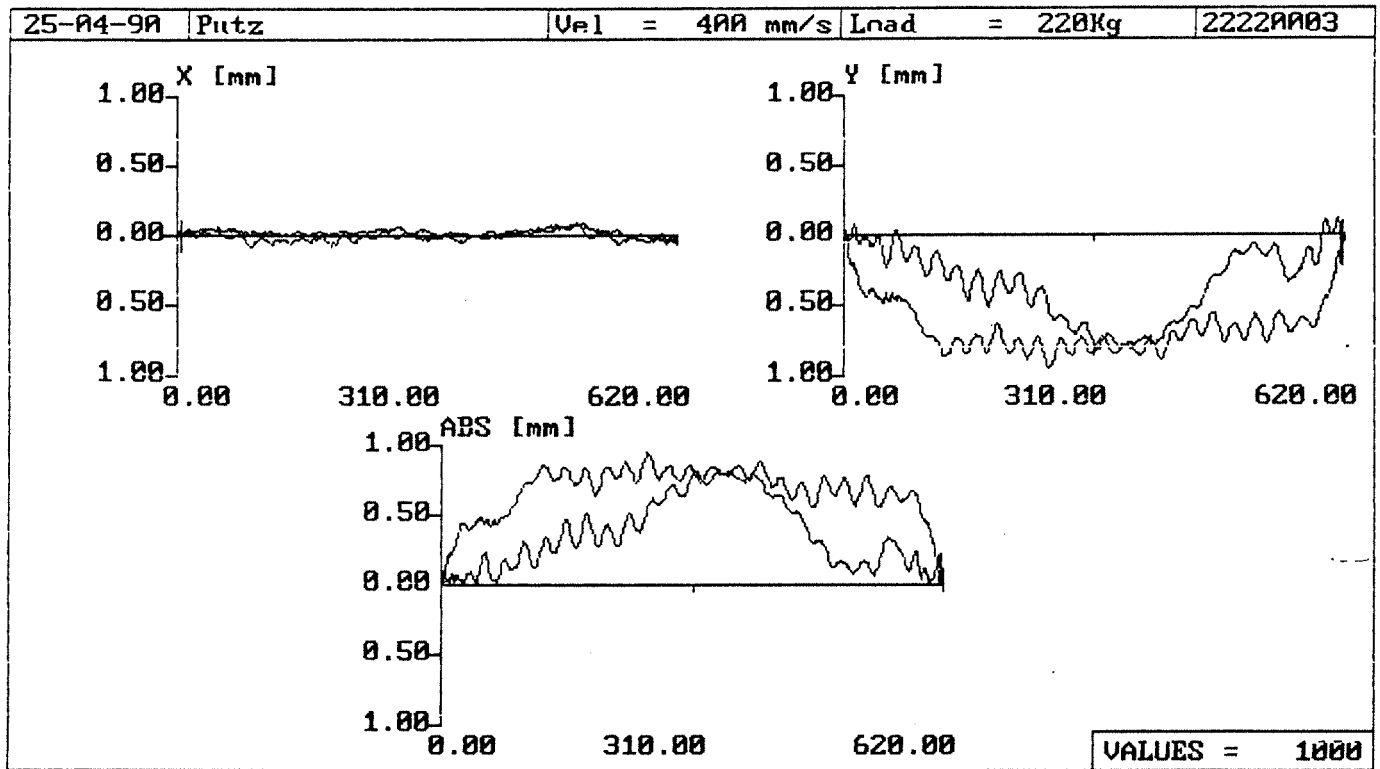


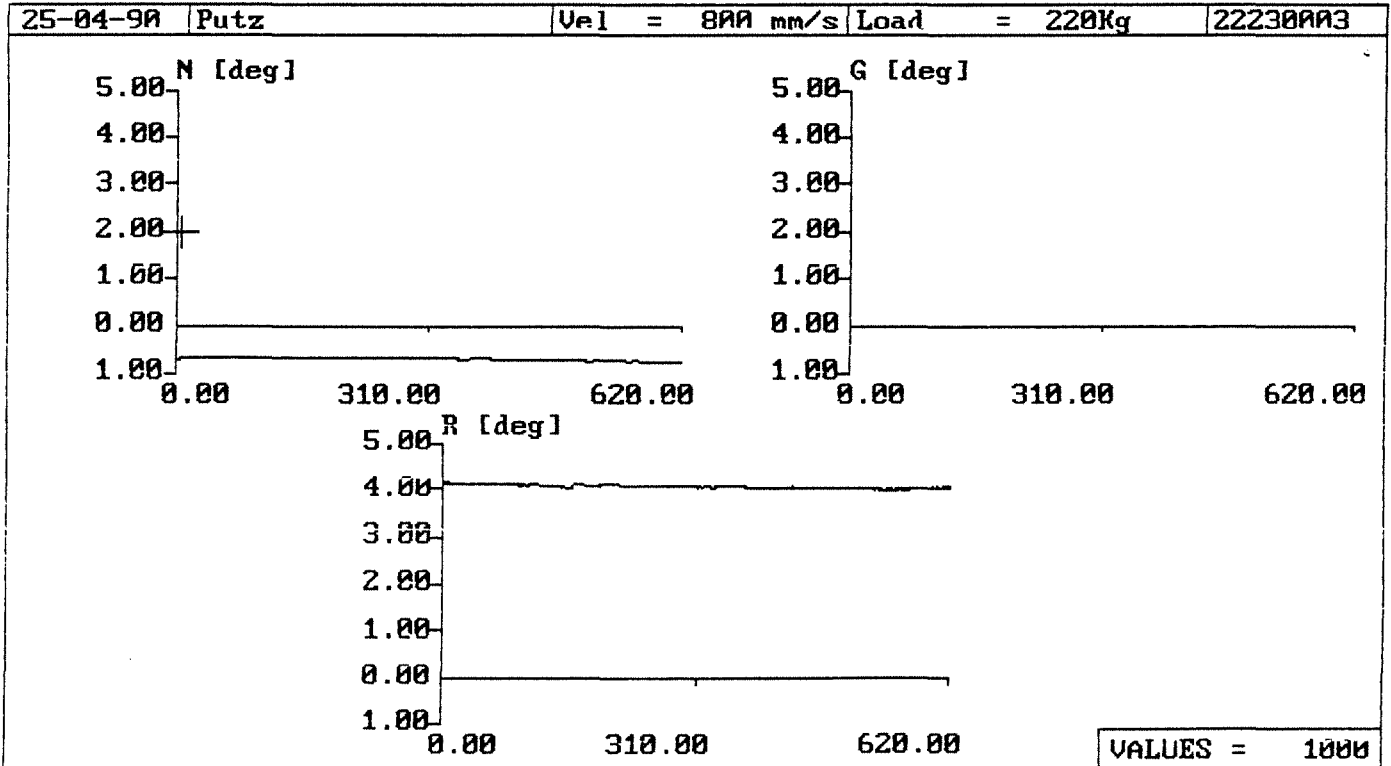
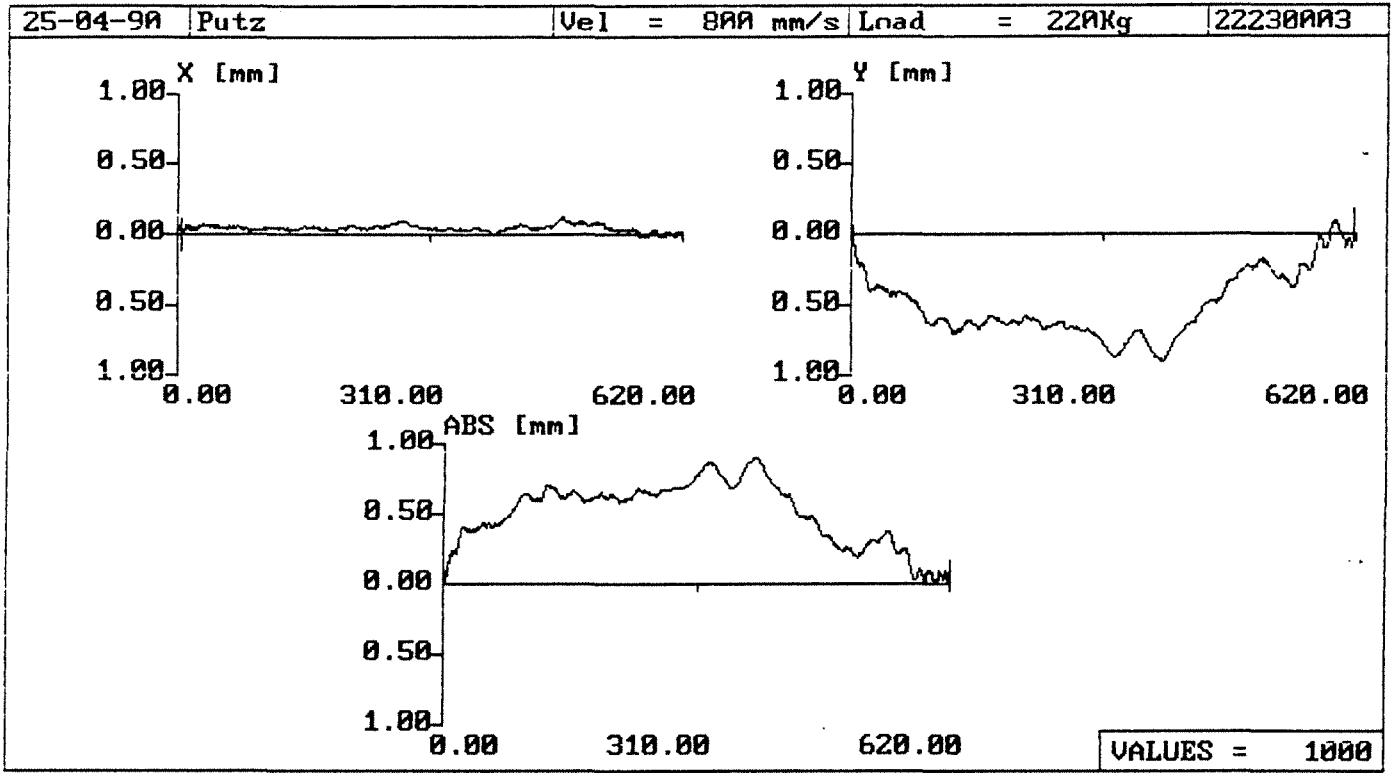












Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20610003.BAN
Roboter :Putz
Datum :25-04-90
Uhrzeit :
Bahnnummer :
Messrichtung :1
Geschwindigkeit [%]:160
Last [kg] :60
Raumtemperatur :2

Z-Anfangswert [mm]:	-0.049	Z-Endwert [mm] :	628.540
X-Min [µm]:	-81.678	X-Max [µm] :	93.723
Y-Min [µm]:	-226.492	Y-Max [µm] :	271.414
Nickw.-Min [grad]:	-0.378	Nickw.-Max [grad]:	-0.343
Gierw.-Min [grad]:	-0.063	Gierw.-Max [grad]:	-0.050
Rollw.-Min [grad]:	0.793	Rollw.-Max [grad]:	1.150
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	628.588		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	175.401	Y-Spannweite [µm]:	497.906
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.720		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.113		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.943		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	40.085	Y-Abweichung [µm]:	146.574
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.009		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.005		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.117		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	240.510	Y-Streubreite [µm]:	879.447
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.051		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.030		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.705		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20620003.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]: -0.038 Z-Endwert [mm] : 628.331
X-Min [µm]: -106.914 X-Max [µm] : 102.729
Y-Min [µm]: -336.851 Y-Max [µm] : 182.402
Nickw.-Min [grad]: -0.382 Nickw.-Max [grad]: -0.345
Gierw.-Min [grad]: -0.067 Gierw.-Max [grad]: -0.050
Rollw.-Min [grad]: 0.751 Rollw.-Max [grad]: 1.088
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 628.369

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 209.642 Y-Spannweite [µm]: 519.254
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.727
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.117
Rollwinkelspannweite [grad]: 1.838

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 32.614 Y-Abweichung [µm]: 144.026
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.009
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.005
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.226

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 195.685 Y-Streubreite [µm]: 864.157
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.052
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.028
Rollwinkelstreubreite [grad]: 1.356

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 20630003.BAN
Roboter : Putz
Last [kg] : 60

Z-Anfangswert [mm]:	-0.053	Z-Endwert [mm] :	628.228
X-Min [µm]:	-71.088	X-Max [µm] :	116.053
Y-Min [µm]:	-335.638	Y-Max [µm] :	209.793
Nickw.-Min [grad]:	-0.372	Nickw.-Max [grad]:	-0.338
Gierw.-Min [grad]:	-0.066	Gierw.-Max [grad]:	-0.053
Rollw.-Min [grad]:	0.822	Rollw.-Max [grad]:	1.117
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	628.281		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	187.141	Y-Spannweite [µm]:	545.431
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.710		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.119		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.938		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	35.843	Y-Abweichung [µm]:	109.298
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.006		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.002		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.058		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	215.058	Y-Streubreite [µm]:	655.787
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.035		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.014		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.351		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :21410003.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :140

Z-Anfangswert [mm]: -0.050 Z-Endwert [mm] : 628.410
X-Min [µm]: -89.643 X-Max [µm] : 97.833
Y-Min [µm]: -438.490 Y-Max [µm] : 321.100
Nickw.-Min [grad]: -0.614 Nickw.-Max [grad]: -0.554
Gierw.-Min [grad]: -0.068 Gierw.-Max [grad]: -0.052
Rollw.-Min [grad]: 1.034 Rollw.-Max [grad]: 1.358
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 628.461

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 187.476 Y-Spannweite [µm]: 759.590
Nickwinkelspannweite [grad]: 1.168
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.121
Rollwinkelspannweite [grad]: 2.392

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 34.106 Y-Abweichung [µm]: 274.010
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.020
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.005
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.099

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 204.639 Y-Streubreite [µm]: 1644.061
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.118
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.033
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.597

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :21420003.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :140

Z-Anfangswert [mm]:	-0.044	Z-Endwert [mm] :	628.212
X-Min [µm]:	-85.958	X-Max [µm] :	128.134
Y-Min [µm]:	-529.173	Y-Max [µm] :	165.504
Nickw.-Min [grad]:	-0.615	Nickw.-Max [grad]:	-0.553
Gierw.-Min [grad]:	-0.069	Gierw.-Max [grad]:	-0.050
Rollw.-Min [grad]:	1.053	Rollw.-Max [grad]:	1.357
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	628.256		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	214.093	Y-Spannweite [µm]:	694.677
Nickwinkelspannweite [grad]:	1.168		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.119		
Rollwinkelspannweite [grad]:	2.410		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	29.141	Y-Abweichung [µm]:	255.448
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.018		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.007		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.198		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	174.849	Y-Streubreite [µm]:	1532.688
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.105		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.043		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	1.189		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :21430003.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :140

Z-Anfangswert [mm]:	-0.054	Z-Endwert [mm] :	628.215
X-Min [µm]:	-59.267	X-Max [µm] :	130.596
Y-Min [µm]:	-566.220	Y-Max [µm] :	150.600
Nickw.-Min [grad]:	-0.607	Nickw.-Max [grad]:	-0.546
Gierw.-Min [grad]:	-0.063	Gierw.-Max [grad]:	-0.049
Rollw.-Min [grad]:	1.141	Rollw.-Max [grad]:	1.427
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	628.269		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	189.863	Y-Spannweite [µm]:	716.820
Nickwinkelspannweite [grad]:	1.152		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.113		
Rollwinkelspannweite [grad]:	2.568		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	34.654	Y-Abweichung [µm]:	186.478
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.012		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.002		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.063		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	207.925	Y-Streubreite [µm]:	1118.871
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.071		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.013		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.379		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :22210003.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :220

Z-Anfangswert [mm]: -0.004 Z-Endwert [mm] : 620.288
X-Min [µm]: -41.482 X-Max [µm] : 89.822
Y-Min [µm]: -870.892 Y-Max [µm] : 76.130
Nickw.-Min [grad]: -0.759 Nickw.-Max [grad]: -0.657
Gierw.-Min [grad]: -0.013 Gierw.-Max [grad]: -0.001
Rollw.-Min [grad]: 3.995 Rollw.-Max [grad]: 4.269
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 620.293

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 131.304 Y-Spannweite [µm]: 947.022
Nickwinkelspannweite [grad]: 1.416
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.013
Rollwinkelspannweite [grad]: 8.264

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 29.151 Y-Abweichung [µm]: 456.964
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.038
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.002
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.081

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 174.906 Y-Streubreite [µm]: 2741.786
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.227
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.014
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.484

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :22220003.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :220

Z-Anfangswert [mm]:	-0.014	Z-Endwert [mm] :	620.494
X-Min [µm]:	-84.447	X-Max [µm] :	91.364
Y-Min [µm]:	-953.155	Y-Max [µm] :	119.592
Nickw.-Min [grad]:	-0.771	Nickw.-Max [grad]:	-0.662
Gierw.-Min [grad]:	-0.017	Gierw.-Max [grad]:	0.000
Rollw.-Min [grad]:	3.931	Rollw.-Max [grad]:	4.240
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	620.509		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	175.811	Y-Spannweite [µm]:	1072.747
Nickwinkelspannweite [grad]:	1.433		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.018		
Rollwinkelspannweite [grad]:	8.171		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	30.681	Y-Abweichung [µm]:	473.812
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.032		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.003		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.178		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	184.085	Y-Streubreite [µm]:	2842.873
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.195		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.015		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	1.067		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :22230003.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :220

Z-Anfangswert [mm]: -0.015 Z-Endwert [mm] : 620.388
X-Min [µm]: -48.507 X-Max [µm] : 116.625
Y-Min [µm]: -900.899 Y-Max [µm] : 169.471
Nickw.-Min [grad]: -0.765 Nickw.-Max [grad]: -0.674
Gierw.-Min [grad]: -0.032 Gierw.-Max [grad]: -0.002
Rollw.-Min [grad]: 3.975 Rollw.-Max [grad]: 4.156
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 620.403

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 165.133 Y-Spannweite [µm]: 1070.370
Nickwinkelspannweite [grad]: 1.438
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.034
Rollwinkelspannweite [grad]: 8.131

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 42.867 Y-Abweichung [µm]: 376.642
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.023
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.005
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.041

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 257.200 Y-Streubreite [µm]: 2259.852
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.137
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.031
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.247

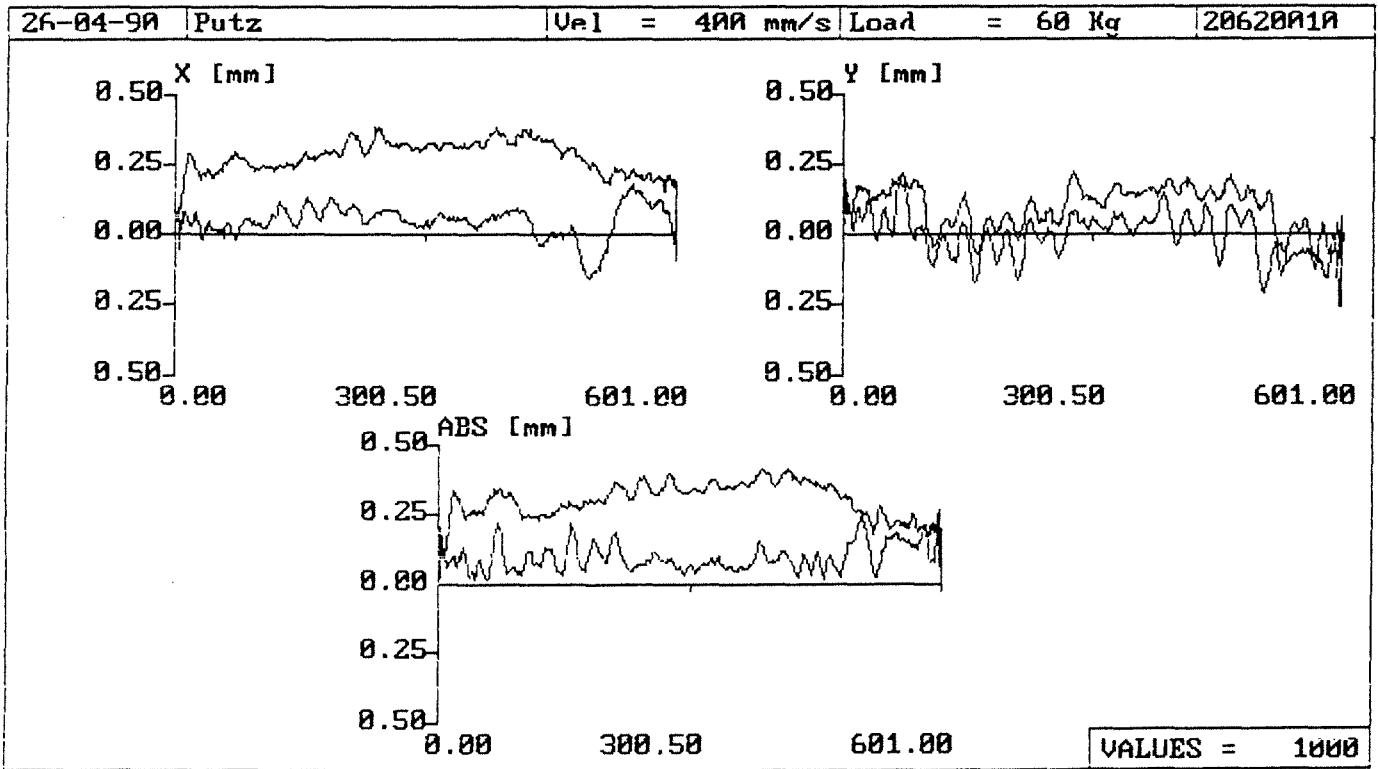
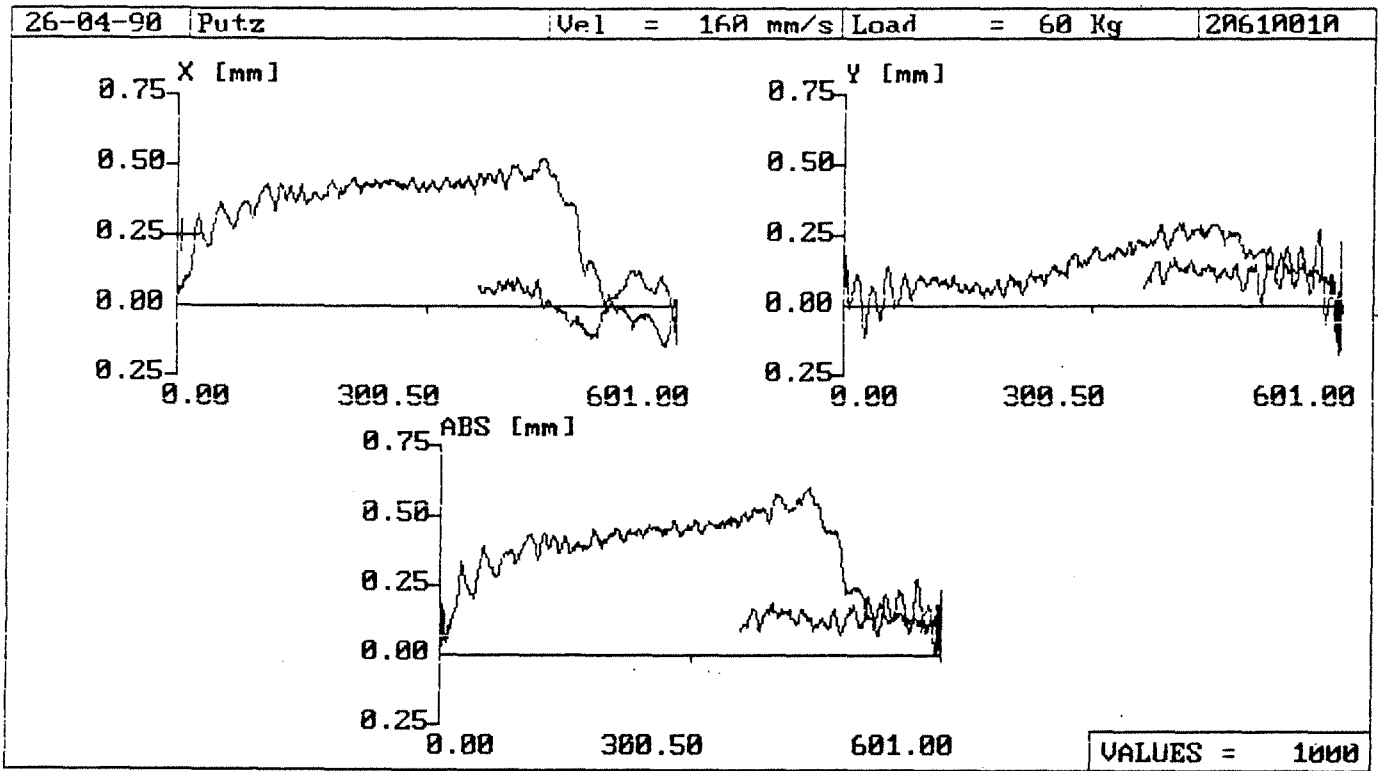
Versuchsmatrix für alle durchgeführten Bahnfahrten

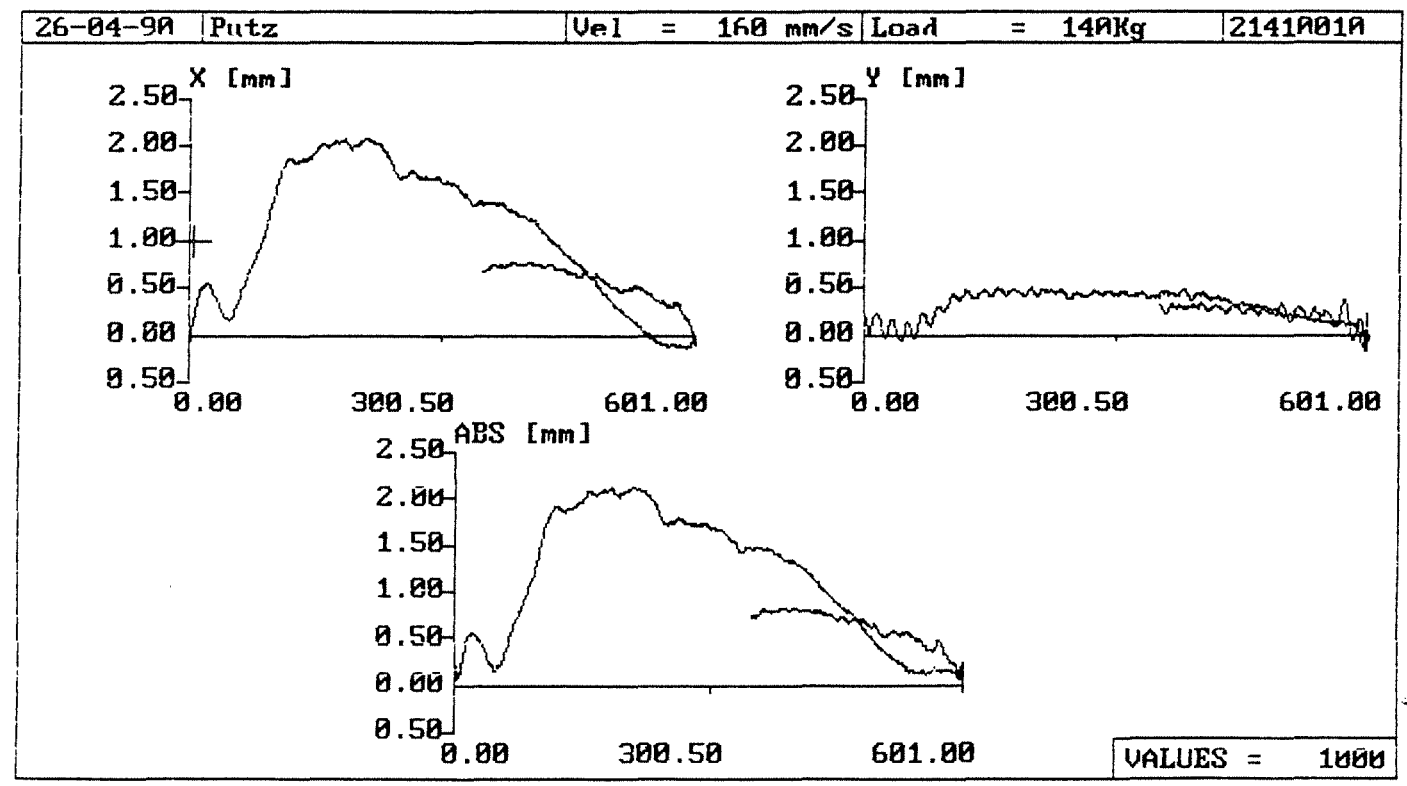
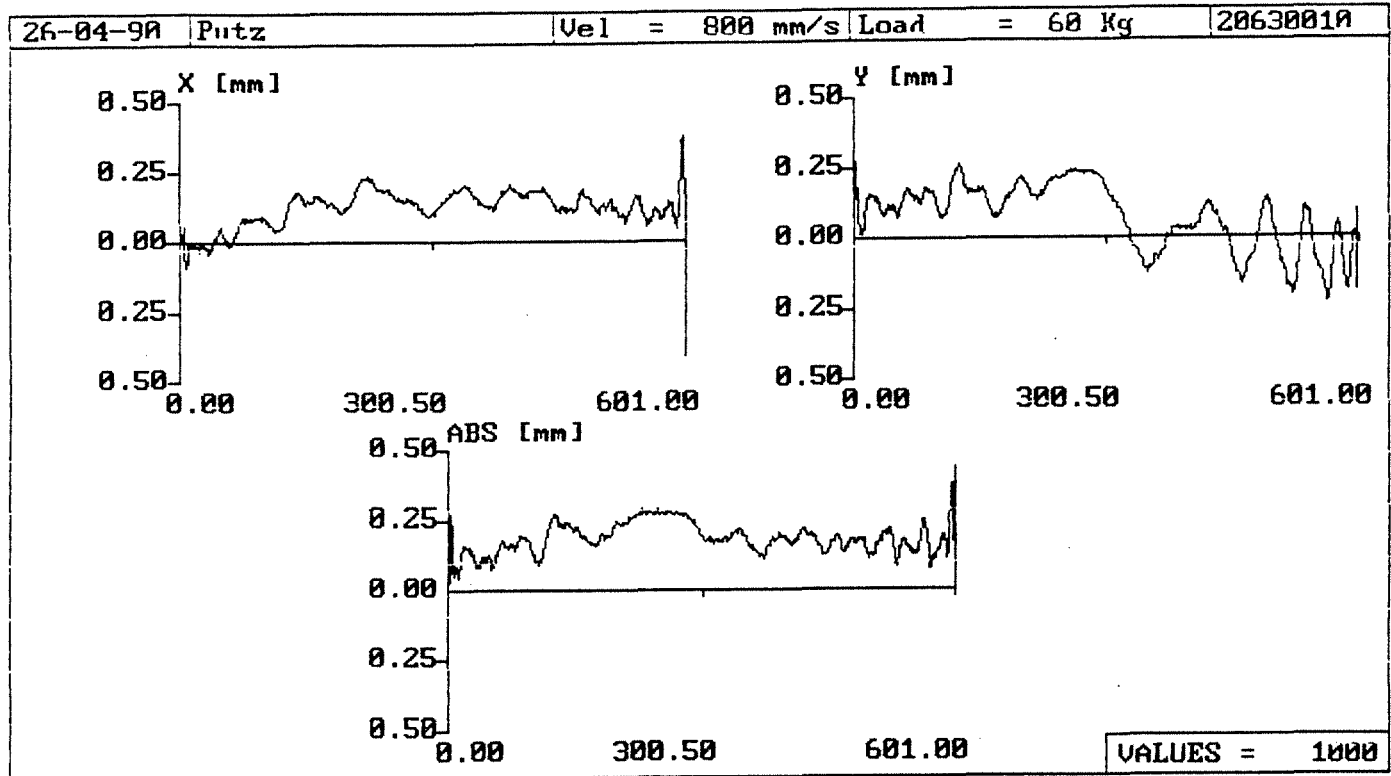
Bahnfahrt in z_R - Richtung

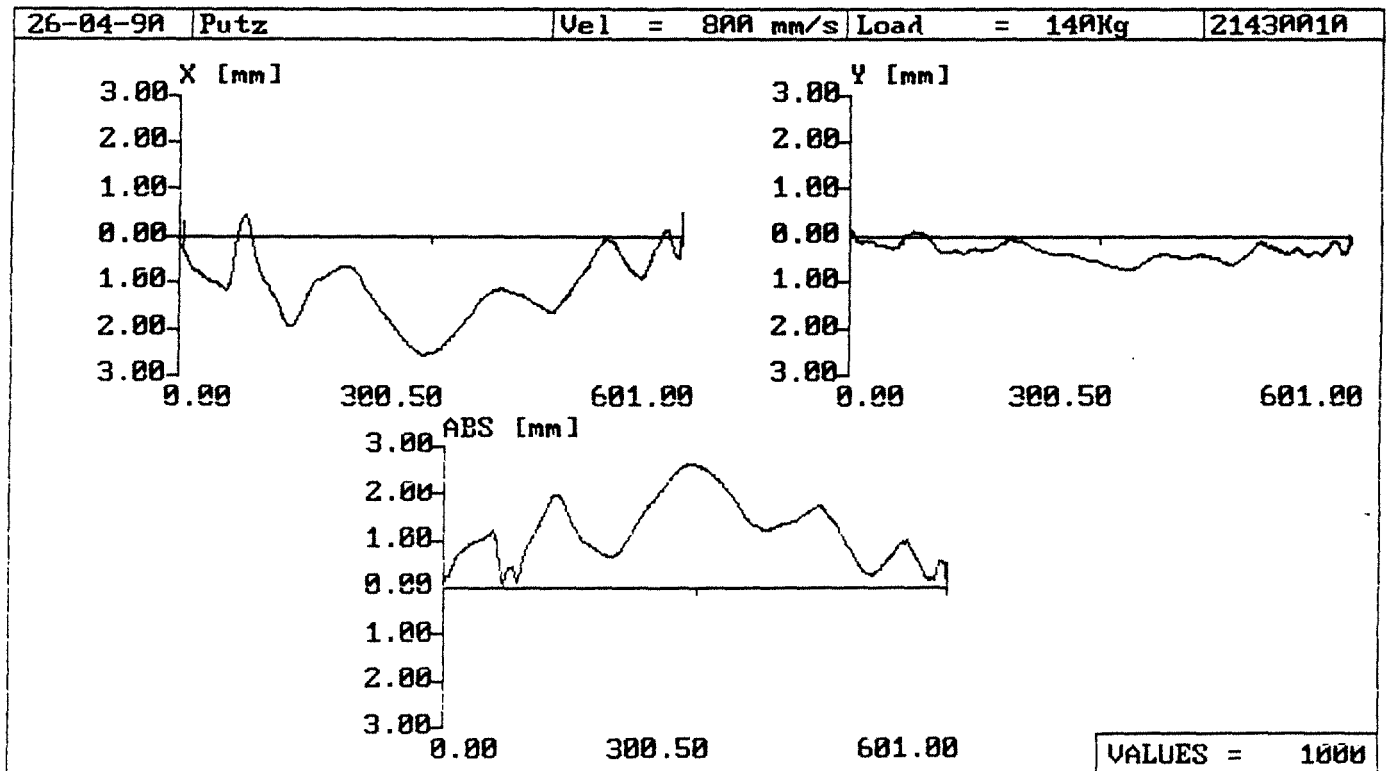
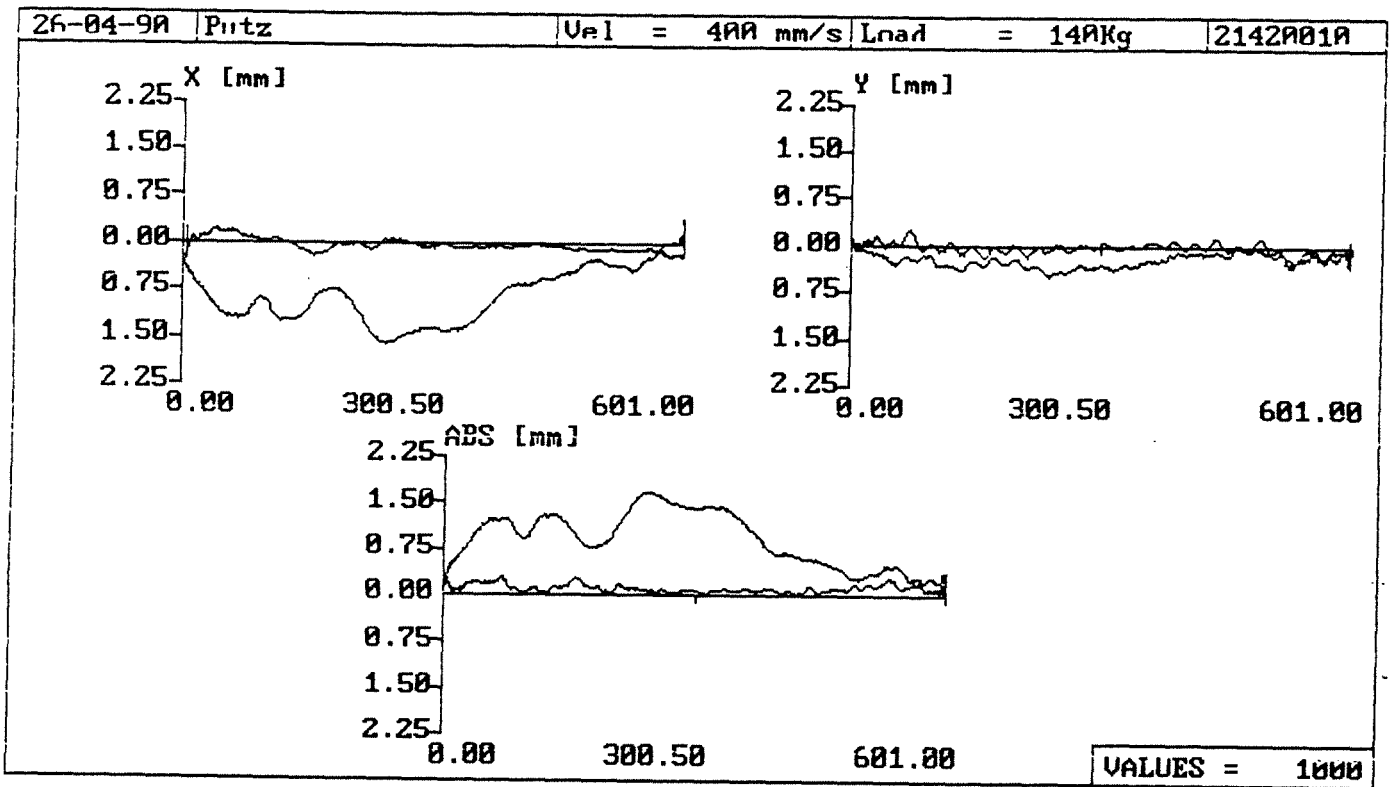
Last in positiver y_R - Richtung

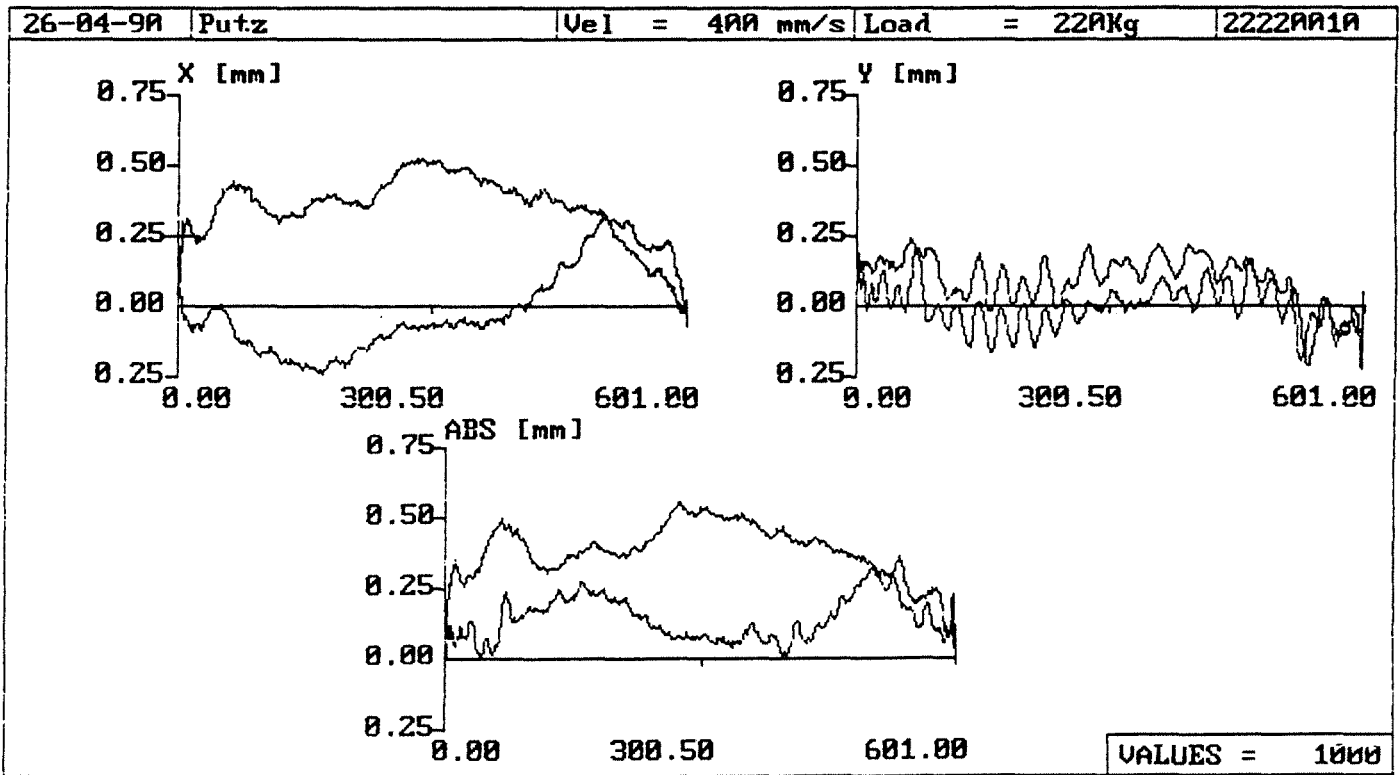
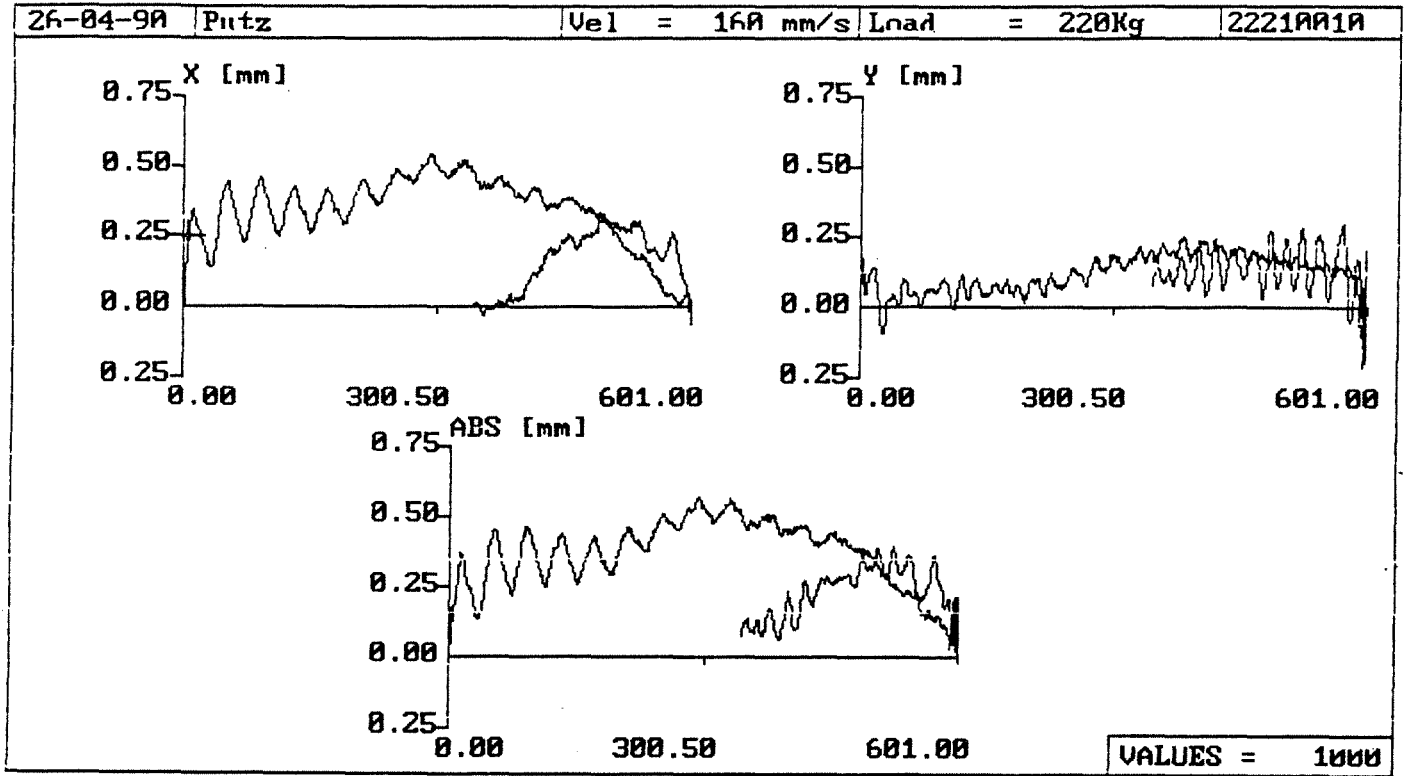
Belastung in kg							Aufzeichnungs frequenz	Verfahr geschwindigkeit	
20	60	100	140	180	220	240	Hz	%	$\frac{mm}{s}$
defekt	20610010	21010010	21410010	21810010	22210010	defekt	90	20	160
defekt	20620010	21020010	21420010	21820010	22220010	defekt	200	50	400
defekt	20630010	21030010	21430010	defekt	22230010	defekt	300	100	800

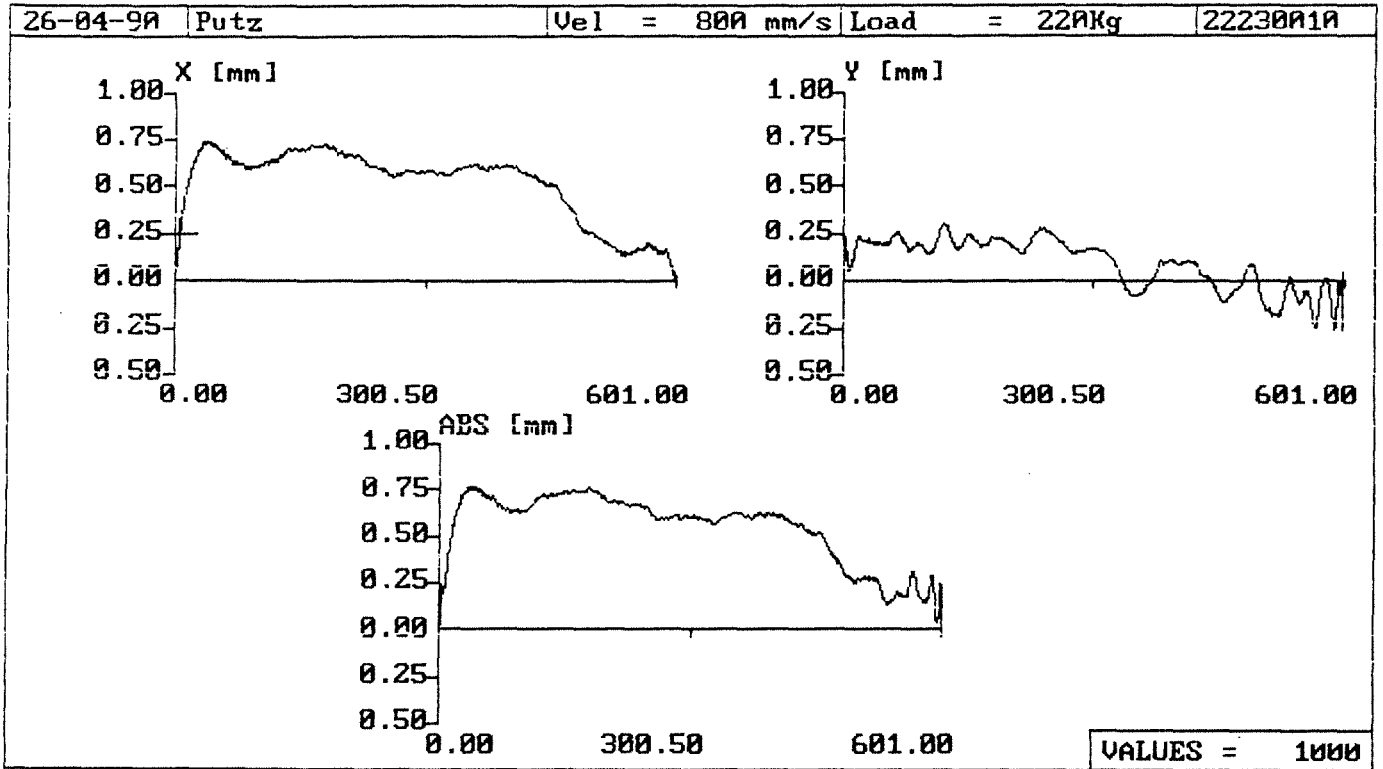
Die relative Lage der Koordinatensysteme zwischen Roboter und des Meßsystem ist Anlage 2.2-3 zu entnehmen.











Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20610010.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]:	-0.220	Z-Endwert [mm] :	601.226
X-Min [µm]:	-143.250	X-Max [µm] :	524.936
Y-Min [µm]:	-176.158	Y-Max [µm] :	296.288
Nickw.-Min [grad]:	-0.135	Nickw.-Max [grad]:	-0.099
Gierw.-Min [grad]:	-0.284	Gierw.-Max [grad]:	-0.210
Rollw.-Min [grad]:	3.369	Rollw.-Max [grad]:	3.470
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	601.446		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	668.187	Y-Spannweite [µm]:	472.446
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.234		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.495		
Rollwinkelspannweite [grad]:	6.838		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	269.896	Y-Abweichung [µm]:	115.814
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.007		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.022		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.030		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1619.377	Y-Streubreite [µm]:	694.886
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.042		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.134		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.179		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20620010.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]: -0.191 Z-Endwert [mm] : 601.112
X-Min [µm]: -156.667 X-Max [µm] : 379.588
Y-Min [µm]: -262.470 Y-Max [µm] : 222.594
Nickw.-Min [grad]: -0.128 Nickw.-Max [grad]: -0.085
Gierw.-Min [grad]: -0.269 Gierw.-Max [grad]: -0.201
Rollw.-Min [grad]: 3.436 Rollw.-Max [grad]: 3.532
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 601.303

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 536.255 Y-Spannweite [µm]: 485.064
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.213
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.470
Rollwinkelspannweite [grad]: 6.969

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 166.486 Y-Abweichung [µm]: 101.001
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.013
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.024
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.028

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 998.917 Y-Streubreite [µm]: 606.009
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.076
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.143
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.169

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20630010.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]:	-0.134	Z-Endwert [mm] :	601.306
X-Min [µm]:	-404.668	X-Max [µm] :	376.115
Y-Min [µm]:	-226.475	Y-Max [µm] :	273.731
Nickw.-Min [grad]:	-0.135	Nickw.-Max [grad]:	-0.095
Gierw.-Min [grad]:	-0.248	Gierw.-Max [grad]:	-0.154
Rollw.-Min [grad]:	3.381	Rollw.-Max [grad]:	3.471
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	601.439		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	780.784	Y-Spannweite [µm]:	500.206
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.230		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.402		
Rollwinkelspannweite [grad]:	6.852		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	176.270	Y-Abweichung [µm]:	116.184
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.006		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.012		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.019		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1057.623	Y-Streubreite [µm]:	697.106
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.035		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.073		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.115		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :21410010.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :140

Z-Anfangswert [mm]: -0.282 Z-Endwert [mm] : 601.172
X-Min [µm]: -141.191 X-Max [µm] : 2076.924
Y-Min [µm]: -175.847 Y-Max [µm] : 498.939
Nickw.-Min [grad]: -0.136 Nickw.-Max [grad]: -0.080
Gierw.-Min [grad]: -0.400 Gierw.-Max [grad]: -0.197
Rollw.-Min [grad]: 3.520 Rollw.-Max [grad]: 3.786
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 601.454

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 2218.115 Y-Spannweite [µm]: 674.786
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.216
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.597
Rollwinkelspannweite [grad]: 7.307

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 909.641 Y-Abweichung [µm]: 216.881
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.015
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.064
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.095

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 5457.849 Y-Streubreite [µm]: 1301.287
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.089
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.385
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.570

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :21420010.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :140

Z-Anfangswert [mm]: -0.236 Z-Endwert [mm] : 601.095
X-Min [µm]: -1604.212 X-Max [µm] : 383.588
Y-Min [µm]: -480.918 Y-Max [µm] : 264.568
Nickw.-Min [grad]: -0.124 Nickw.-Max [grad]: -0.069
Gierw.-Min [grad]: -0.469 Gierw.-Max [grad]: -0.252
Rollw.-Min [grad]: 3.610 Rollw.-Max [grad]: 3.838
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 601.332

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1987.800 Y-Spannweite [µm]: 745.485
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.193
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.721
Rollwinkelspannweite [grad]: 7.447

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 551.978 Y-Abweichung [µm]: 151.525
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.015
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.068
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.066

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 3311.868 Y-Streubreite [µm]: 909.151
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.092
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.410
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.395

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :21430010.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :140

Z-Anfangswert [mm]: -0.253 Z-Endwert [mm] : 600.999
X-Min [µm]: -2562.675 X-Max [µm] : 525.774
Y-Min [µm]: -724.423 Y-Max [µm] : 124.354
Nickw.-Min [grad]: -0.119 Nickw.-Max [grad]: -0.060
Gierw.-Min [grad]: -0.567 Gierw.-Max [grad]: -0.280
Rollw.-Min [grad]: 3.597 Rollw.-Max [grad]: 4.016
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 601.252

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 3088.449 Y-Spannweite [µm]: 848.777
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.178
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.846
Rollwinkelspannweite [grad]: 7.613

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 915.092 Y-Abweichung [µm]: 242.517
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.018
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.109
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.065

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 5490.555 Y-Streubreite [µm]: 1455.104
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.109
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.651
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.390

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :22210010.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :220

Z-Anfangswert [mm]:	-0.327	Z-Endwert [mm] :	601.486
X-Min [µm]:	-59.995	X-Max [µm] :	548.790
Y-Min [µm]:	-209.093	Y-Max [µm] :	292.918
Nickw.-Min [grad]:	-0.128	Nickw.-Max [grad]:	-0.065
Gierw.-Min [grad]:	-0.538	Gierw.-Max [grad]:	-0.362
Rollw.-Min [grad]:	3.939	Rollw.-Max [grad]:	4.143
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	601.814		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	608.785	Y-Spannweite [µm]:	502.011
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.193		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.900		
Rollwinkelspannweite [grad]:	8.082		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	290.816	Y-Abweichung [µm]:	104.828
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.016		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.053		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.049		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1744.894	Y-Streubreite [µm]:	628.965
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.096		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.315		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.296		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :22220010.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :220

Z-Anfangswert [mm]: -0.328 Z-Endwert [mm] : 601.357
X-Min [µm]: -239.662 X-Max [µm] : 522.612
Y-Min [µm]: -230.407 Y-Max [µm] : 237.007
Nickw.-Min [grad]: -0.125 Nickw.-Max [grad]: -0.067
Gierw.-Min [grad]: -0.536 Gierw.-Max [grad]: -0.367
Rollw.-Min [grad]: 3.948 Rollw.-Max [grad]: 4.131
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 601.685

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 762.274 Y-Spannweite [µm]: 467.414
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.193
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.903
Rollwinkelspannweite [grad]: 8.078

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 228.416 Y-Abweichung [µm]: 108.389
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.028
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.104
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.070

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 1370.498 Y-Streubreite [µm]: 650.336
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.168
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.626
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.418

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :22230010.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :220

Z-Anfangswert [mm]:	-0.407	Z-Endwert [mm] :	601.321
X-Min [µm]:	-32.978	X-Max [µm] :	744.503
Y-Min [µm]:	-251.095	Y-Max [µm] :	306.881
Nickw.-Min [grad]:	-0.120	Nickw.-Max [grad]:	-0.055
Gierw.-Min [grad]:	-0.628	Gierw.-Max [grad]:	-0.420
Rollw.-Min [grad]:	4.018	Rollw.-Max [grad]:	4.174
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	601.728		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	777.481	Y-Spannweite [µm]:	557.976
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.175		
Gierwinkelspannweite [grad]:	1.048		
Rollwinkelspannweite [grad]:	8.192		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	401.423	Y-Abweichung [µm]:	135.816
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.011		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.039		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.038		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	2408.540	Y-Streubreite [µm]:	814.894
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.065		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.236		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.226		

Versuchsmatrix für alle durchgeführten Bahnfahrten

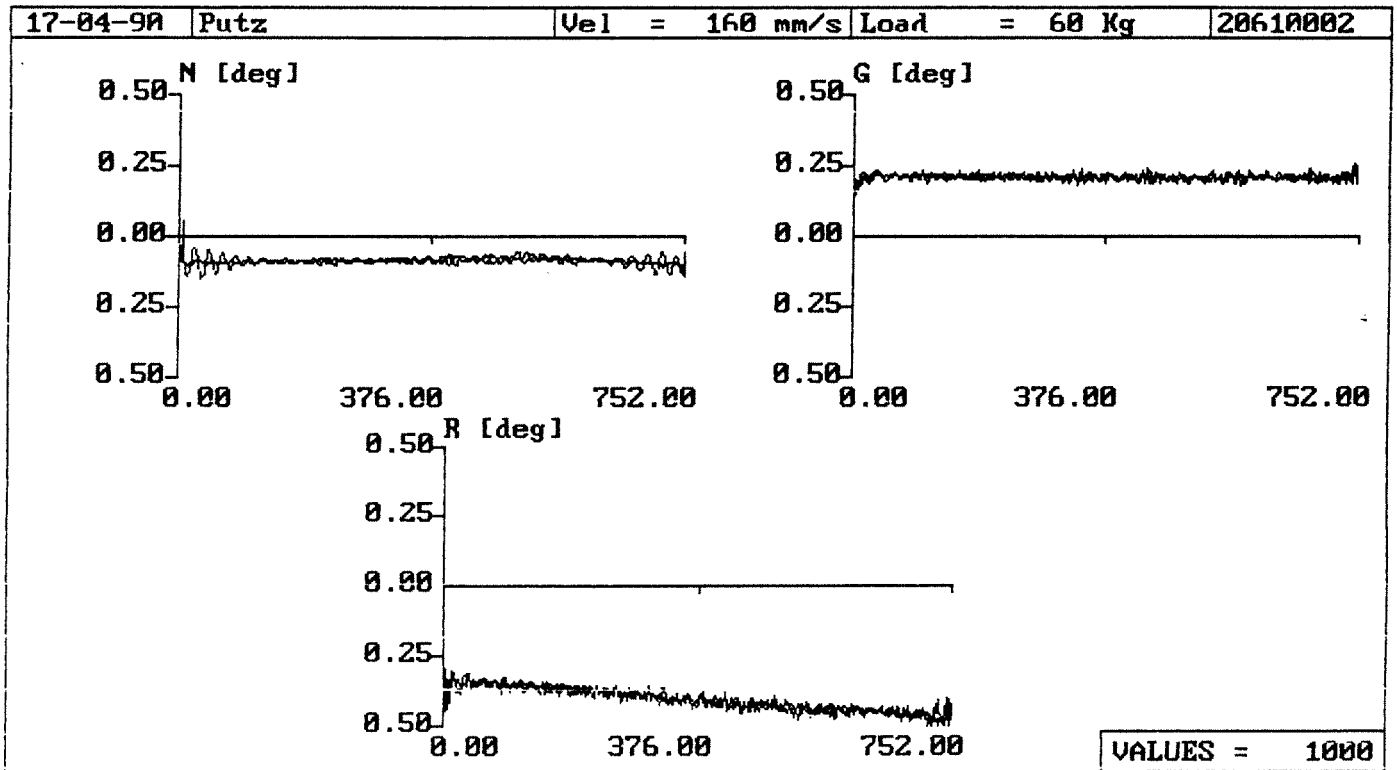
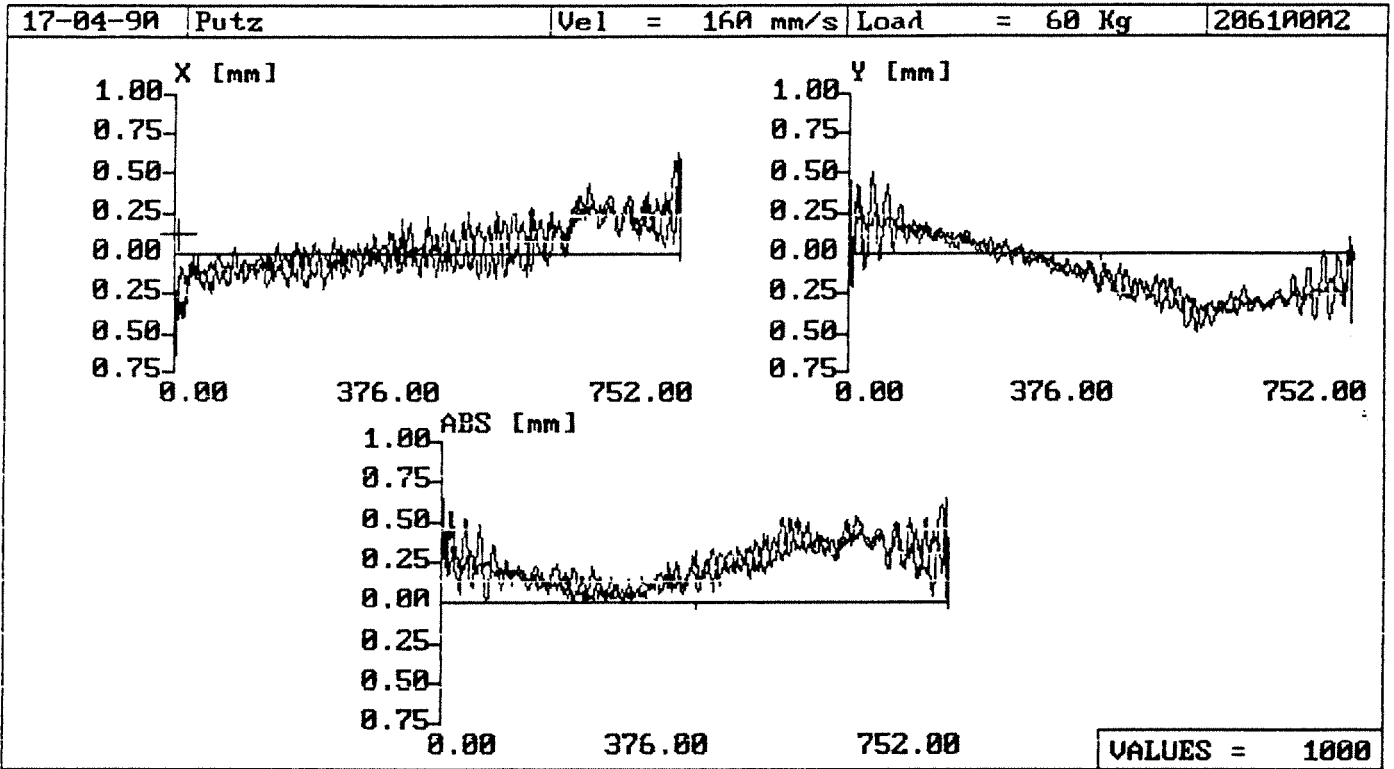
Bahnfahrt in y_R - Richtung

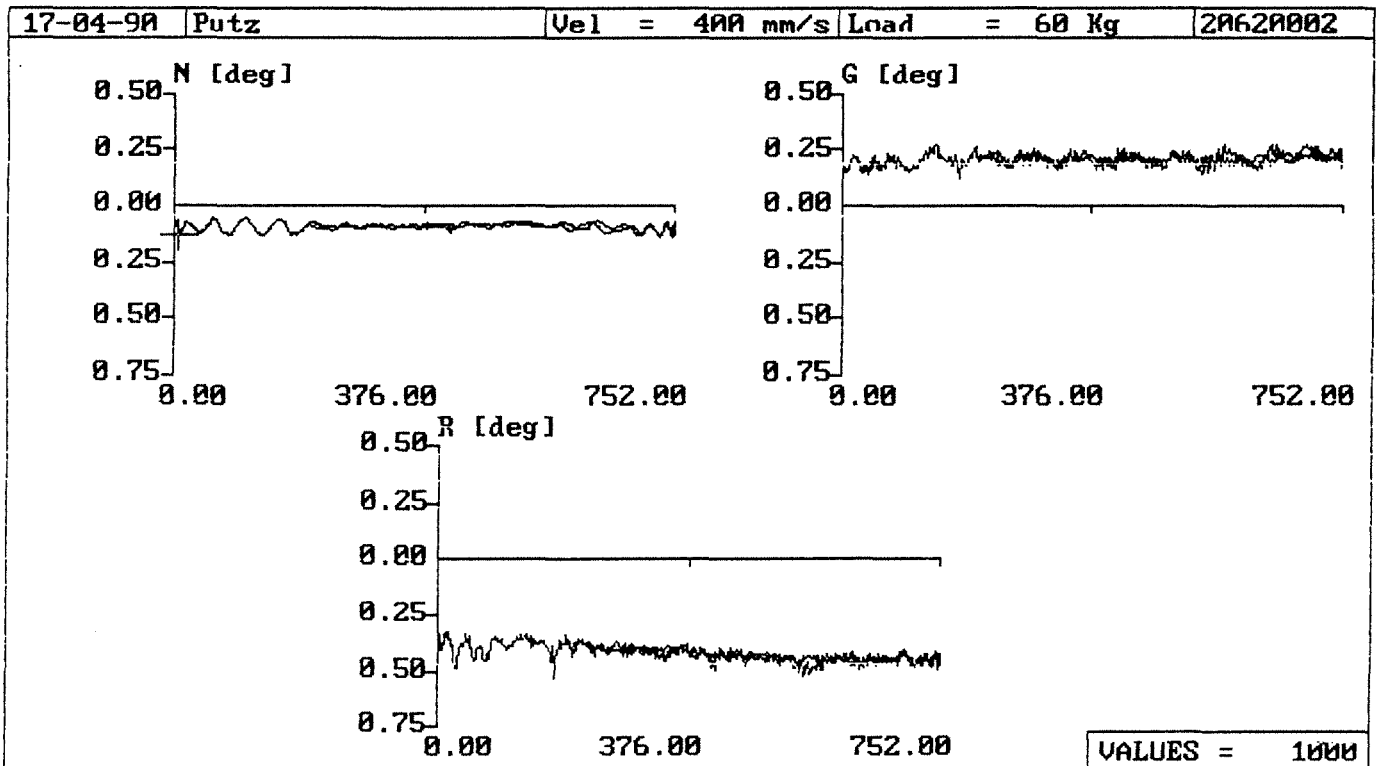
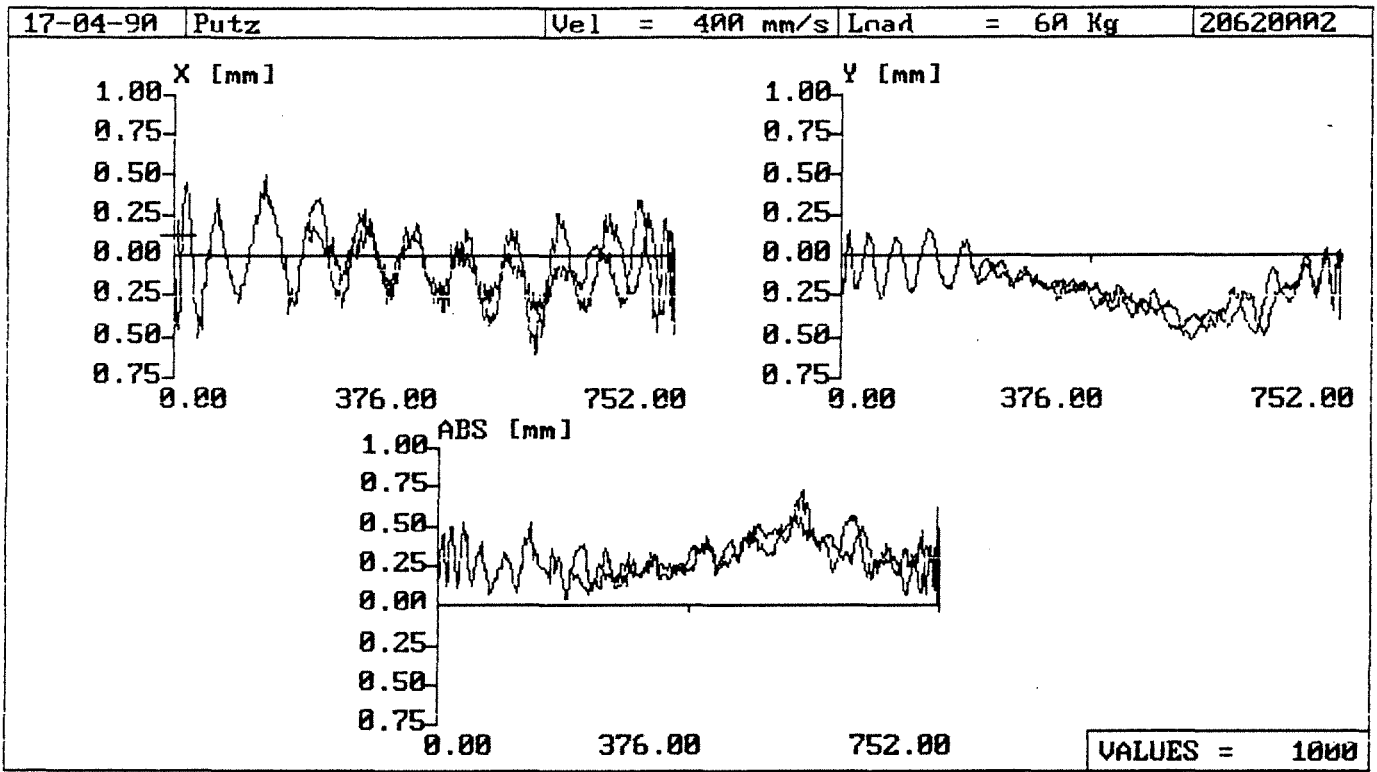
Last in negativer z_R - Richtung

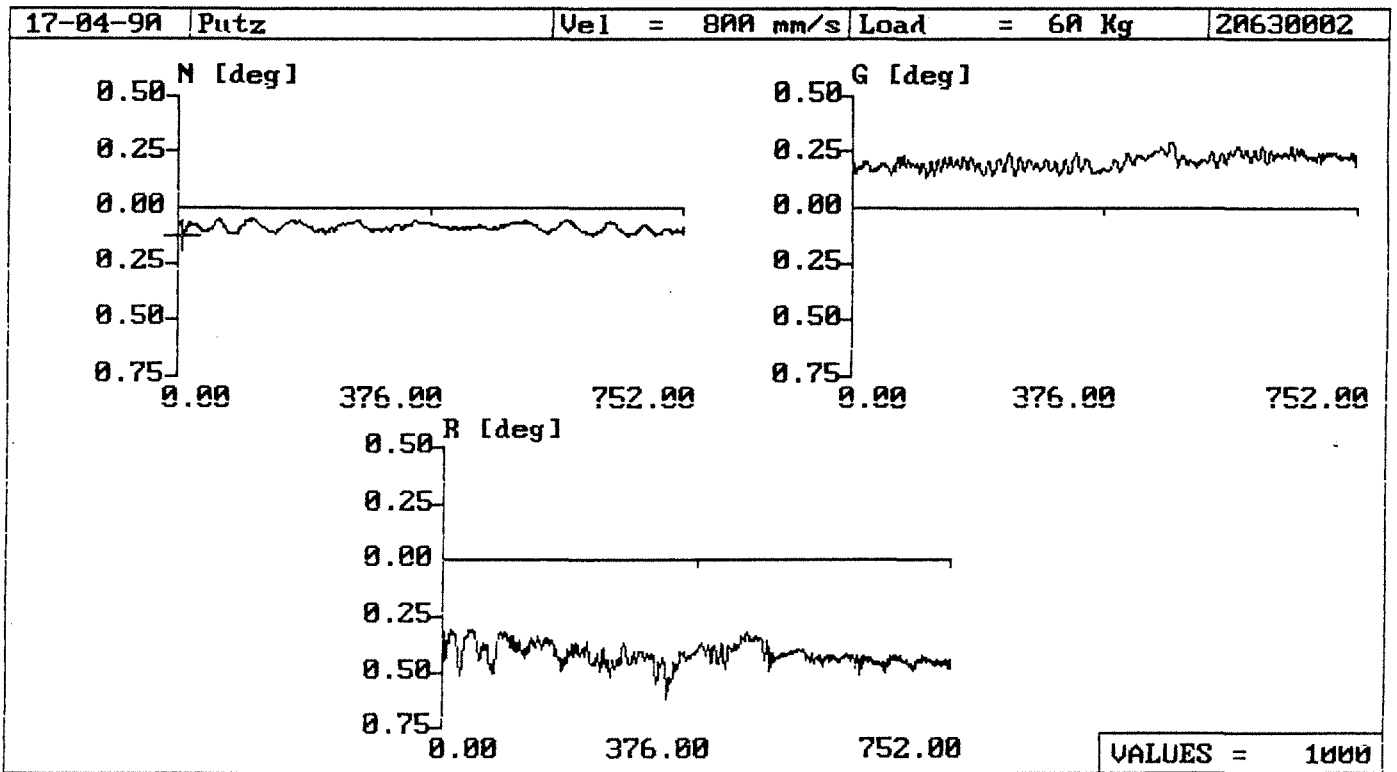
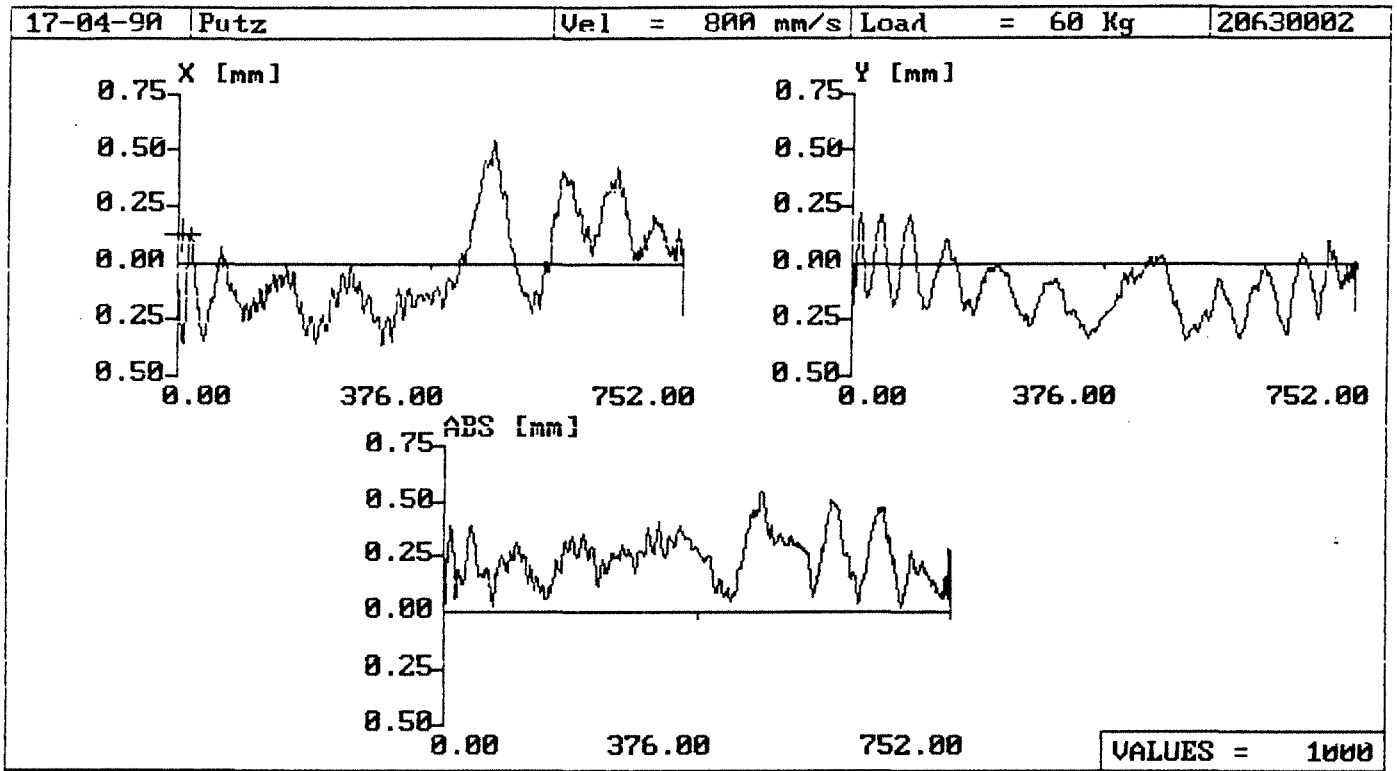
Belastung in kg							Aufzeichnungs frequenz	Verfahr geschwindigkeit	
20	60	100	140	180	220	240	Hz	%	$\frac{mm}{s}$
20210002	20610002	21010002	21410002	21810002	22210002	22410002	90	20	160
20220002	20620002	21020002	21420002	21820002	22220002	22420002	200	50	400
20230002	20630002	21030002	21430002	21830002	22230002	defekt	400	100	800

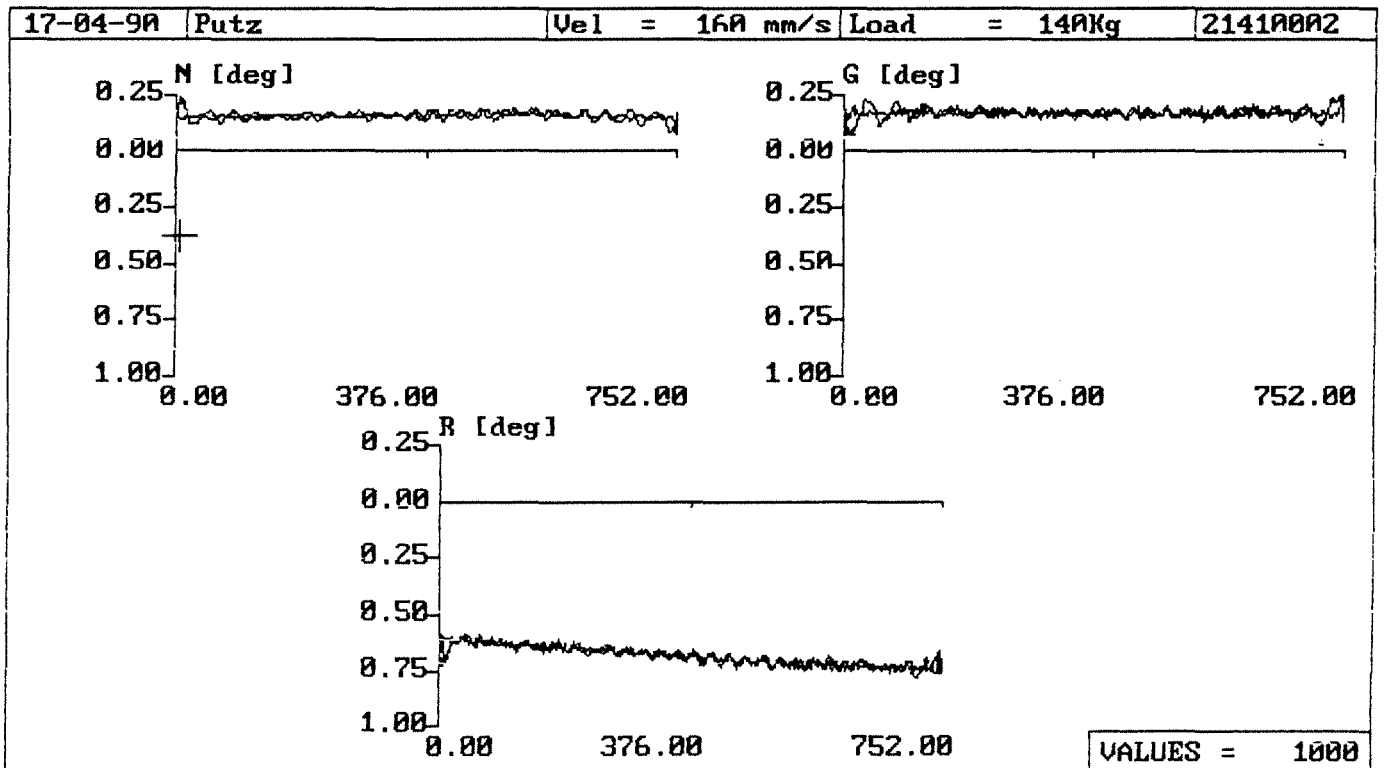
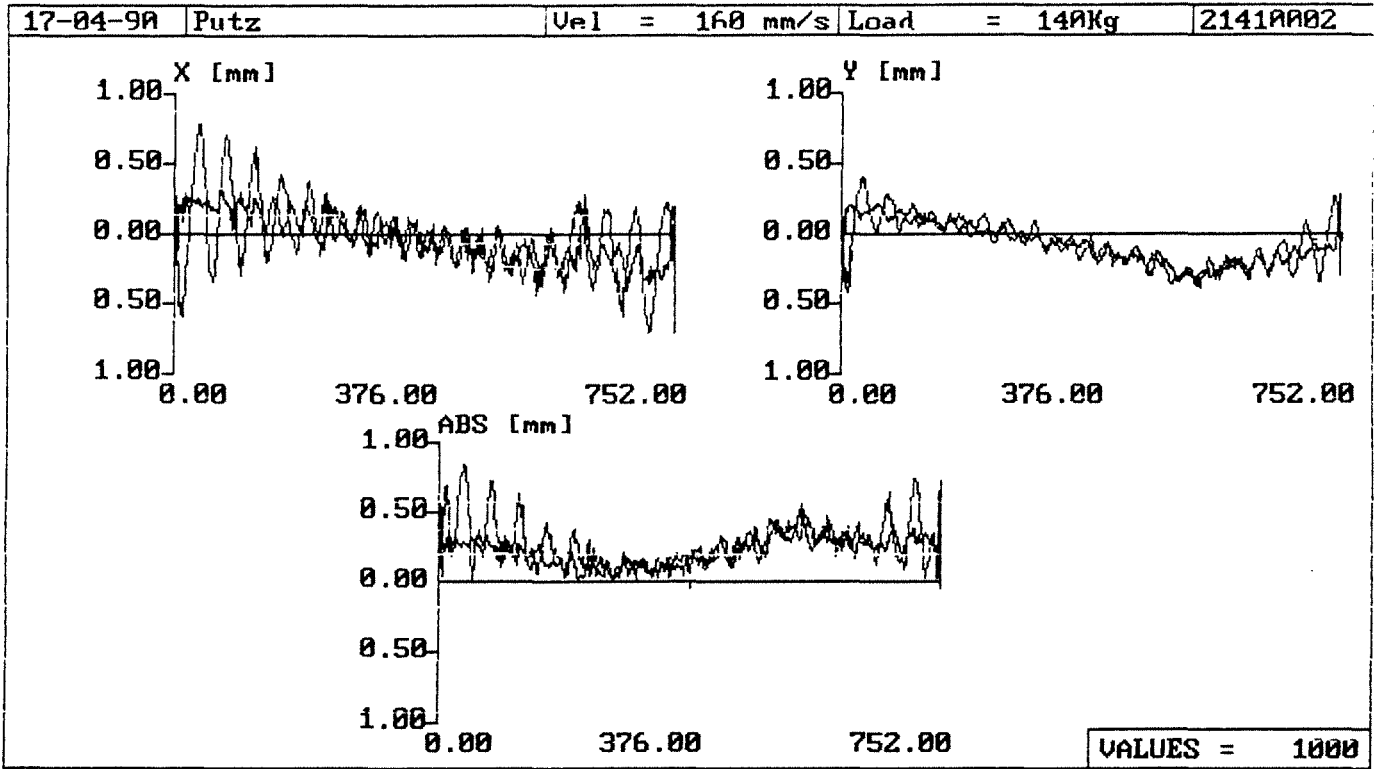
Die relative Lage der Koordinatensysteme zwischen Roboter und des Meßsystem ist **Anlage 2.2-1 bzw. 2.1-1** zu entnehmen.

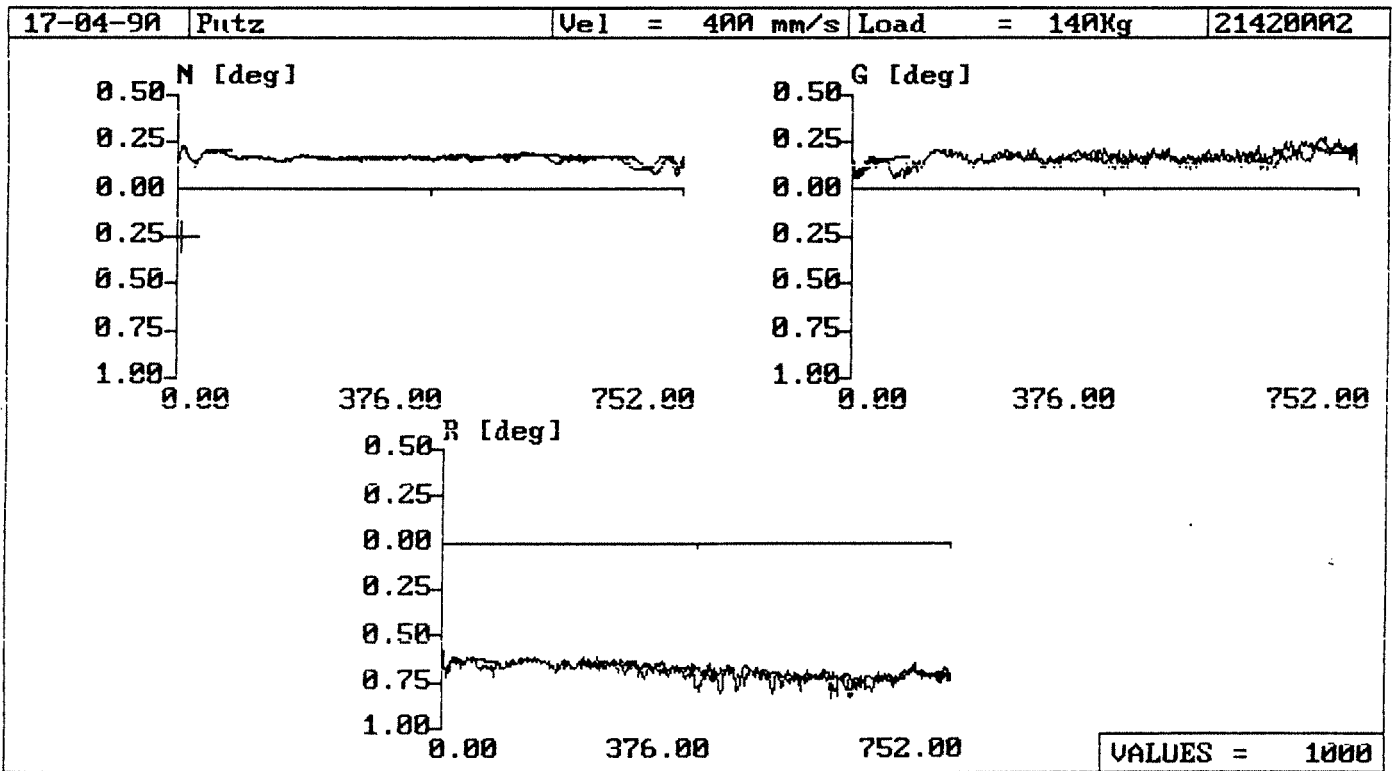
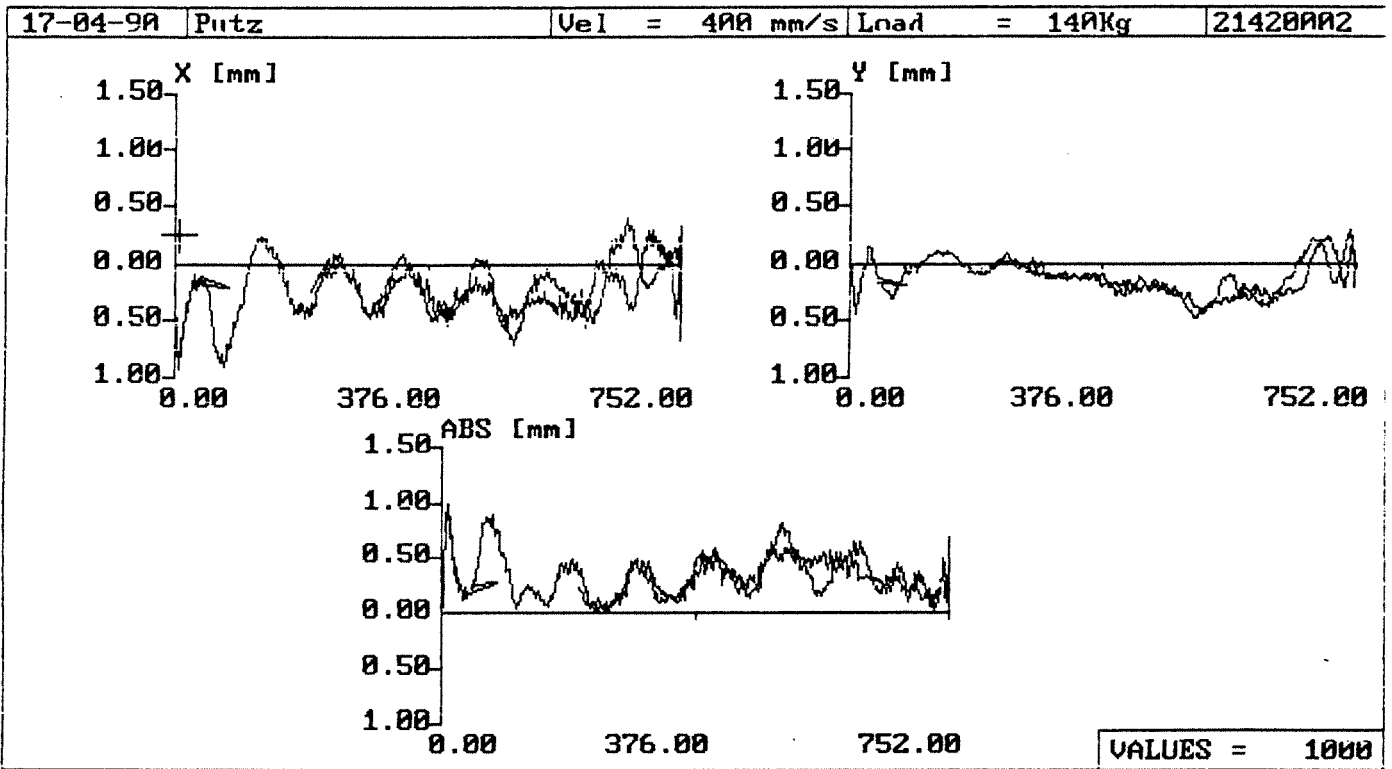
- 111 -

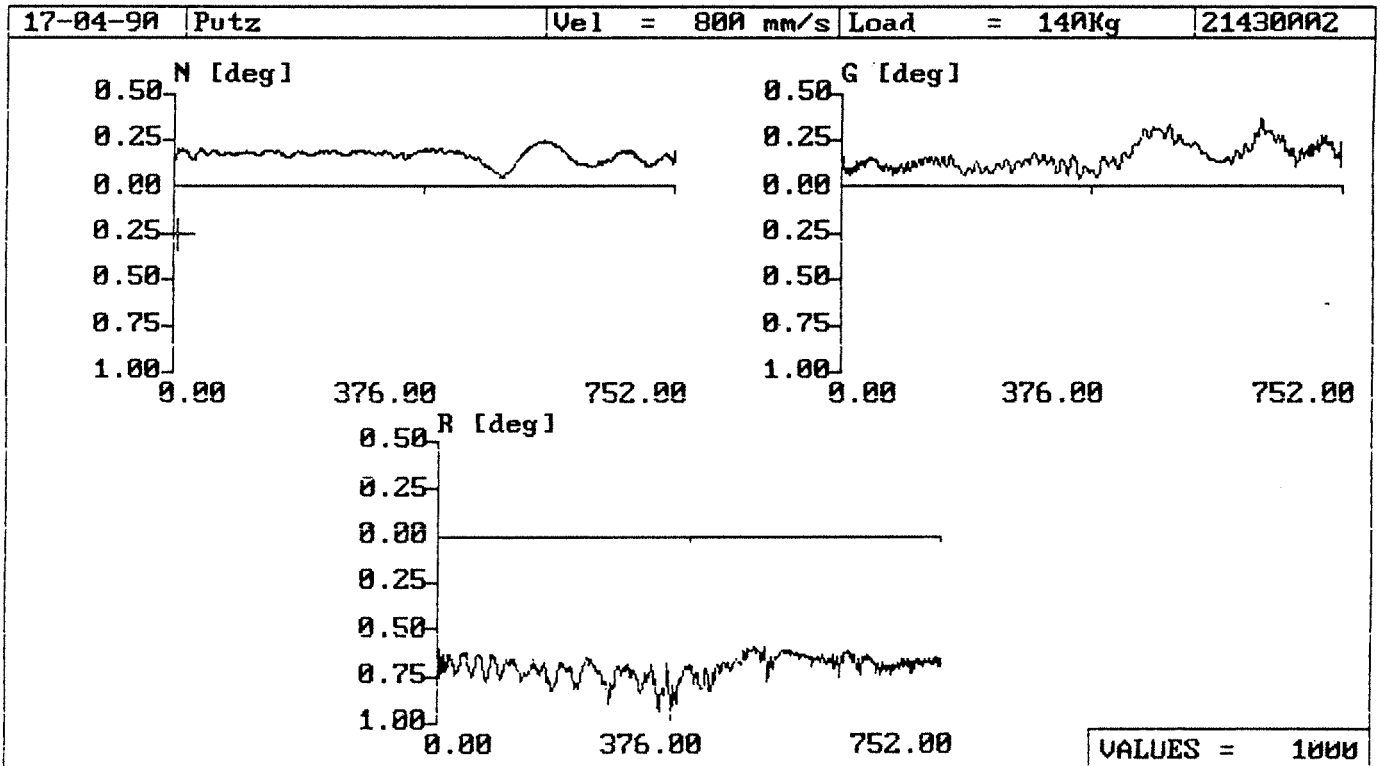
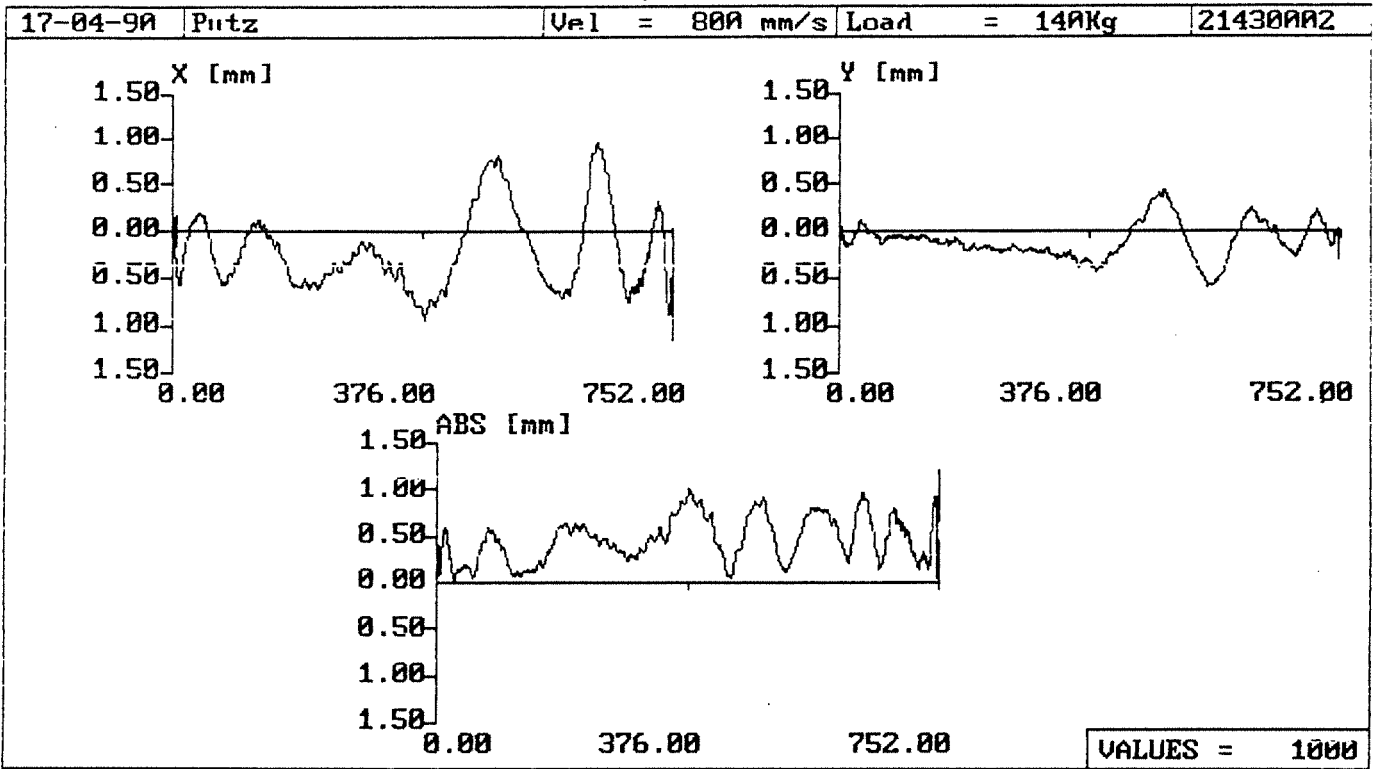


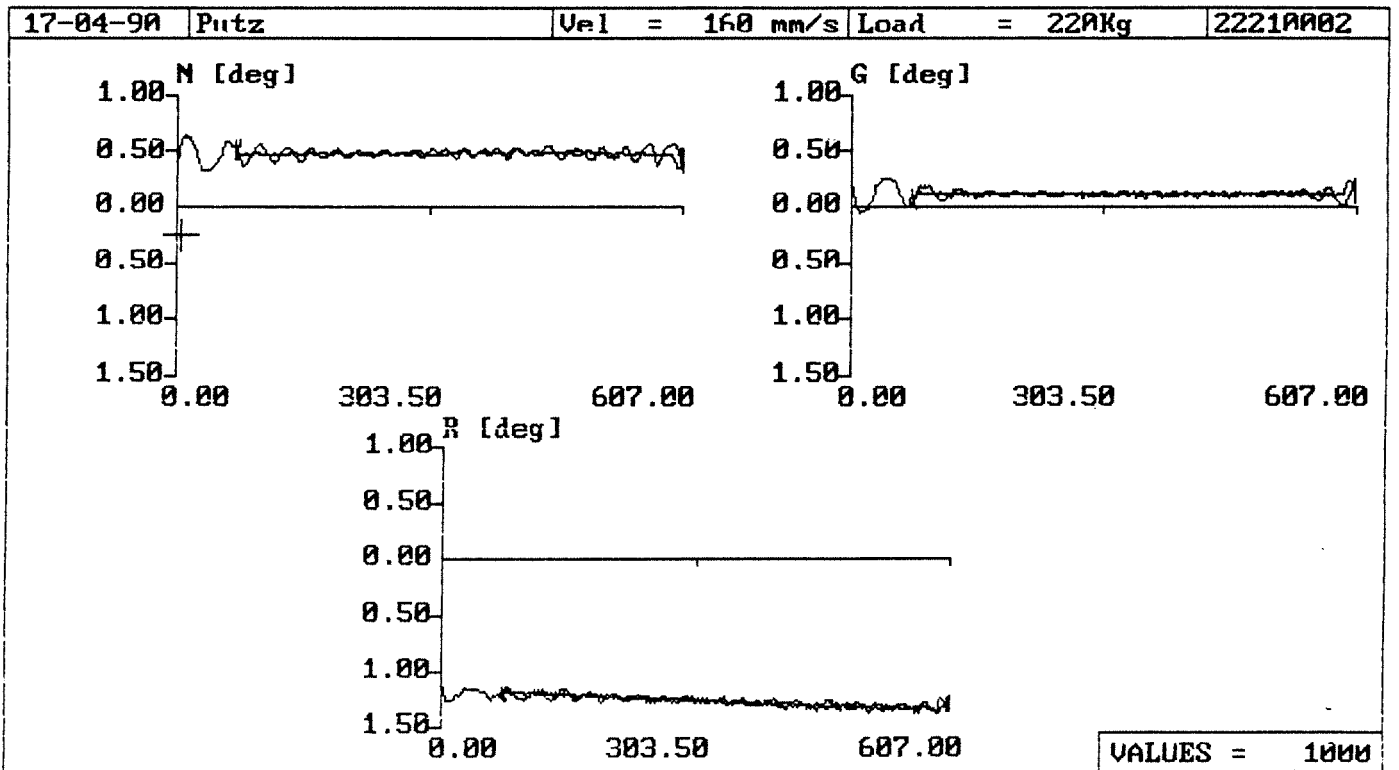
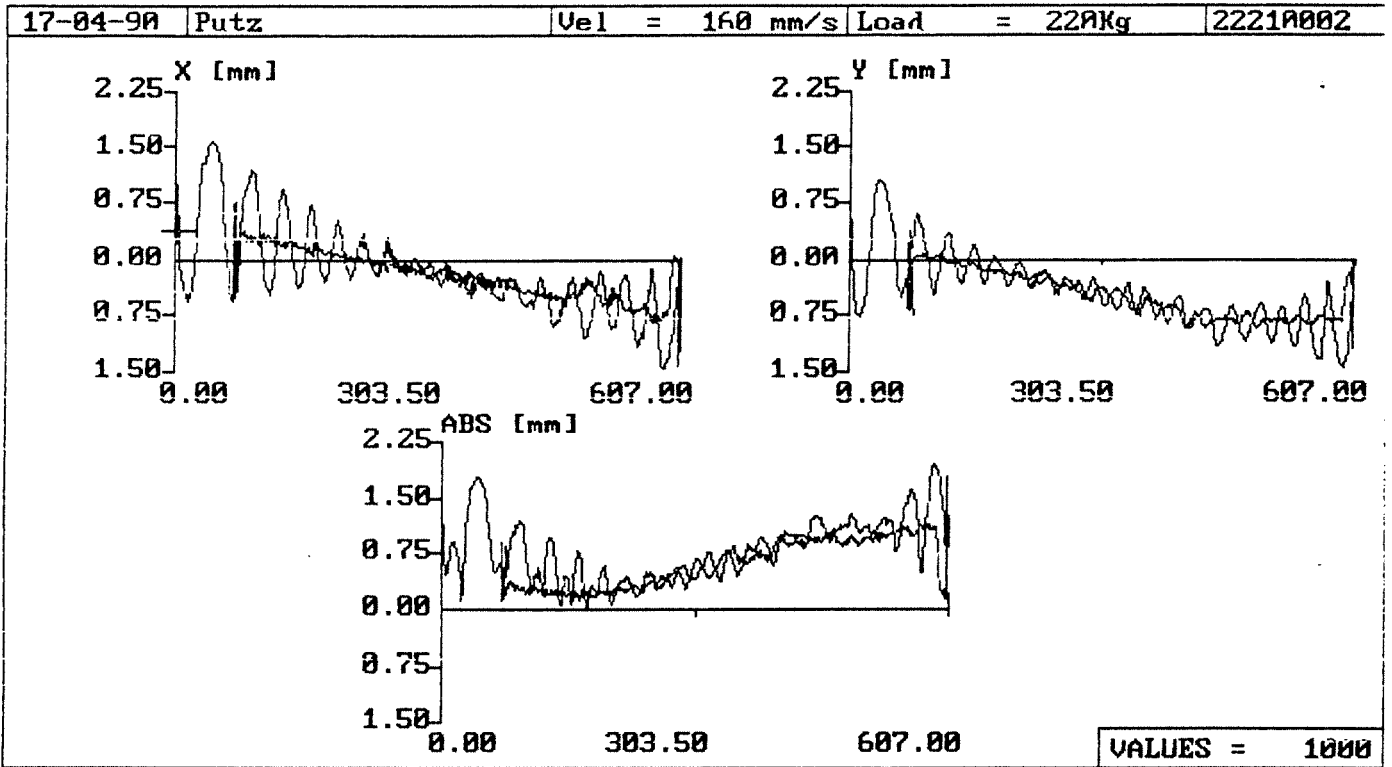


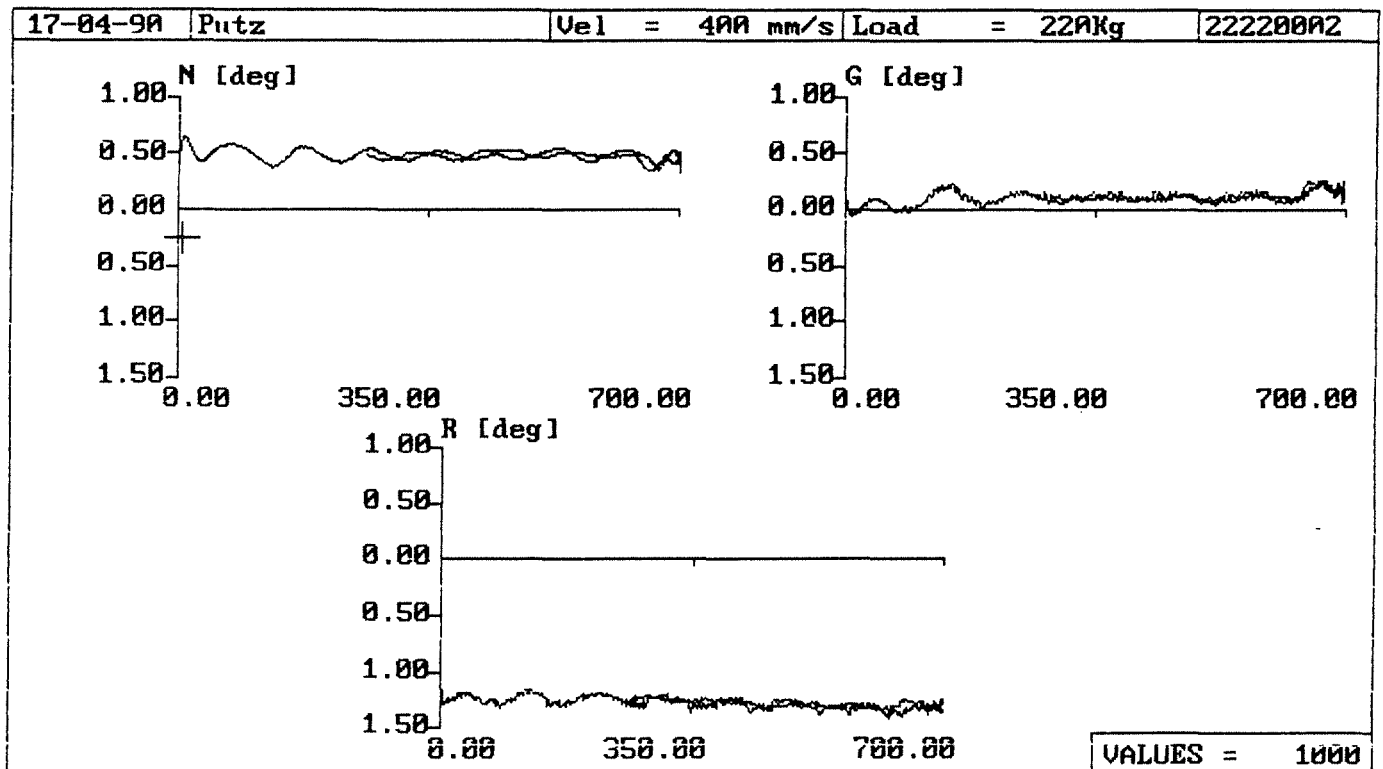
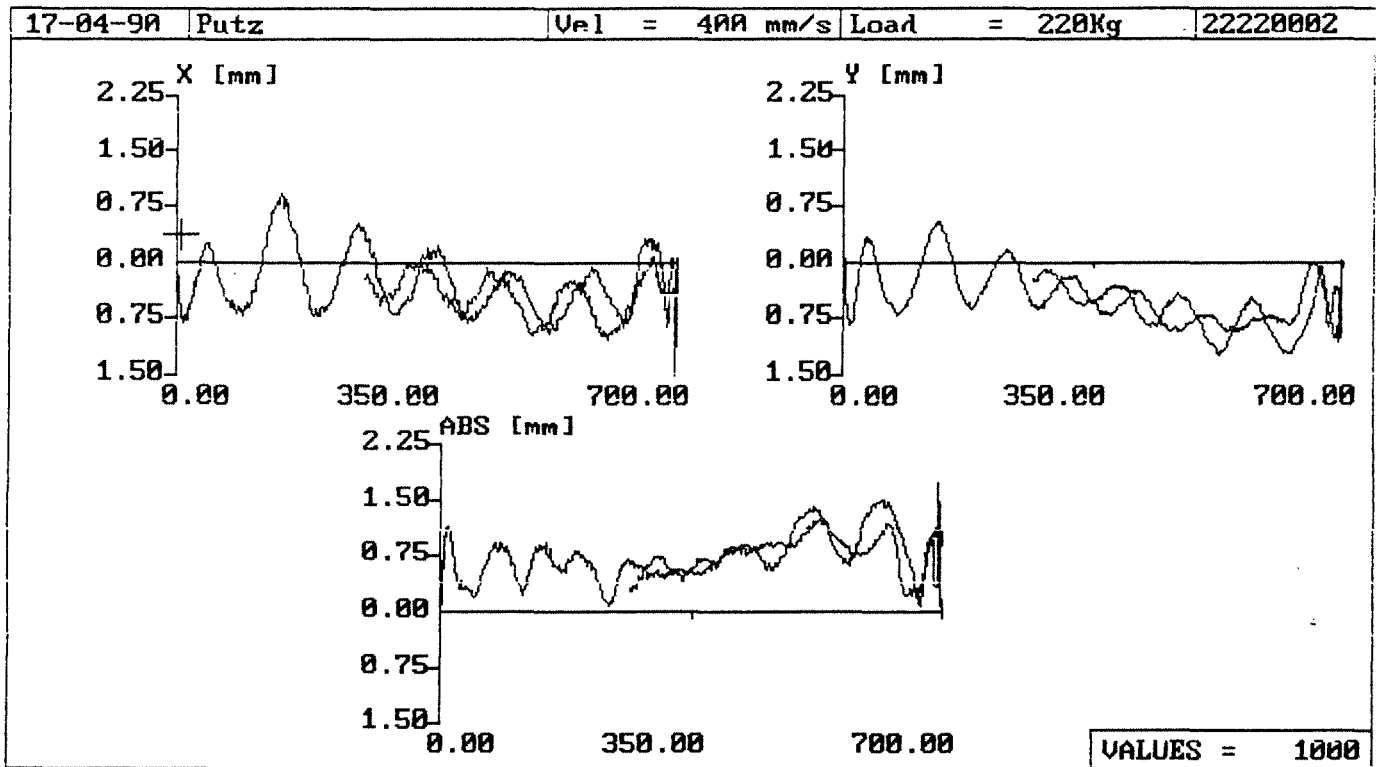


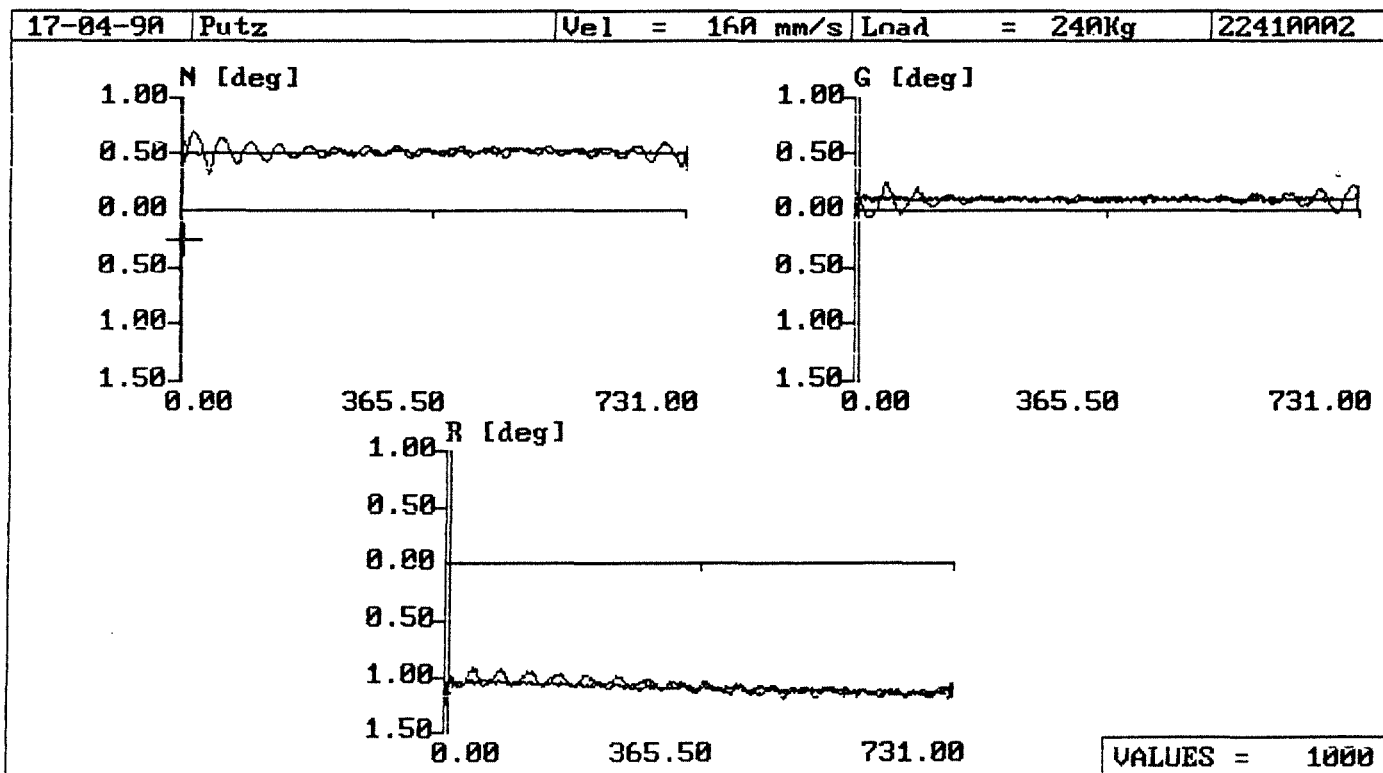
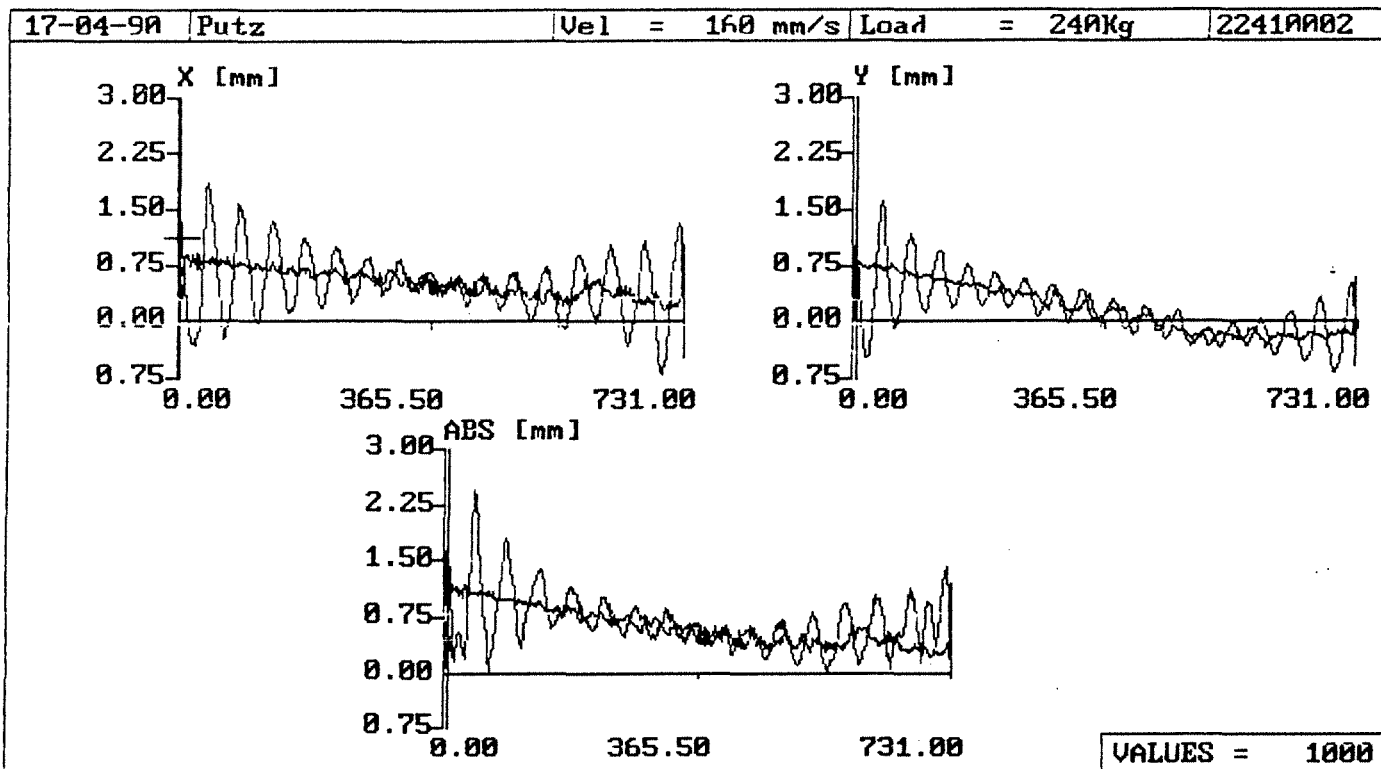












Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20610002.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]:	0.096	Z-Endwert [mm] :	752.804
X-Min [µm]:	-637.449	X-Max [µm] :	624.361
Y-Min [µm]:	-486.616	Y-Max [µm] :	507.261
Nickw.-Min [grad]:	-0.147	Nickw.-Max [grad]:	-0.034
Gierw.-Min [grad]:	0.151	Gierw.-Max [grad]:	0.259
Rollw.-Min [grad]:	-0.498	Rollw.-Max [grad]:	-0.295
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	752.708		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	1261.810	Y-Spannweite [µm]:	993.876
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.181		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.410		
Rollwinkelspannweite [grad]:	0.793		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	277.154	Y-Abweichung [µm]:	223.720
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.031		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.022		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.055		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1662.925	Y-Streubreite [µm]:	1342.318
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.183		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.133		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.330		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20620002.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]: 0.192 Z-Endwert [mm] : 752.230
X-Min [µm]: -594.721 X-Max [µm] : 508.947
Y-Min [µm]: -517.433 Y-Max [µm] : 186.561
Nickw.-Min [grad]: -0.135 Nickw.-Max [grad]: -0.051
Gierw.-Min [grad]: 0.130 Gierw.-Max [grad]: 0.278
Rollw.-Min [grad]: -0.537 Rollw.-Max [grad]: -0.322
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 752.038

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1103.668 Y-Spannweite [µm]: 703.994
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.186
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.407
Rollwinkelspannweite [grad]: 0.859

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 260.955 Y-Abweichung [µm]: 170.349
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.018
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.030
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.071

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 1565.732 Y-Streubreite [µm]: 1022.096
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.107
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.179
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.428

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :20630002.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]:	0.174	Z-Endwert [mm] :	752.508
X-Min [μm]:	-367.100	X-Max [μm] :	544.716
Y-Min [μm]:	-340.852	Y-Max [μm] :	225.453
Nickw.-Min [grad]:	-0.127	Nickw.-Max [grad]:	-0.044
Gierw.-Min [grad]:	0.139	Gierw.-Max [grad]:	0.297
Rollw.-Min [grad]:	-0.618	Rollw.-Max [grad]:	-0.306
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	752.335		

Spannweiten:

X-Spannweite [μm]:	911.816	Y-Spannweite [μm]:	566.305
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.171		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.435		
Rollwinkelspannweite [grad]:	0.923		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [μm]:	176.184	Y-Abweichung [μm]:	109.086
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.017		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.027		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.038		

Streubreiten:

X-Streubreite [μm]:	1057.104	Y-Streubreite [μm]:	654.517
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.100		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.160		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.229		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :21410002.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :140

Z-Anfangswert [mm]: 0.091 Z-Endwert [mm] : 752.150
X-Min [µm]: -711.719 X-Max [µm] : 784.407
Y-Min [µm]: -420.716 Y-Max [µm] : 399.501
Nickw.-Min [grad]: 0.072 Nickw.-Max [grad]: 0.236
Gierw.-Min [grad]: 0.069 Gierw.-Max [grad]: 0.249
Rollw.-Min [grad]: -0.789 Rollw.-Max [grad]: -0.577
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 752.059

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1496.126 Y-Spannweite [µm]: 820.217
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.308
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.319
Rollwinkelspannweite [grad]: 1.366

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 357.344 Y-Abweichung [µm]: 200.038
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.025
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.072
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.072

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 2144.066 Y-Streubreite [µm]: 1200.229
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.153
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.433
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.434

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 21420002.BAN
Roboter : Putz
Last [kg] : 140

Z-Anfangswert [mm]:	0.144	Z-Endwert [mm] :	752.213
X-Min [µm]:	-915.244	X-Max [µm] :	393.645
Y-Min [µm]:	-475.746	Y-Max [µm] :	278.863
Nickw.-Min [grad]:	0.081	Nickw.-Max [grad]:	0.231
Gierw.-Min [grad]:	0.060	Gierw.-Max [grad]:	0.271
Rollw.-Min [grad]:	-0.840	Rollw.-Max [grad]:	-0.582
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	752.069		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	1308.889	Y-Spannweite [µm]:	754.610
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.312		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.330		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.422		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	279.269	Y-Abweichung [µm]:	166.258
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.022		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.037		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.081		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1675.612	Y-Streubreite [µm]:	997.550
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.133		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.220		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.486		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :21430002.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :140

Z-Anfangswert [mm]:	0.079	Z-Endwert [mm] :	752.357
X-Min [µm]:	-1150.164	X-Max [µm] :	951.995
Y-Min [µm]:	-578.739	Y-Max [µm] :	452.354
Nickw.-Min [grad]:	0.050	Nickw.-Max [grad]:	0.248
Gierw.-Min [grad]:	0.043	Gierw.-Max [grad]:	0.364
Rollw.-Min [grad]:	-0.980	Rollw.-Max [grad]:	-0.584
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	752.278		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	2102.158	Y-Spannweite [µm]:	1031.094
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.297		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.407		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.565		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	405.736	Y-Abweichung [µm]:	160.686
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.028		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.056		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.057		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	2434.414	Y-Streubreite [µm]:	964.114
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.168		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.337		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.340		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :22210002.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :220

Z-Anfangswert [mm]:	0.025	Z-Endwert [mm] :	607.430
X-Min [µm]:	-1439.872	X-Max [µm] :	1572.523
Y-Min [µm]:	-1449.880	Y-Max [µm] :	1032.088
Nickw.-Min [grad]:	0.317	Nickw.-Max [grad]:	0.636
Gierw.-Min [grad]:	-0.049	Gierw.-Max [grad]:	0.259
Rollw.-Min [grad]:	-1.389	Rollw.-Max [grad]:	-1.140
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	607.406		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	3012.395	Y-Spannweite [µm]:	2481.968
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.953		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.308		
Rollwinkelspannweite [grad]:	2.528		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	468.210	Y-Abweichung [µm]:	450.330
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.085		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.115		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.078		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	2809.263	Y-Streubreite [µm]:	2701.980
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.508		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.690		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.470		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :22220002.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :220

Z-Anfangswert [mm]: 0.066 Z-Endwert [mm] : 700.409
X-Min [µm]: -1489.067 X-Max [µm] : 915.400
Y-Min [µm]: -1229.527 Y-Max [µm] : 536.592
Nickw.-Min [grad]: 0.329 Nickw.-Max [grad]: 0.641
Gierw.-Min [grad]: -0.050 Gierw.-Max [grad]: 0.257
Rollw.-Min [grad]: -1.425 Rollw.-Max [grad]: -1.152
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 700.343

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 2404.466 Y-Spannweite [µm]: 1766.119
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.970
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.307
Rollwinkelspannweite [grad]: 2.577

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 496.349 Y-Abweichung [µm]: 533.839
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.051
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.055
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.074

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 2978.094 Y-Streubreite [µm]: 3203.035
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.305
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.330
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.446

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :22420002.BAN
Roboter :Putz
Last [kg] :240

Z-Anfangswert [mm]: 0.076 Z-Endwert [mm] : 743.962
X-Min [µm]: -1653.730 X-Max [µm] : 798.069
Y-Min [µm]: -1032.700 Y-Max [µm] : 1034.319
Nickw.-Min [grad]: 0.318 Nickw.-Max [grad]: 0.700
Gierw.-Min [grad]: -0.062 Gierw.-Max [grad]: 0.274
Rollw.-Min [grad]: -1.391 Rollw.-Max [grad]: -1.086
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 743.886

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 2451.799 Y-Spannweite [µm]: 2067.019
Nickwinkelspannweite [grad]: 1.018
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.336
Rollwinkelspannweite [grad]: 2.477

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 600.984 Y-Abweichung [µm]: 551.802
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.075
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.080
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.085

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 3605.903 Y-Streubreite [µm]: 3310.815
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.448
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.477
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.509

2.2.4 Versuchsübergreifende Meßdatendarstellung

In diesem Abschnitt werden die Meßdaten und indirekt berechneten Größen in kompakter Form dargestellt, um einen besseren Überblick über die Ergebnisse der Meßkampagne zu gewinnen. Aus der Einleitung in Abschnitt 1. ist zu entnehmen, daß insbesondere die funktionelle Abhängigkeit zwischen

- der Verformung und der Geschwindigkeit
- der Verformung und der aufgebrachten Last

von Interesse ist. Aus diesem Grund werden folgende Meßgrößen dargestellt:

- die gemessenen Spannweiten der Abweichungen und berechneten Standardabweichungen über der aufgebrachten Last (Anlage 2.2 - 110 bis 2.2 - 125)
- die gemessenen Standardabweichungen über der Verfahrgeschwindigkeit (Anlage 2.2-126 bis 2.2-132)
- die gemessenen Spannweiten der Orientierungen über der aufgebrachten Last (Anlage 2.2-134 bis 2.2-141). Nicht aufgeführt sind die Spannweiten des Rollwinkels (siehe Anlage 2.1-2), weil dieser indirekt aus den übrigen Abweichungen berechnet wird. Vorausgehende Messungen ergaben /1/, daß diese Größe fehlerbehaftet sei

Im folgenden sind die wichtigsten Aussagen zu den Plots stichpunktartig zusammengefaßt (Fehlerhafte oder nichtplausible Meßwerte wurden in den Plots zu "0" gesetzt).

1. Verformung = f (Last)

- fast alle Meßwerte zeigen eine Zunahme der Verformung mit steigender Last, in der Richtung, die parallel zur Zugrichtung liegt (Bezugssystem ist hier das Meßkoordinatensystem).

Versuche	Verf.-Richtung	Zugrichtung	Anlage
2XXX0003	Y_L	$-x_R$	2.2-113/121
2XXX0002	Y_L	$-z_R$	2.2-115/123
2XXX0000(10)	x_L	Y_R	2.2-116/124

- die Zunahme der Verformung zeigt ein nichtlineares Verhalten. Sie genügt eher einer Parabel 2. Ordnung.
- eine Ausnahme bilden die Versuche 2XXX0001 mit Bahnfahrten in y_R -Richtung und einer Belastung in $-x_R$ -Richtung. Der konstante Verlauf der Meßwerte ist nicht zu erklären, obwohl die Versuchsrandbedingungen einwandfrei waren (**Anlage 2.2-110/118**)
- in der Richtung, die senkrecht zur Zugrichtung liegt, zeigen fast alle Meßwerte einen konstanten Verlauf mit zunehmender Last.

Versuche	Verf.-Richtung	Zugrichtung	Anlage
2XXX0001	Y_L	$-x_R$	2.2-111/119
2XXX0003	Y_L	$-x_R$	2.2-112/120
2XXX0000(10)	Y_L	Y_R	2.2-117/125

- eine Ausnahme bilden die Versuche 2XXX0002 mit Bahnfahrten Y_R -Richtung und einer Belastung in $-z_R$ -Richtung. Durch das Aufbringen der Last an der Roboterhand wurde ein zusätzlicher Moment erzeugt (siehe **Anlage 2.2-1**). Dieses bewirkte nicht nur eine Durchbiegung der y -Achse, sondern ebenfalls eine Verformung der z -Achse. Aus diesem Grunde ist in beiden Richtungen x_L und y_L eine Zunahme der Verformung zu erkennen (**Anlage 2.2-115/123**).
- die großen Abweichungen der Meßwerte bei Bahnfahrten 2XXX0000 (**Anlage 2.2-116/124**) sind darauf zurückzuführen, daß bei dieser Lastrichtung (**Anlage 2.2-3**) die Belastungseinrichtung nur bis zu Laststufen von 120-140 kg einwandfrei funktionierte. Bis zu diesen Laststufen erkennt man einen ähnlichen nichtlinearen Verlauf der Meßgrößen.

- alle oben genannten Aussagen gelten sowohl für die gemessenen Spannweiten, als auch für die berechneten Standardabweichungen.
- Die Spannweiten des Nick- und Gierwinkels zeigen ein den Abweichungen analoges Verhalten. Entsprechend der Zugrichtung verhält sich einer der Winkel konstant mit zunehmender Last, während der Komplementäre linear mit der Belastung zunimmt. Eine Ausnahme ist der Versuch 2XXX0002 (siehe Anlage 2.2-134 bis 2.2-137).

2. Verformung = f (Verfahrgeschwindigkeit)

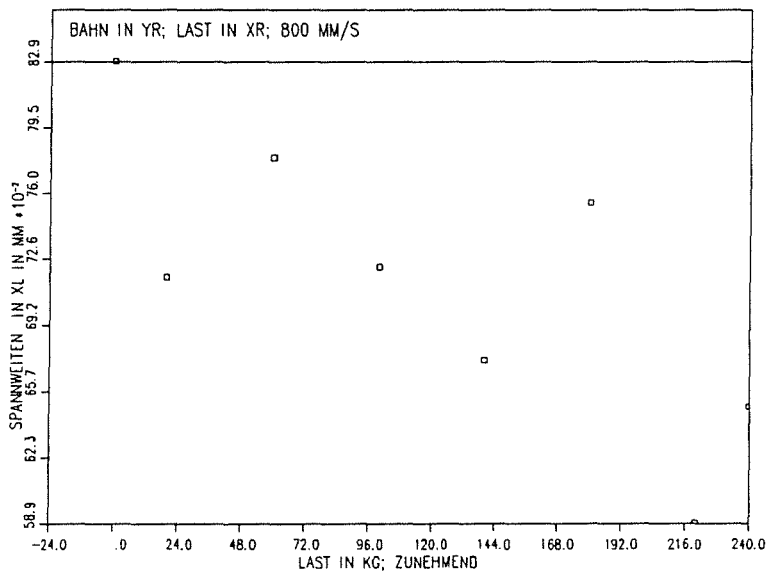
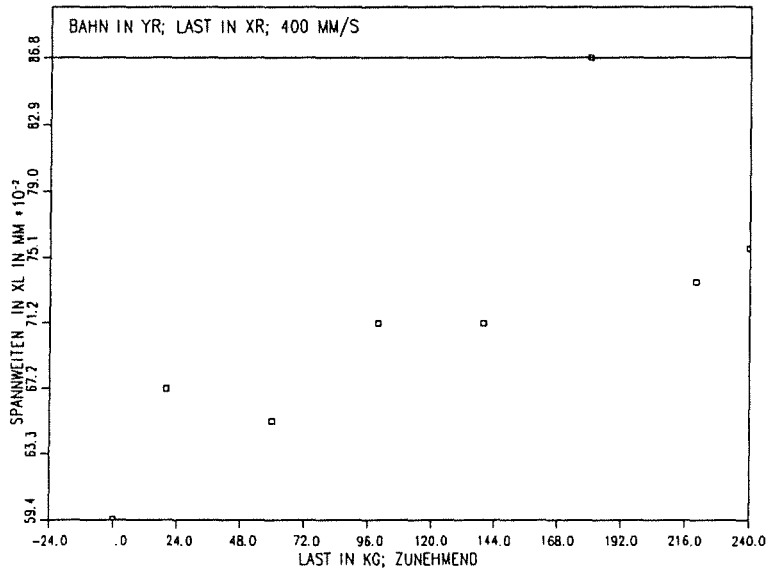
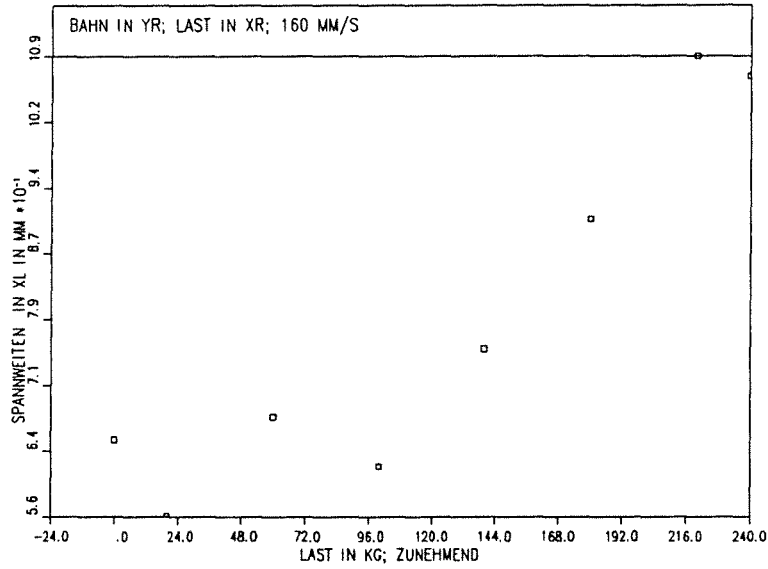
- In Anlage 2.2-126/133 sind die berechneten Standardabweichungen über den gefahrenen Geschwindigkeitsstufen aufgetragen. Aus allen Plots kann man entnehmen, daß die Verformung konstant über dem gesamten Geschwindigkeitsbereich sind. Ein weiteres Untersuchungsziel wären Versuche, mit mehr Geschwindigkeitsstufen zur Unterstützung der oben genannten Aussage.
- Die Spannweiten der Orientierungen des Nick- und Gierwinkels aufgetragen über den gefahrenen Geschwindigkeitsstufen zeigen einen konstanten Verlauf analog zu den oben genannten Abweichungen. Aus diesem Grunde wurden diese Meßgrößen hier nicht mehr dargestellt.

FILE= XL001MX (:US2 :\$UDD : .SCHY : XL001MX)

USER= .SCHY

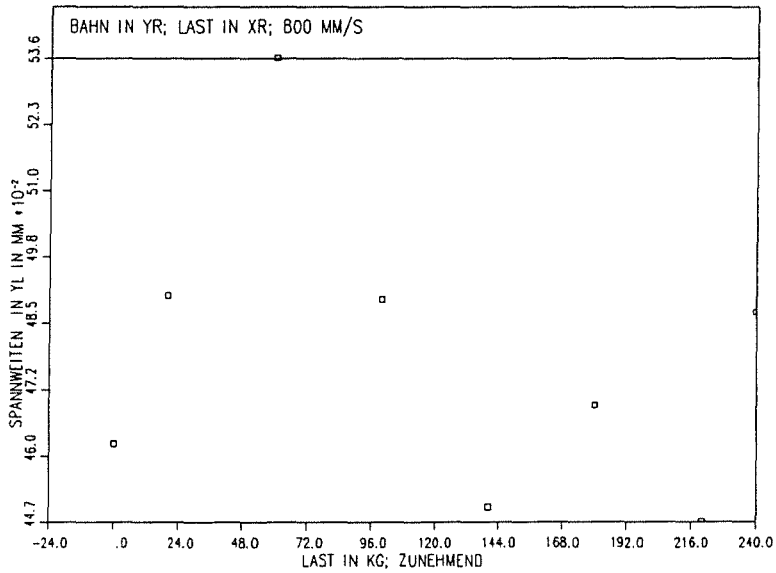
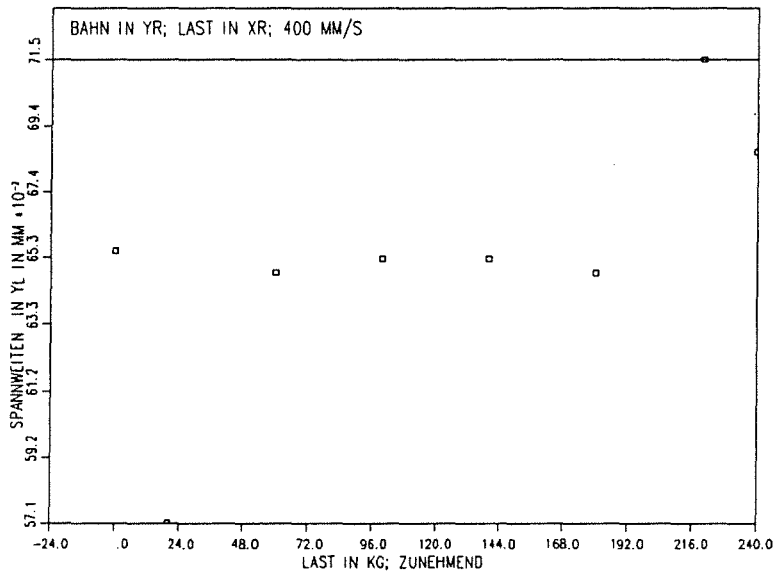
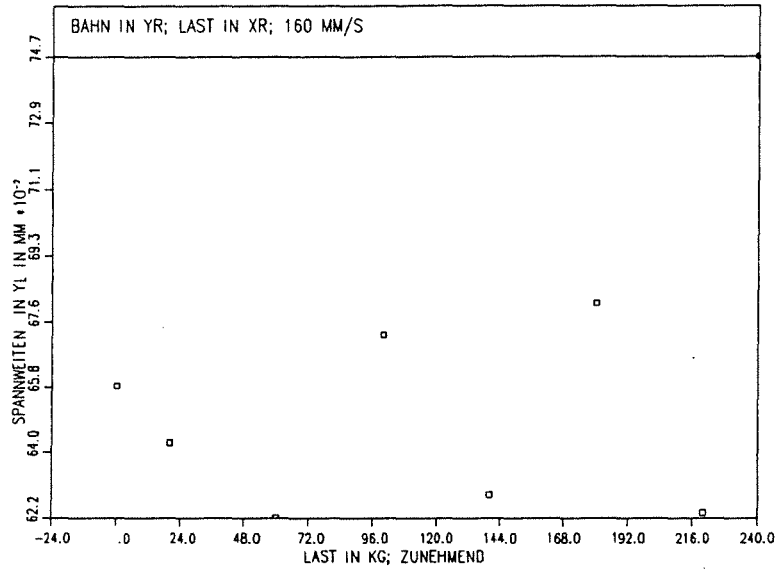
11:12:26

5. 2. 1991



SPANNWEITEN IN XL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0001

Anlage 2.2-110



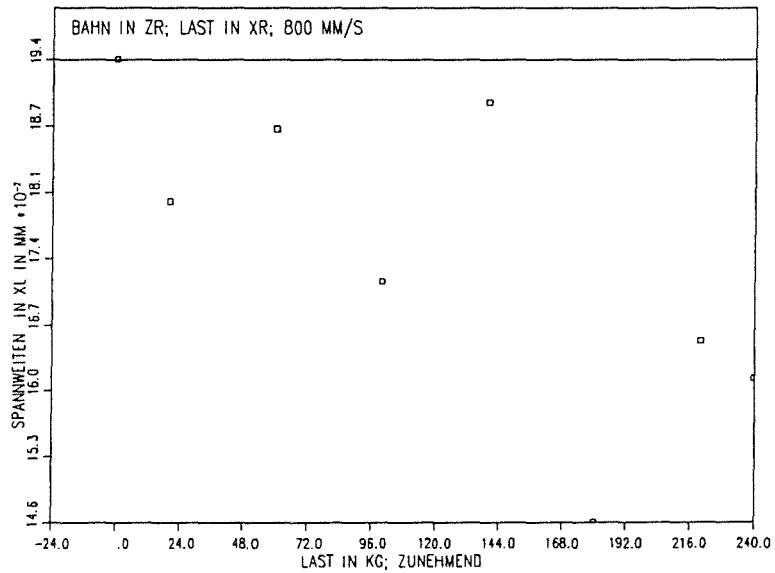
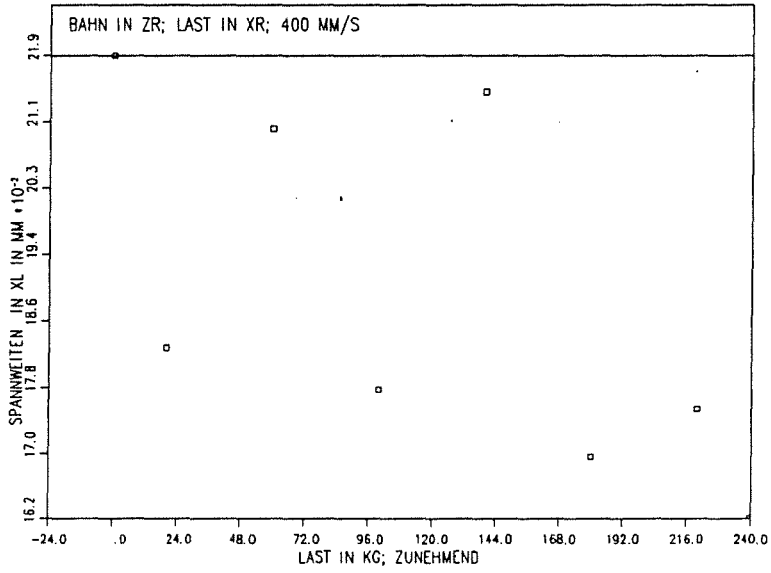
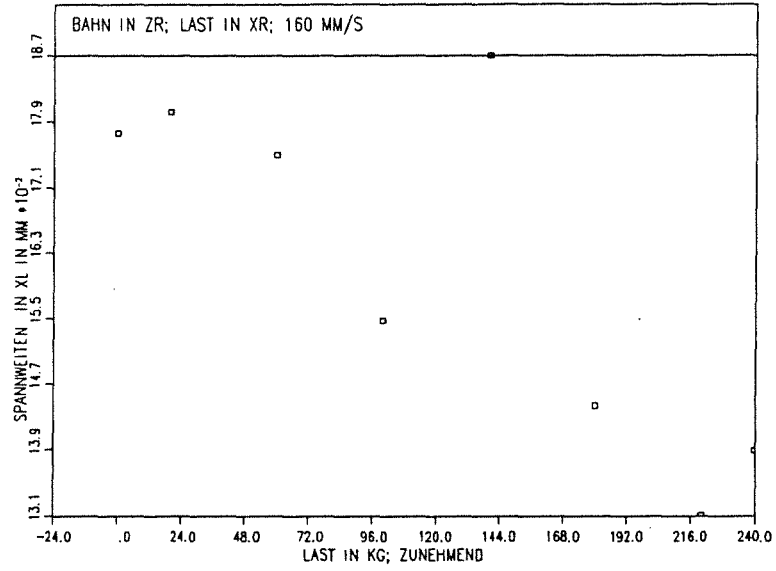
b. 2.1991 11:14:00 USER= .SCHY FILE= YL001MX (:USC :+000 : .DELTA : TL00000A)

SPANNWEITEN IN YL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0001



FILE= XL003MX (:US2:\$UDD: .SCHY:XL003MX)

6. 2. 1991 12:44:50 USER= .SCHY

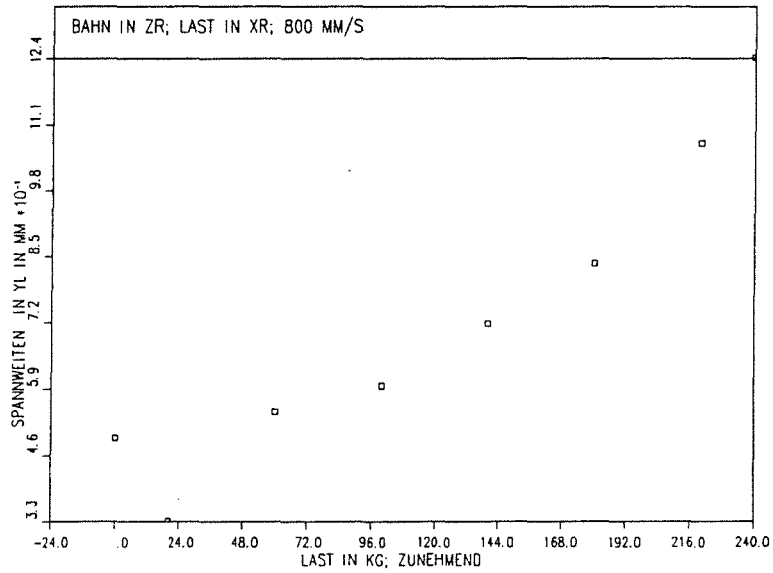
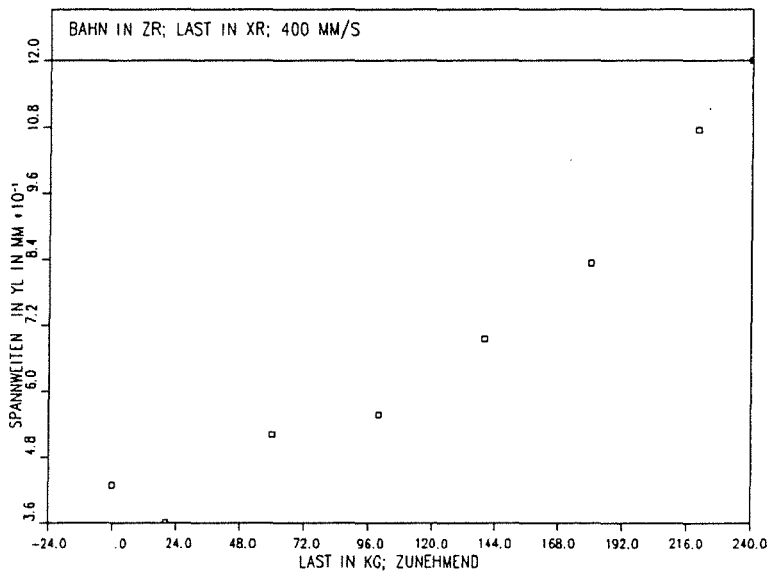
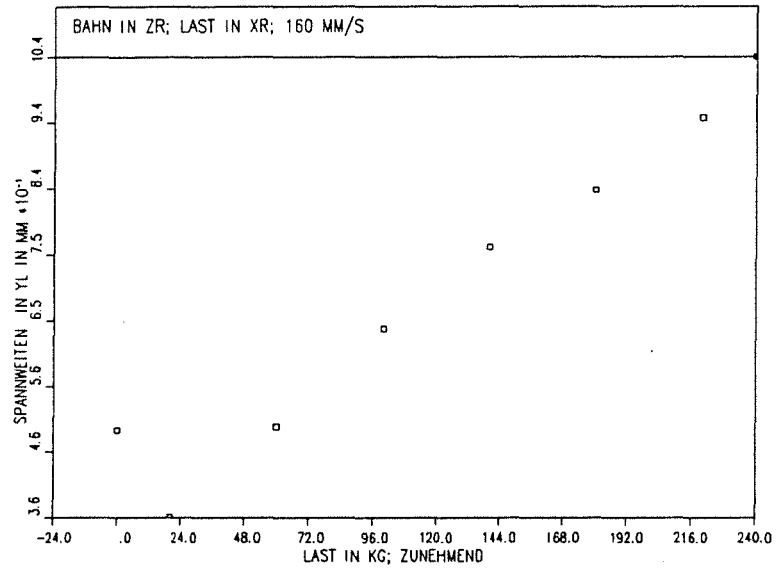


SPANNWEITEN IN XL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0003

FILE= YL003MX (:US2:\$UDD:.\$SCHY:YL003MX)

12:45:04 USER= .SCHY

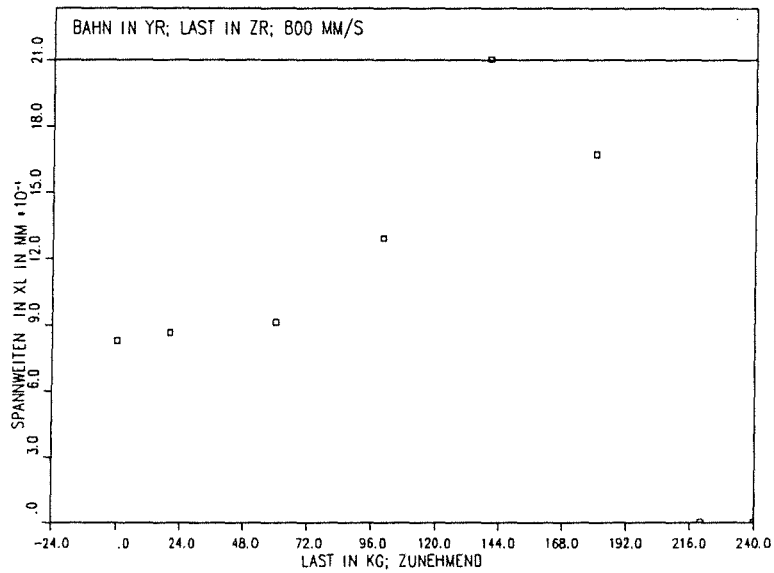
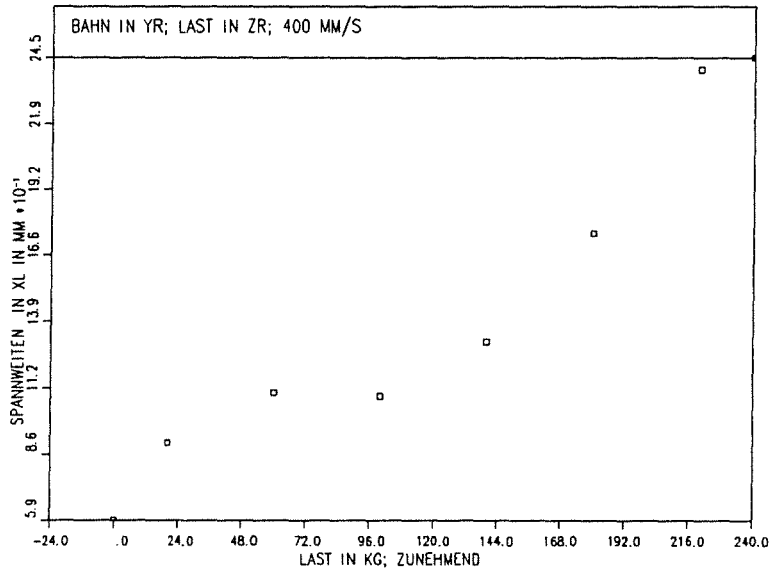
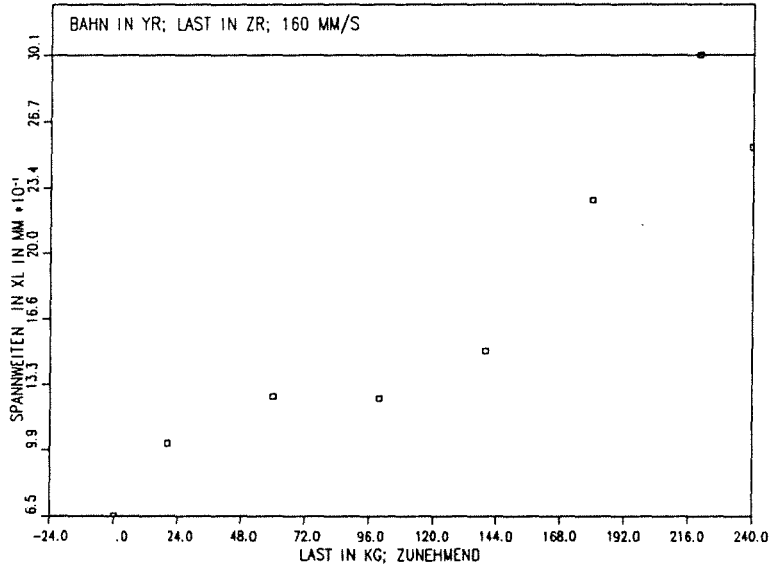
6. 2. 1991



SPANNWEITEN IN YL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0003

FILE= XL002MX (:US2:\$JDD:.SCHY:XL002MX)

6. 2. 1991 11:12:49 USER= .SCHY



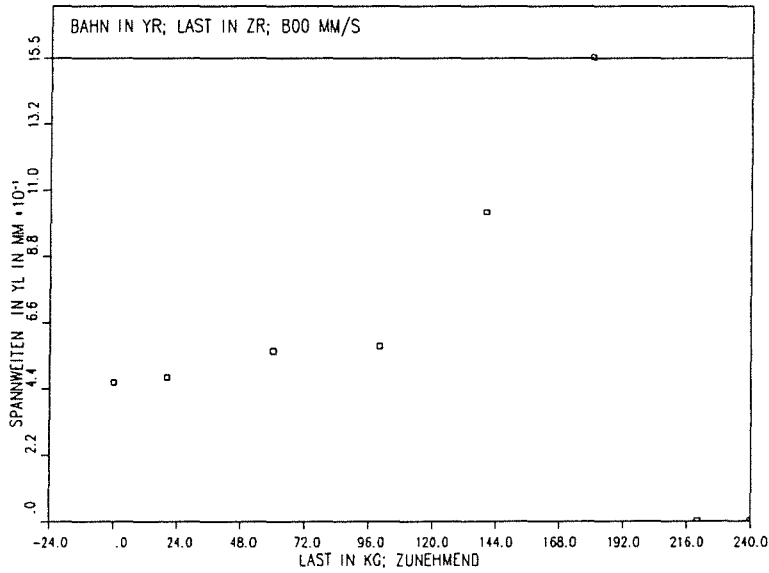
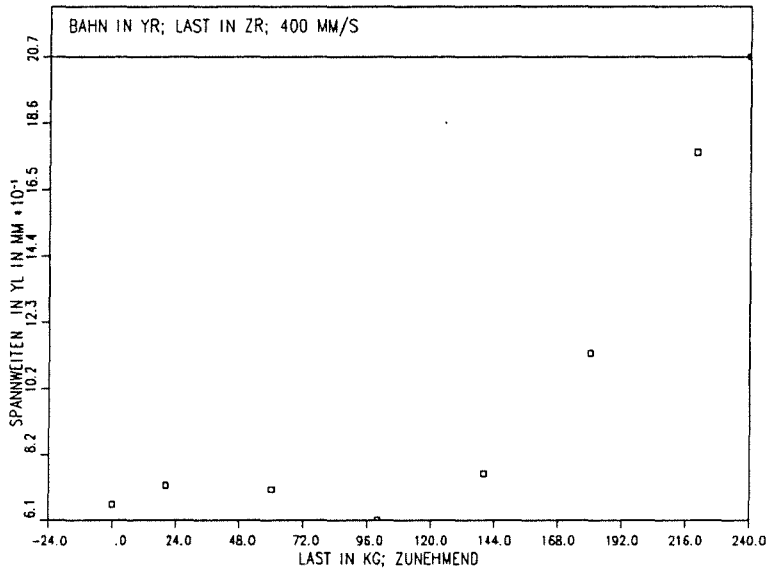
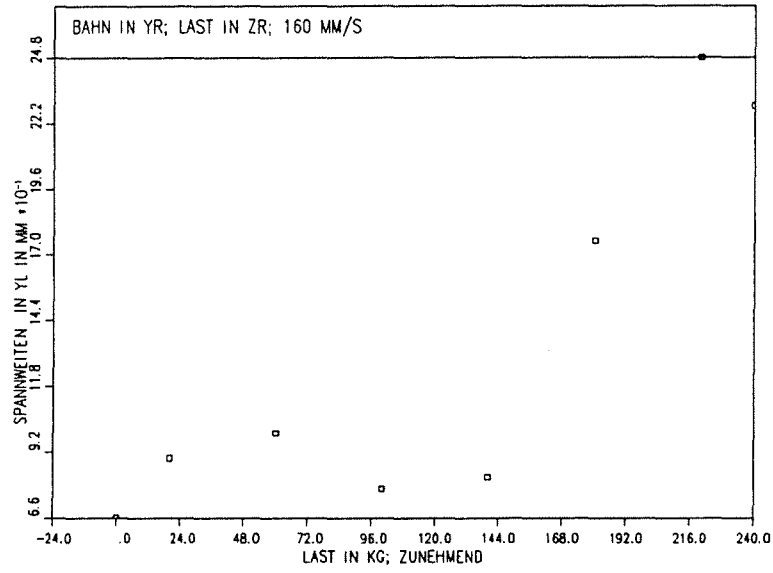
SPANNWEITEN IN XL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0002

FILE= YL002MX (:US2:\$UDD: .SCHY: YL002MX)

USER= .SCHY

11:14:14

6. 2. 1991



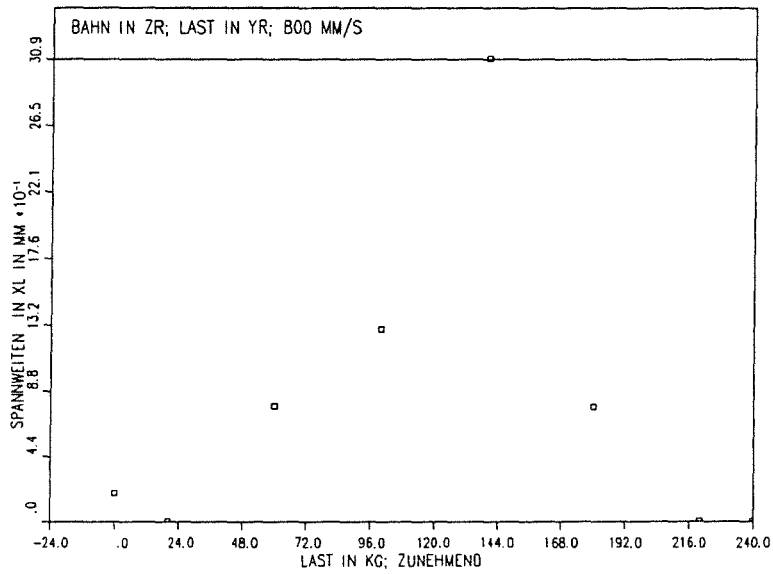
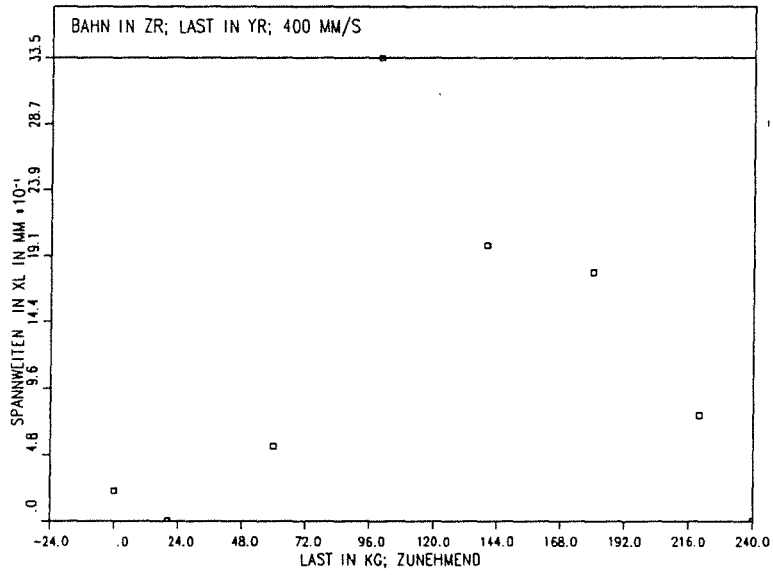
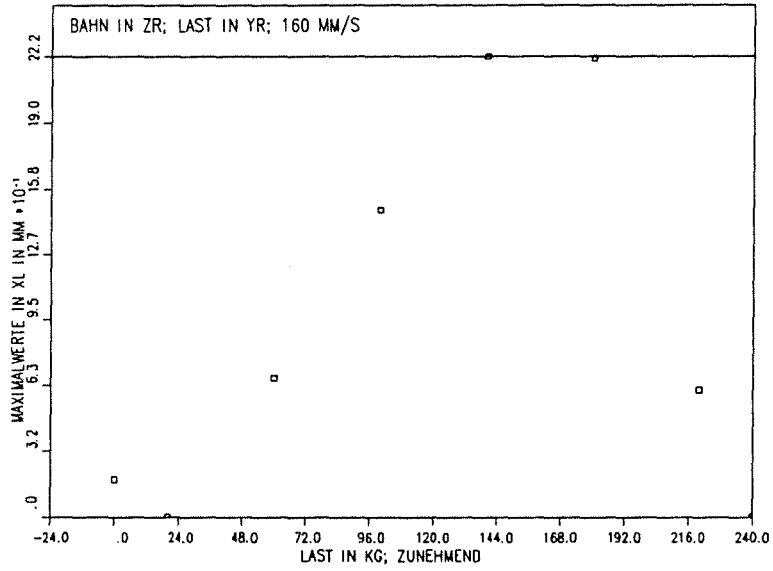
SPANNWEITEN IN YL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0002

FILE= XL000MX (:US2:\$UD0:.SCHY:XL000MX)

USER= .SCHY

12:49:33

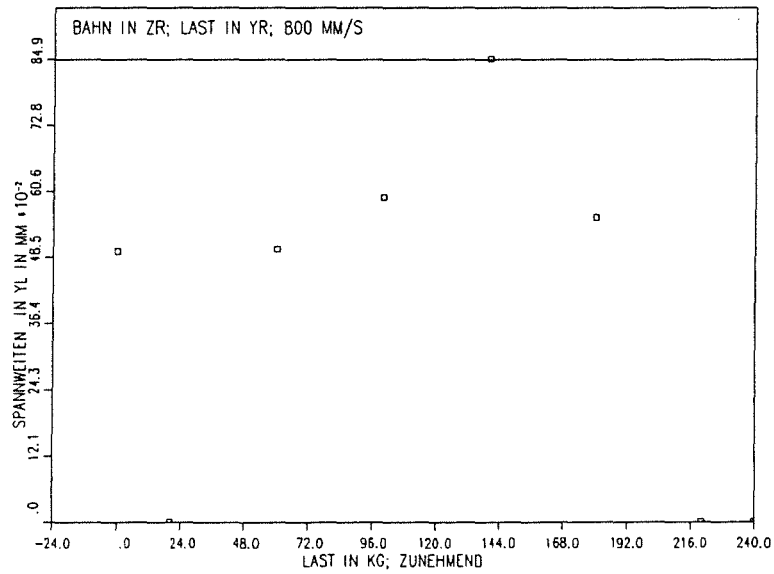
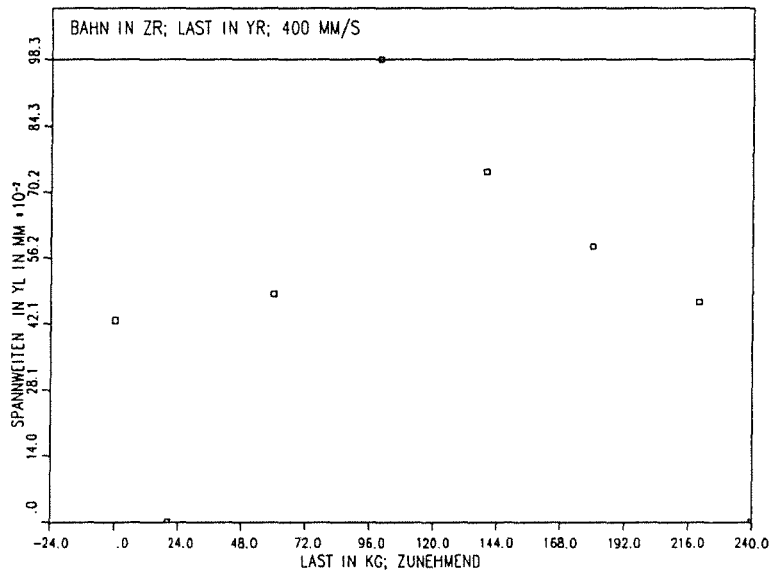
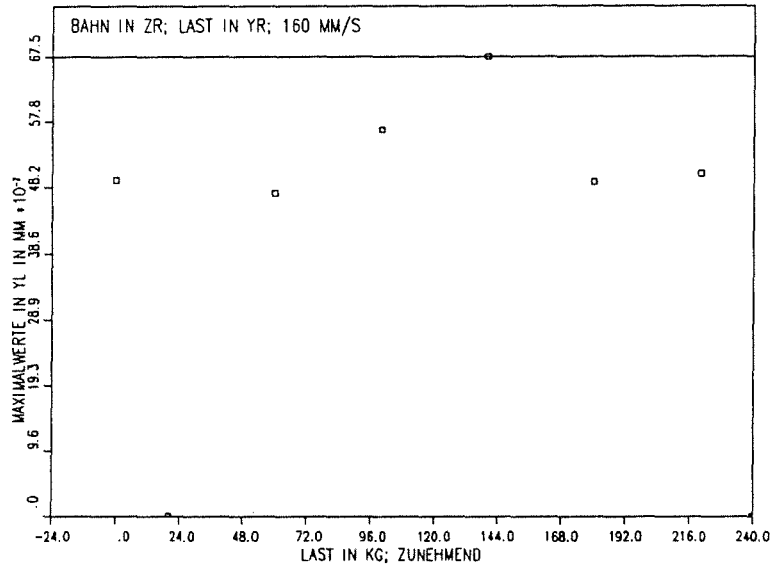
6. 2. 1991



SPANNWEITEN IN XL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN: 2XXX0000

FILE= YL000MX (:US2:\$JDD:.SCHY:YL000MX)

6. 2. 1991 12:49:45 USER= .SCHY



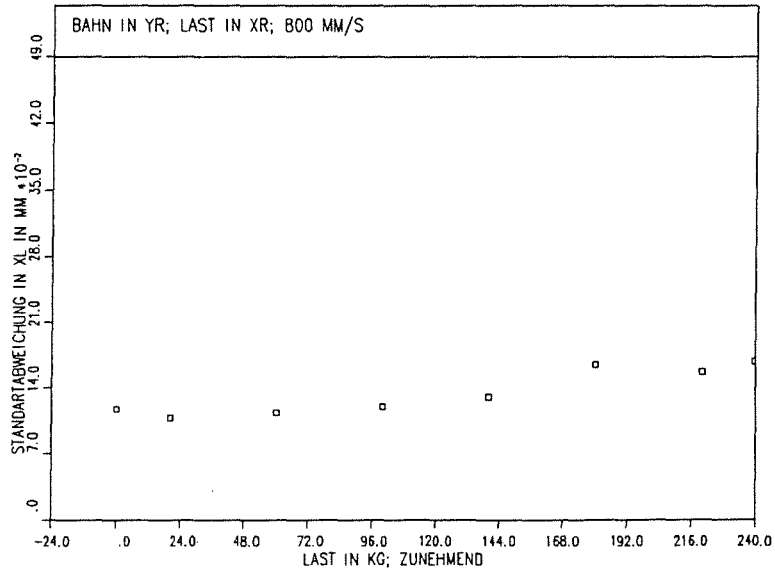
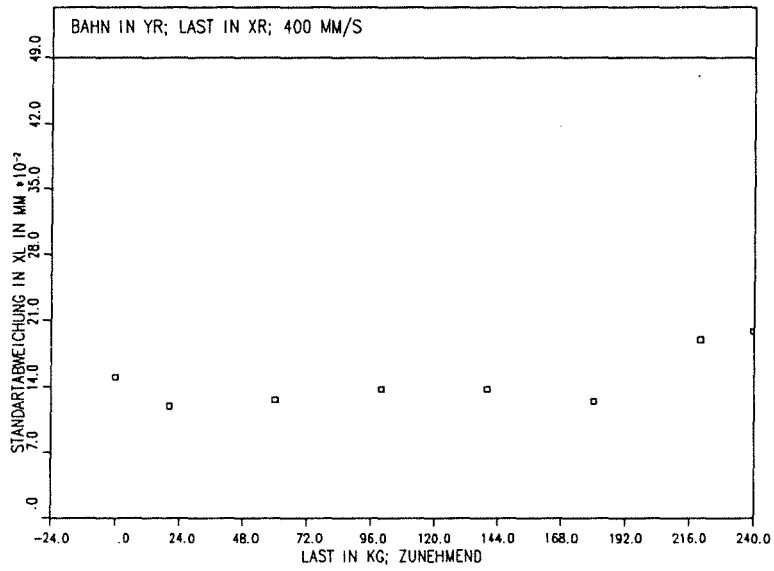
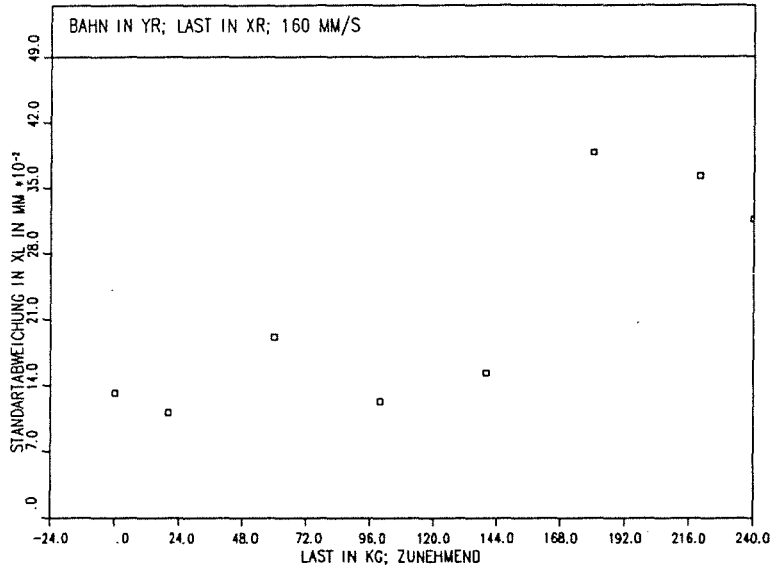
SPANNWEITEN IN YL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN: 2XXX0000

FILE= XL001 (:U52:\$UDD: .SCHY:XL001)

USER= .SCHY

15:44:01

25. 1.1991



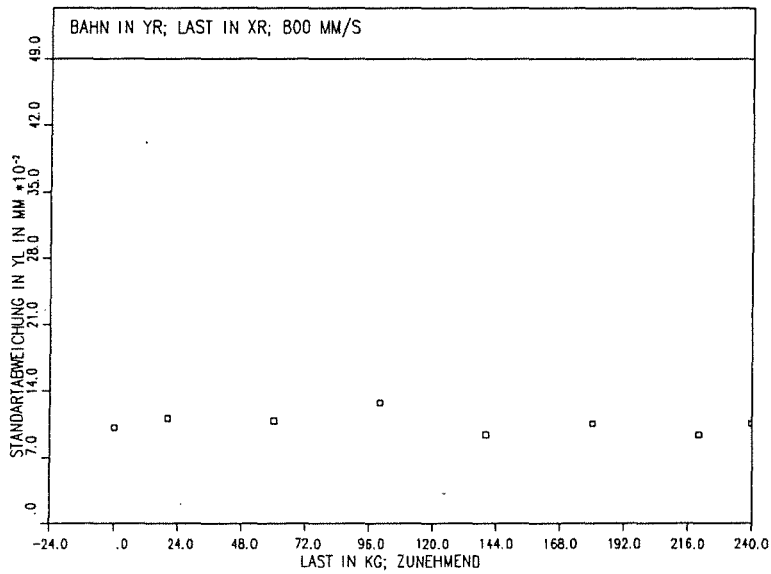
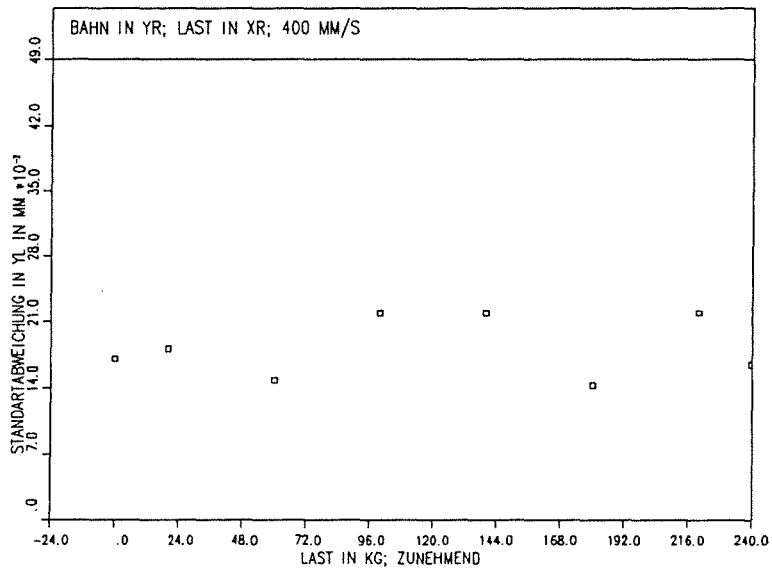
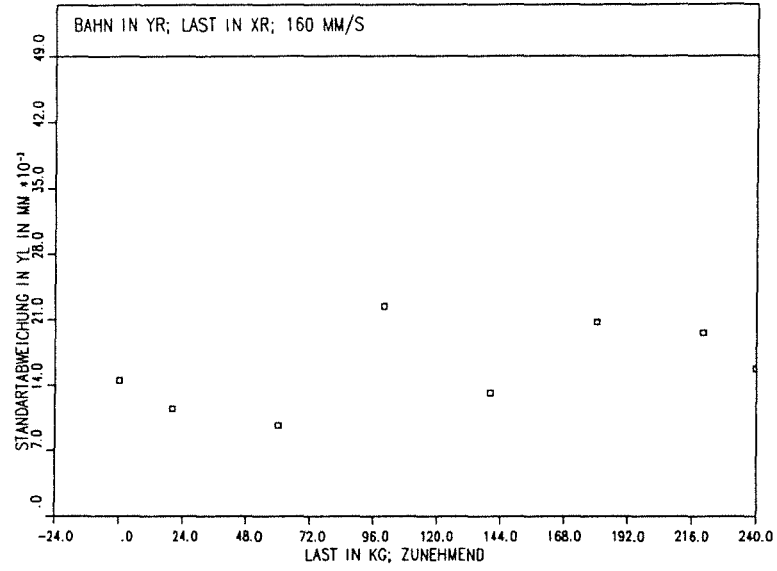
STANDARTABWEICHUNG IN XL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0001

FILE= YL001 (:US2:\$UDD:.\$SCHY:YL001)

USER= .SCHY

15:44:39

25. 1.1991



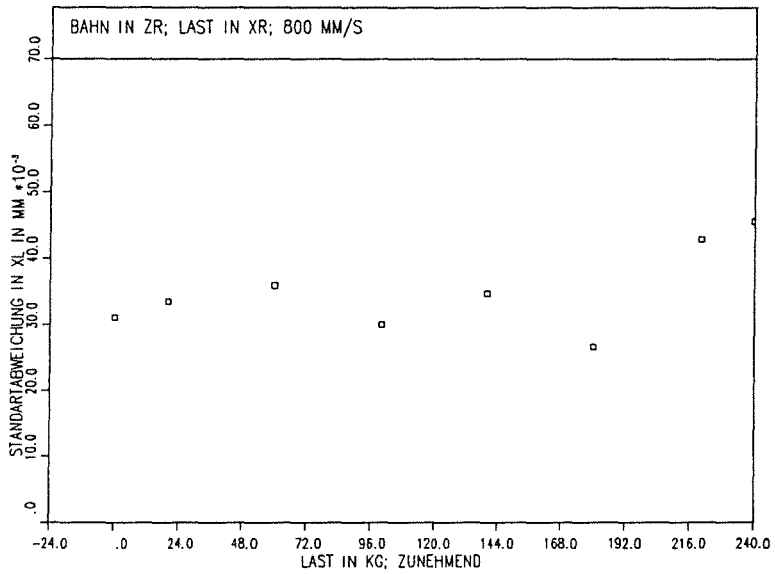
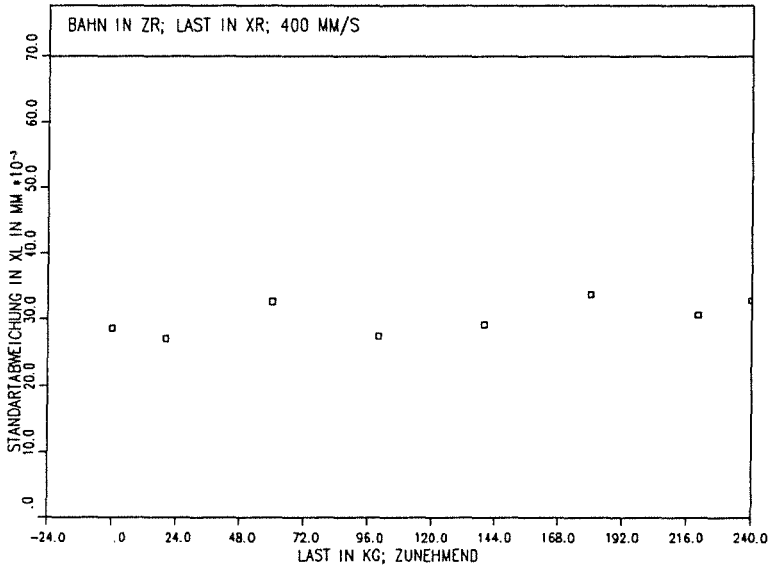
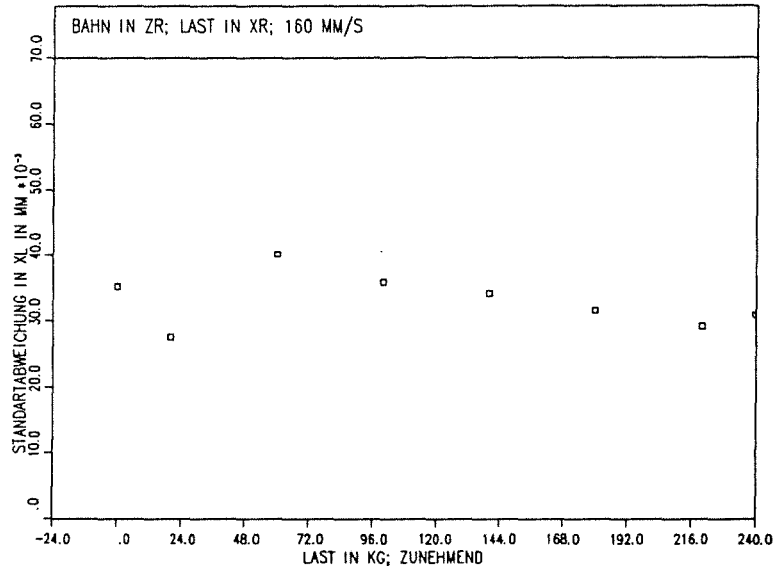
STANDARTABWEICHUNG IN YL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0001

FILE= XL003 (:US2:\$UDD:.\$SCHY:XL003)

USER= .SCHY

15:44:14

25. 1.1991



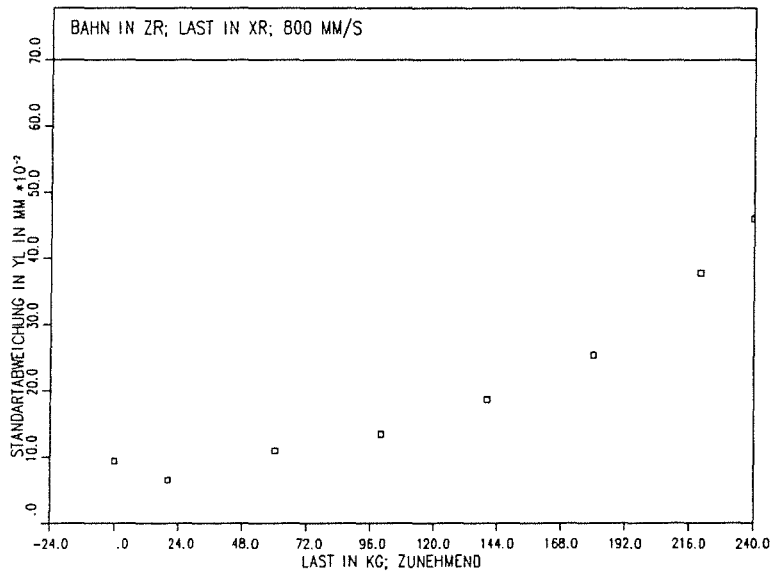
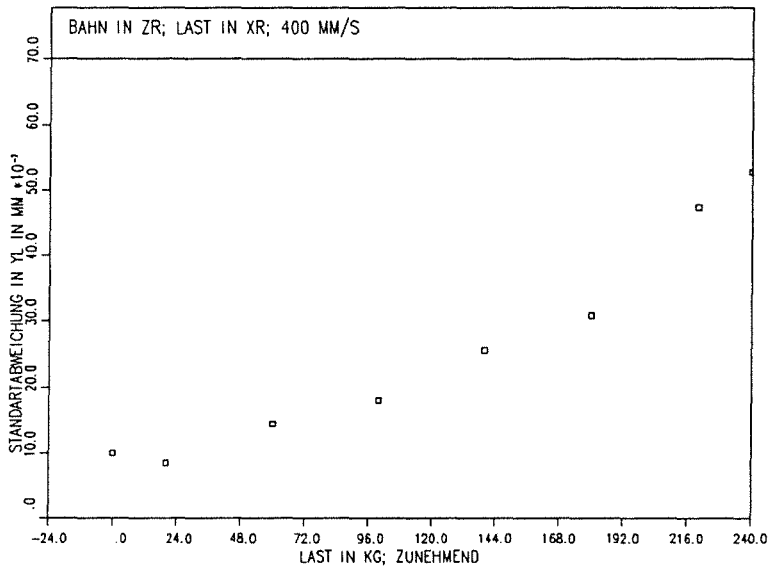
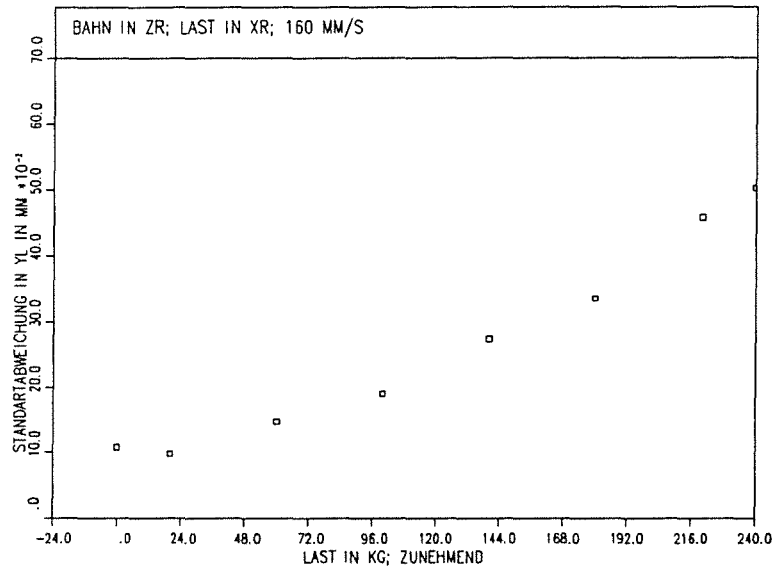
STANDARTABWEICHUNG IN XL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0003

FILE= YL003 (:US2:\$UDD:.\$SCHY:YL003)

USER= .SCHY

15:44:55

25. 1. 1991



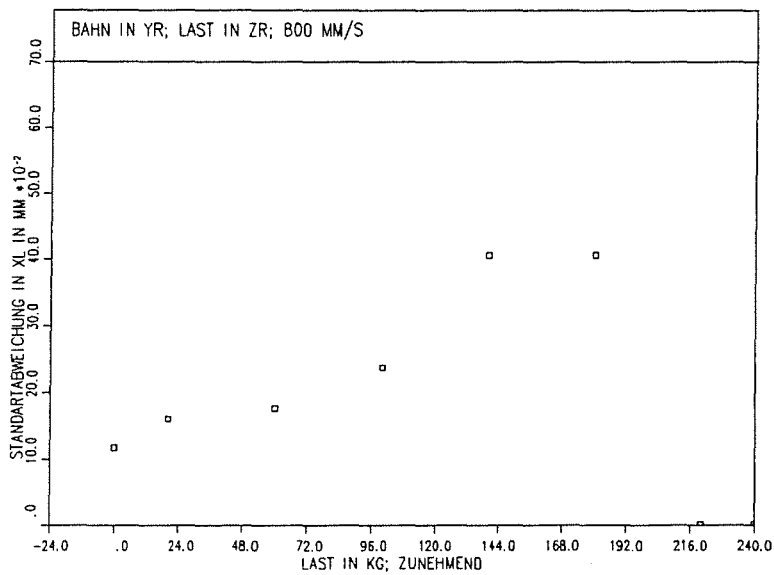
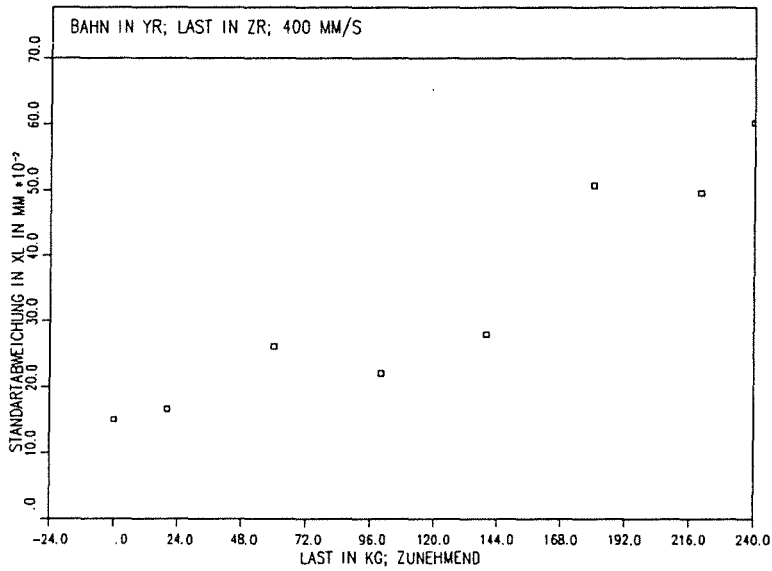
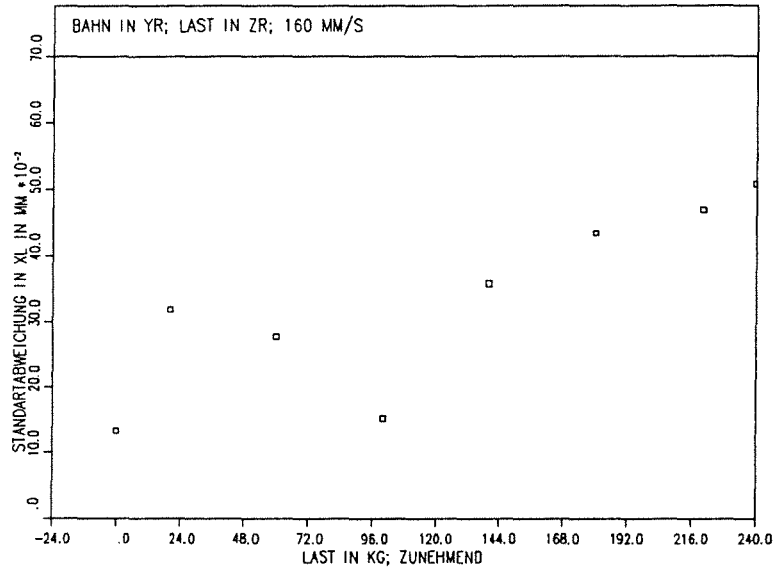
STANDARTABWEICHUNG IN YL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0003

FILE= XL002 (:US2:\$UDD:.\$SCHY:XL002)

USER= .SCHY

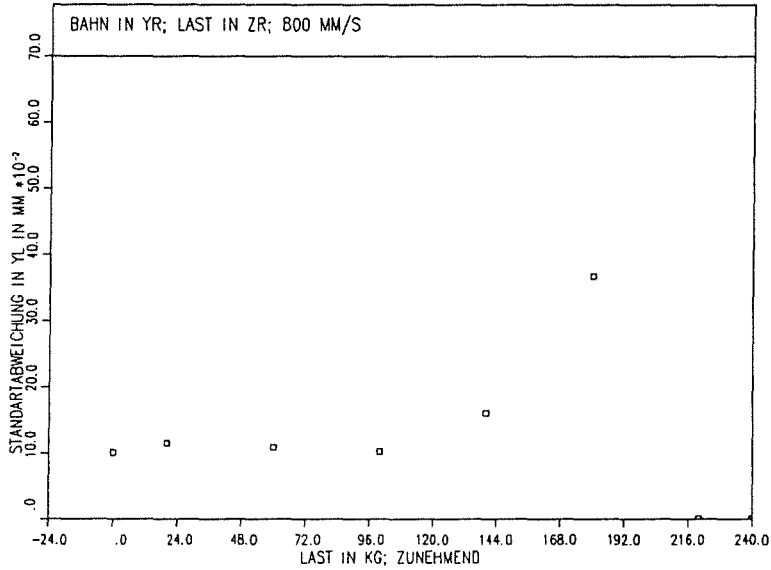
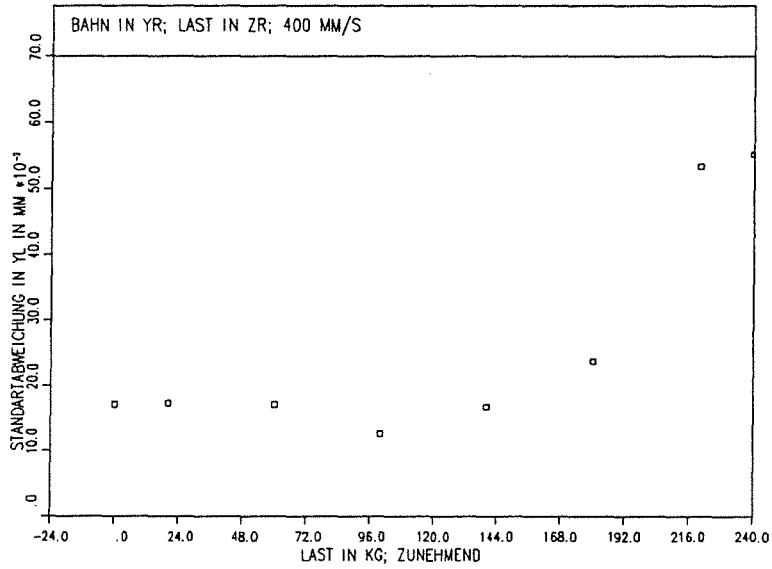
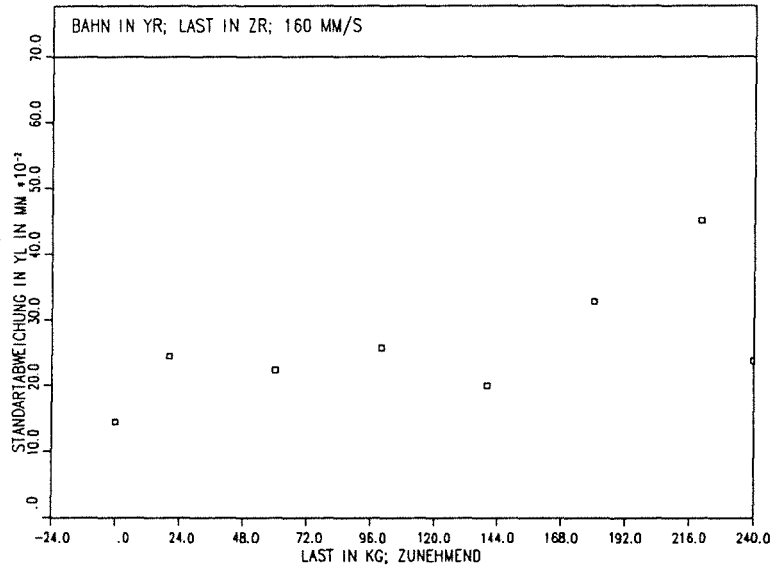
15:44:08

25. 1. 1991



STANDARTABWEICHUNG IN XL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0002

25. 1. 1991 15:44:48 USER= .SCHY FILE= YL002 (:US2:\$UDD: .SCHY:YL002)



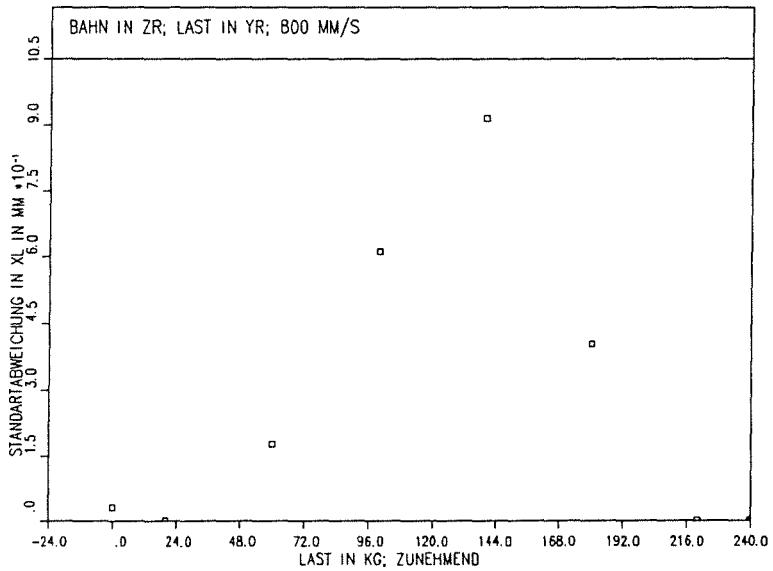
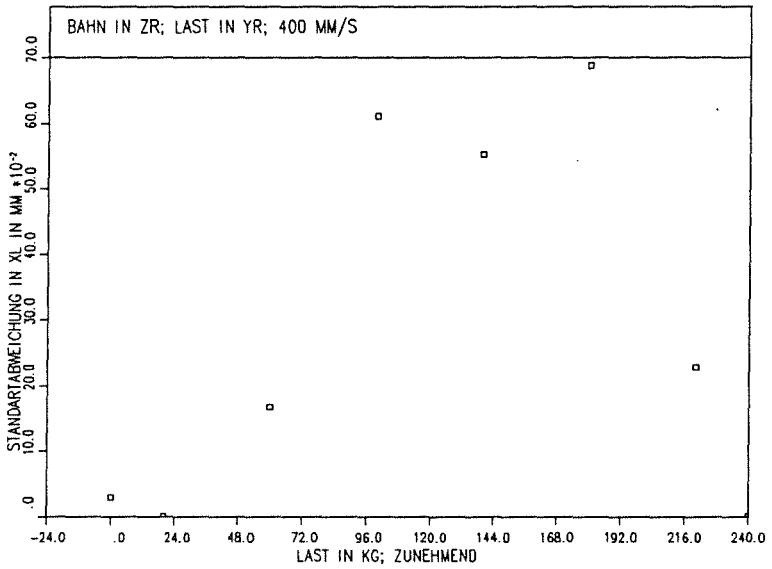
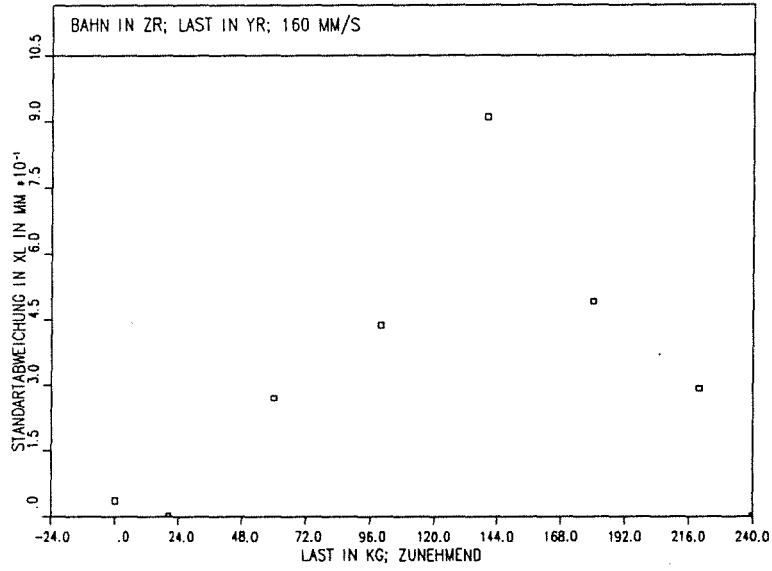
STANDARTABWEICHUNG IN YL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0002

FILE= XL000 (:US2:\$UDD: .SCHY:XL000)

USER= .SCHY

15:43:53

25. 1.1991



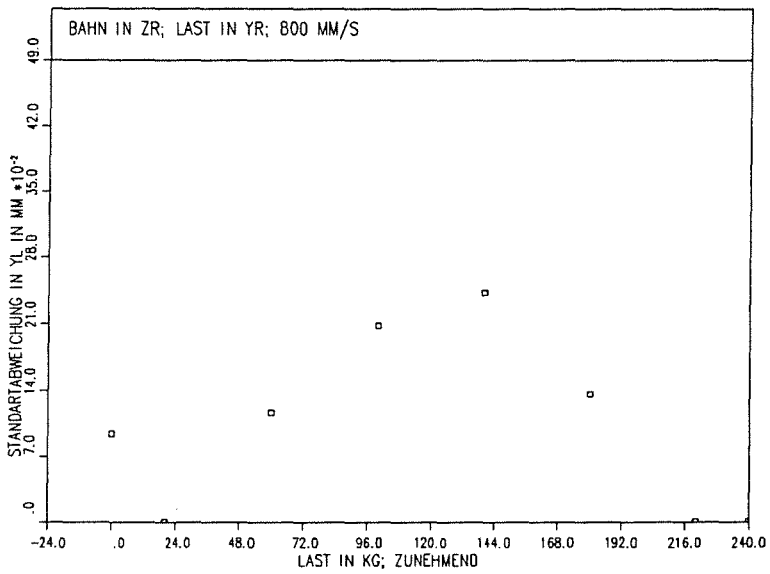
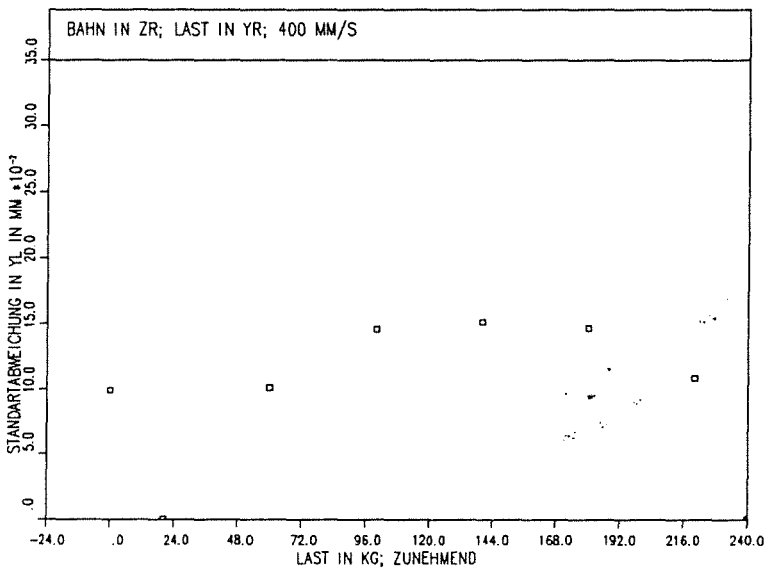
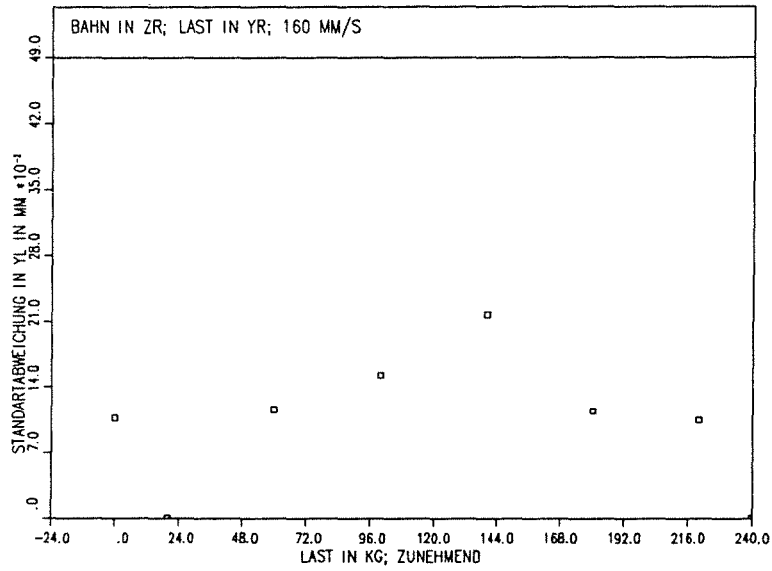
STANDARTABWEICHUNG IN XL-RICHTUNG
BAHNFAHRTEN: 2XXX0000

FILE= YL000 (:US2:\$UDD: .SCHY:YL000)

USER= .SCHY

15:44:31

25. 1.1991



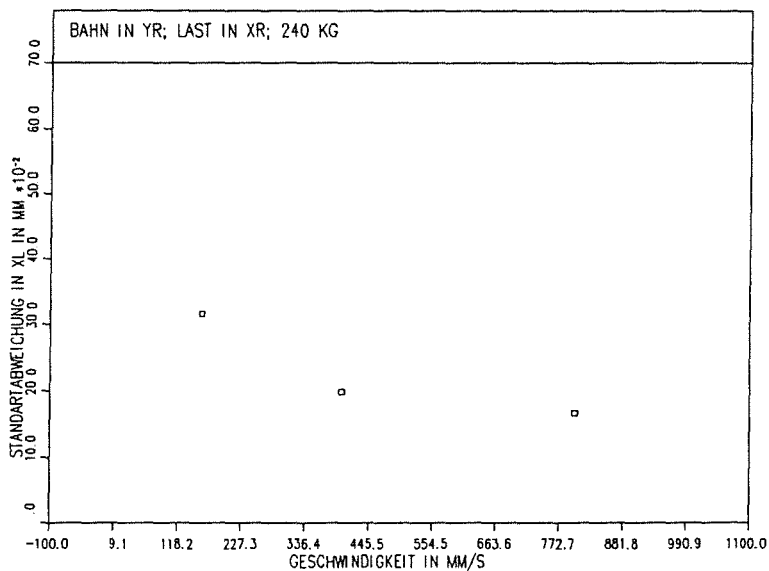
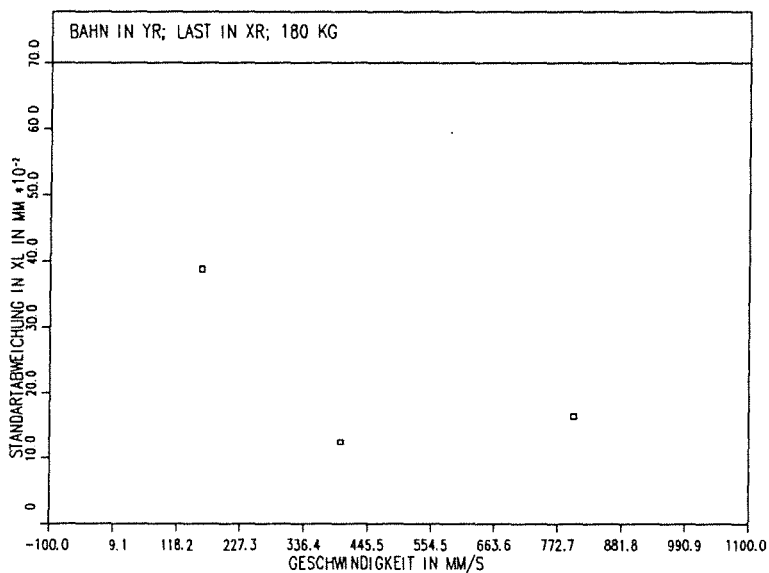
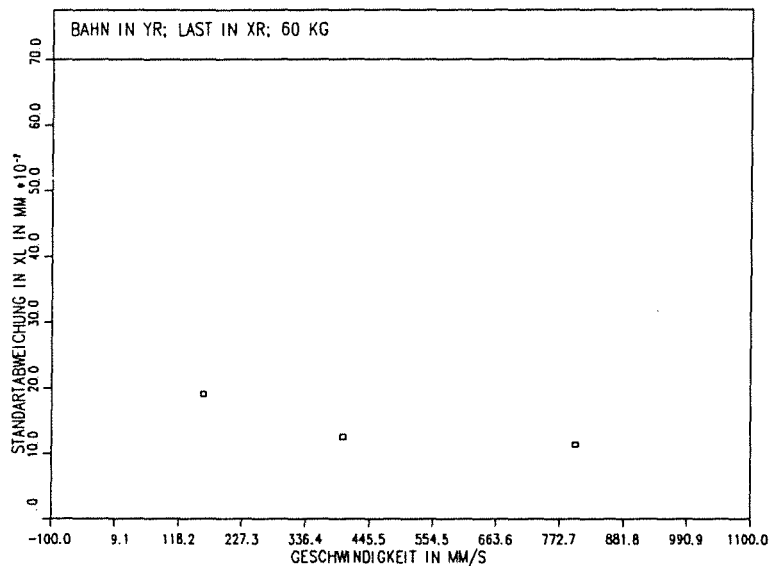
STANDARTABWEICHUNG IN YL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN: 2XXX0000

FILE= XL001GE (:US2:\$UDD:.SCHY:XL001GE)

USER= .SCHY

10:50:56

31. 1. 1991



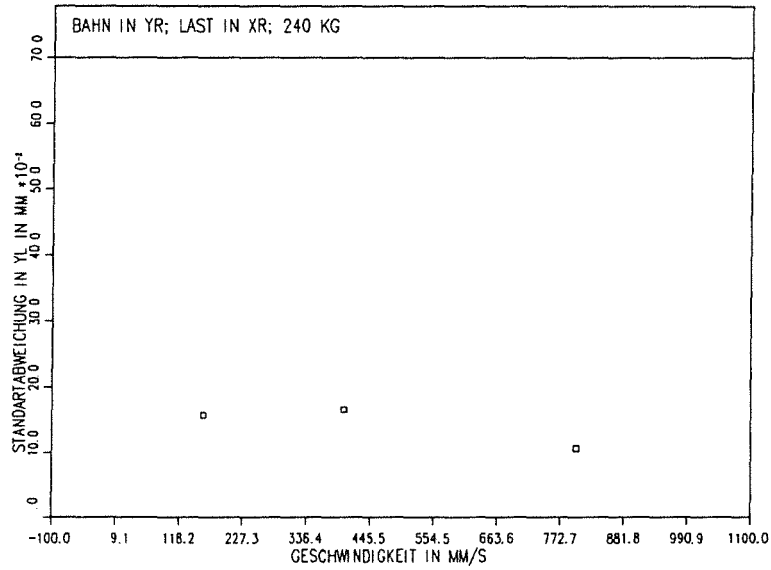
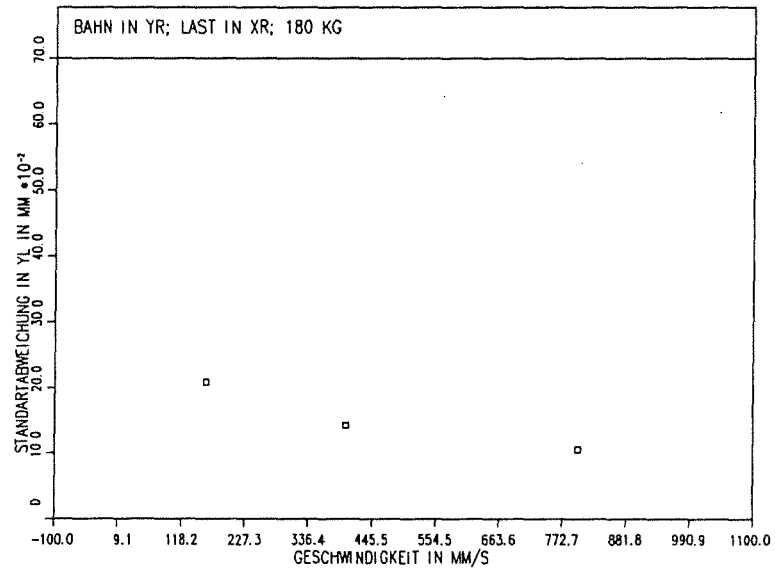
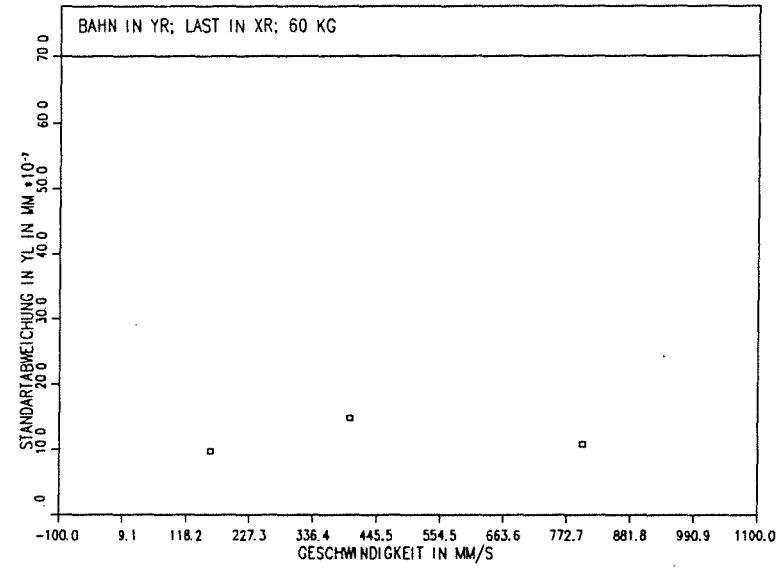
STANDARTABWEICHUNG IN XL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0001

FILE= YL0016E (:US2:\$UDD:.SCHY:YL0016E)

USER= .SCHY

10:51:47

31. 1.1991



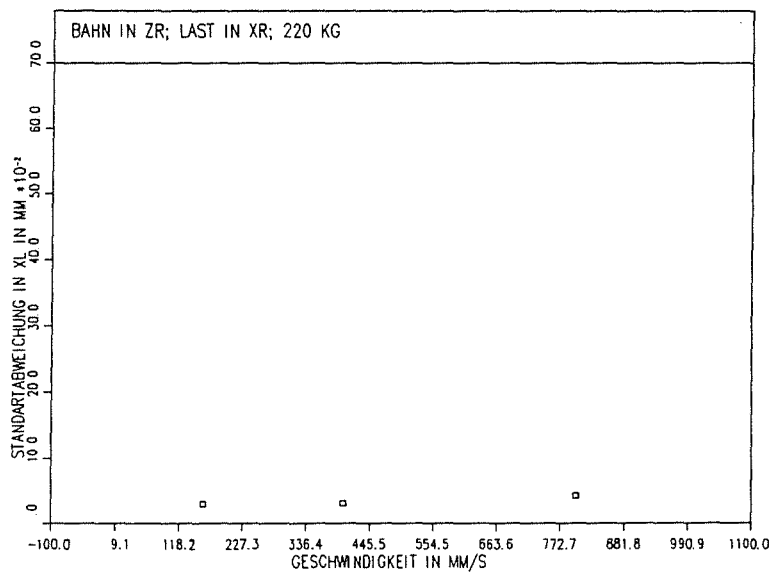
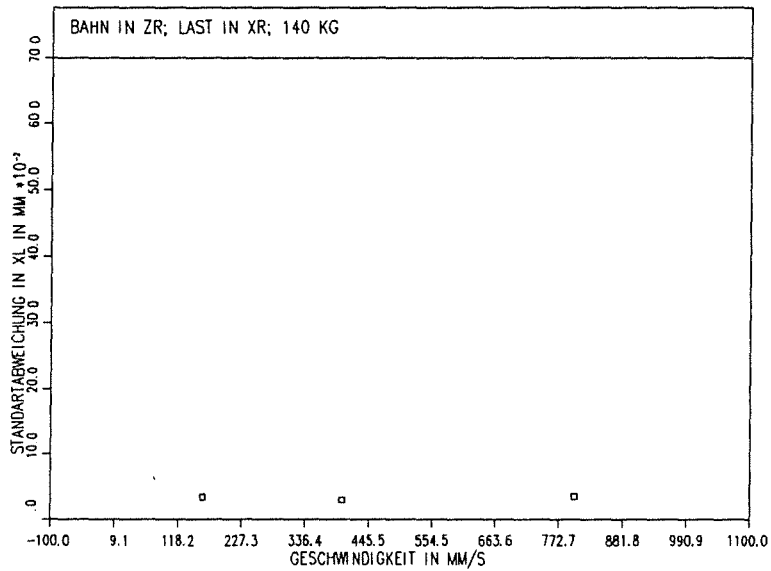
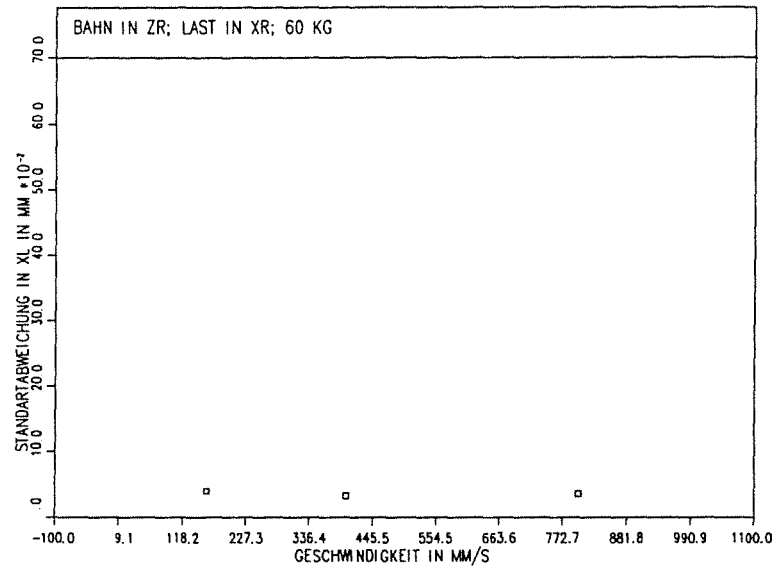
STANDARTABWEICHUNG IN YL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0001

FILE= XL0036E (:US2:\$UDD: .SCHY:XL0036E)

USER= .SCHY

10:51:12

31. 1.1991



STANDARTABWEICHUNG IN XL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0003

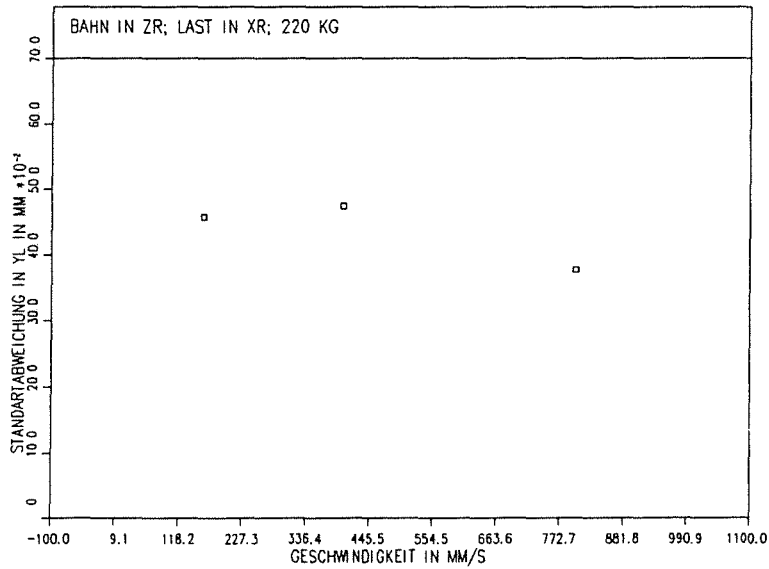
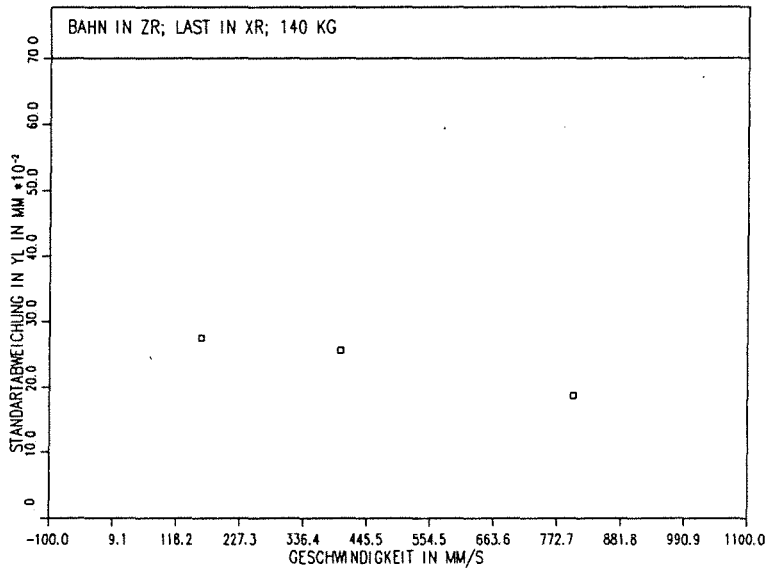
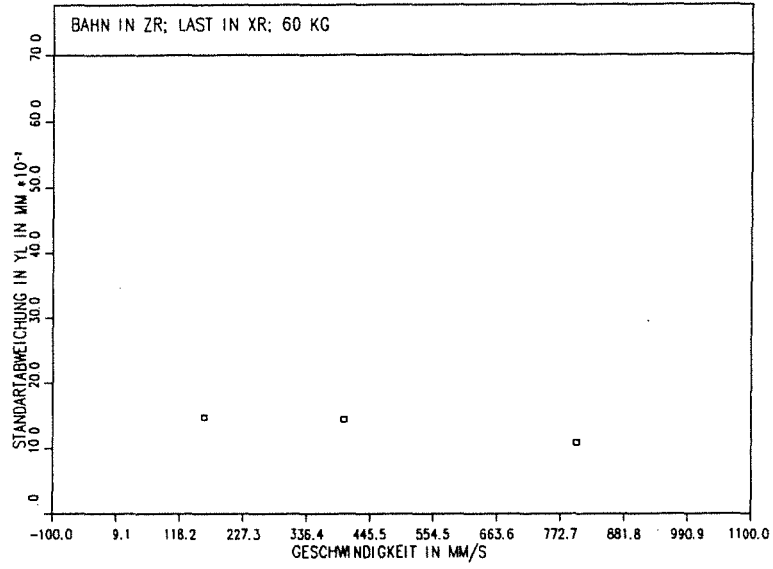
Anlage 2.2-128

FILE= YL0036E (:US2:\$UDD: .SCHY: YL0036E)

USER= .SCHY

10:52:04

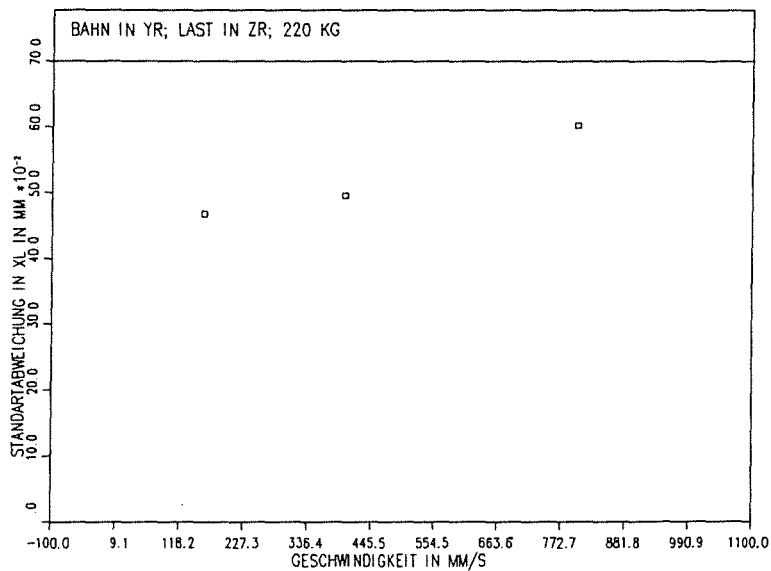
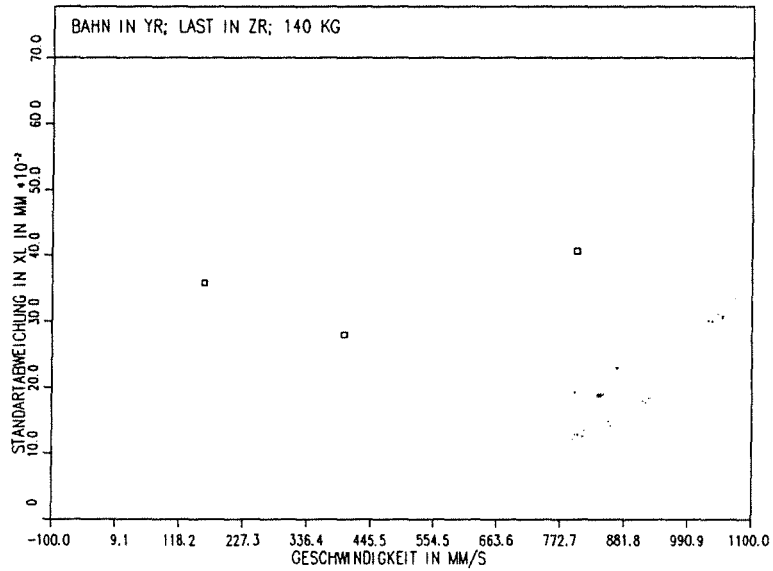
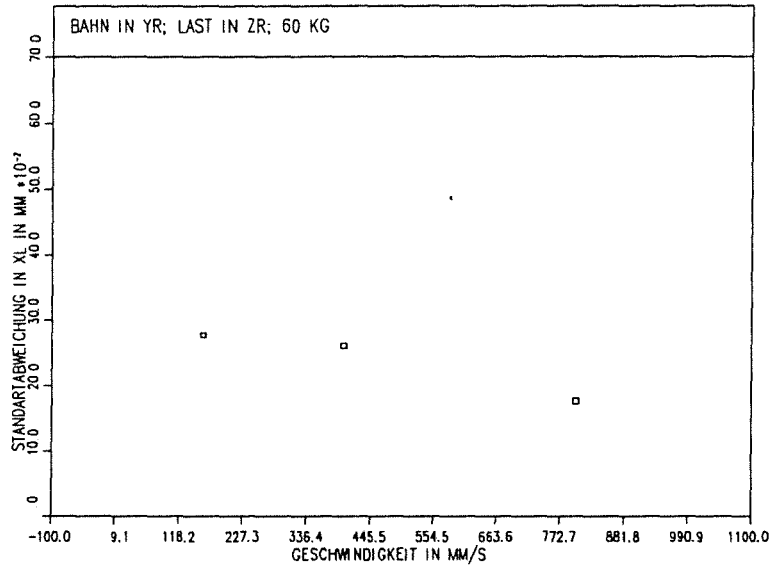
31. 1. 1991



STANDARTABWEICHUNG IN YL-RICHTUNG BAHNFahrTEN : 2XXX0003

FILE= XL0026E (:US2:\$UDD: .SCHY:XL0026E)

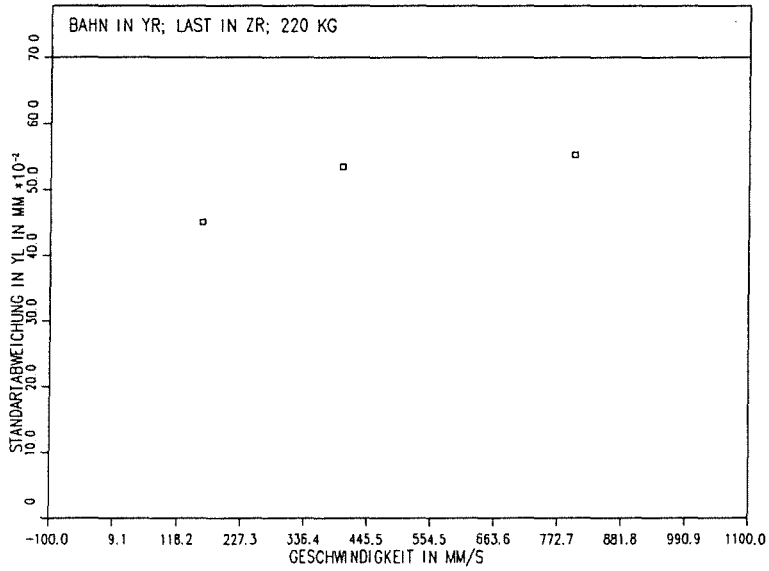
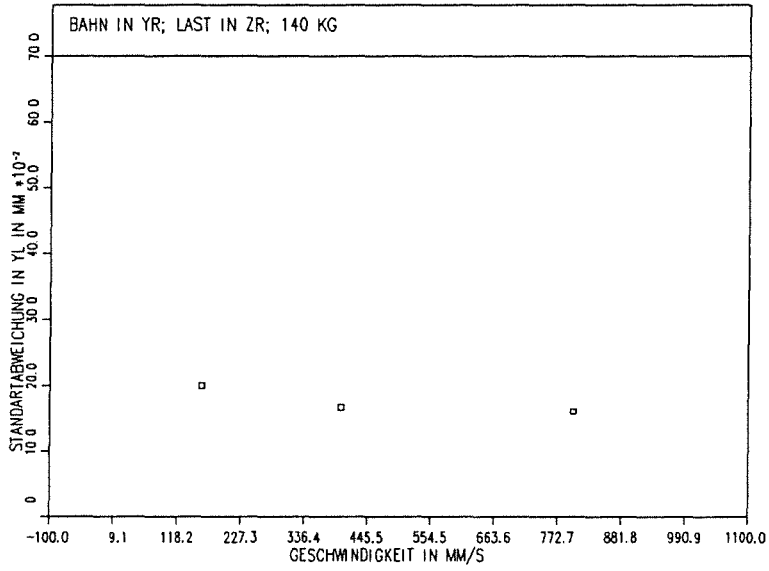
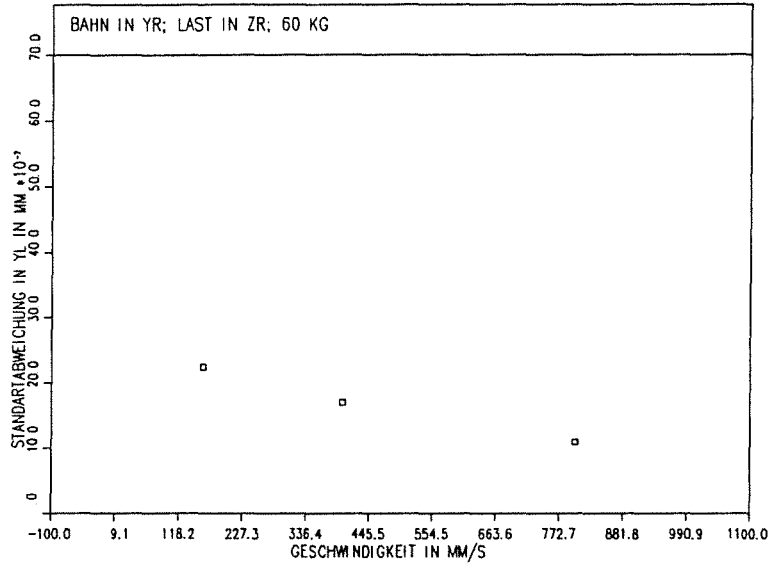
31. 1.1991 10:51:04 USER= .SCHY



STANDARTABWEICHUNG IN XL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0002

FILE= YL0026E (:US2:\$UDD: .SCHY:YL0026E)

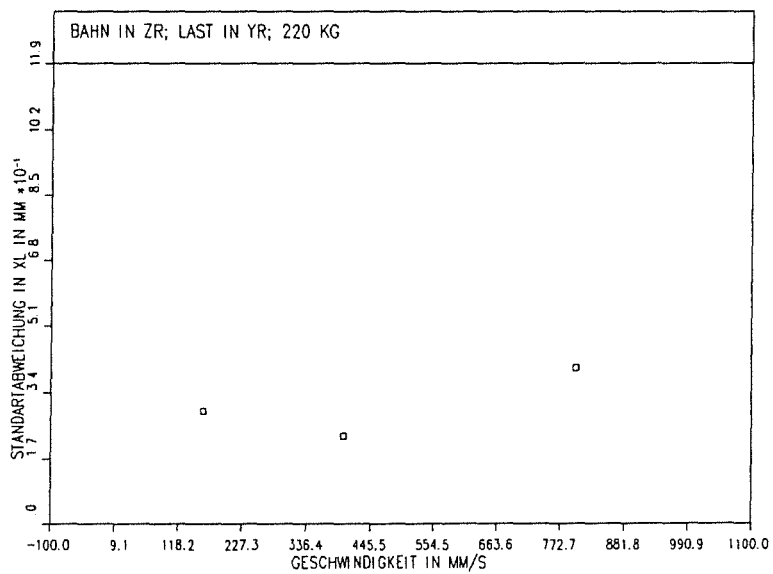
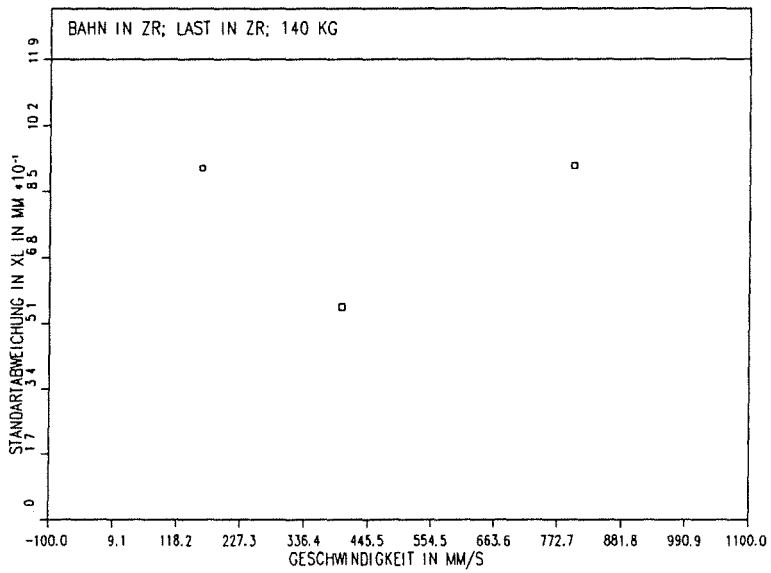
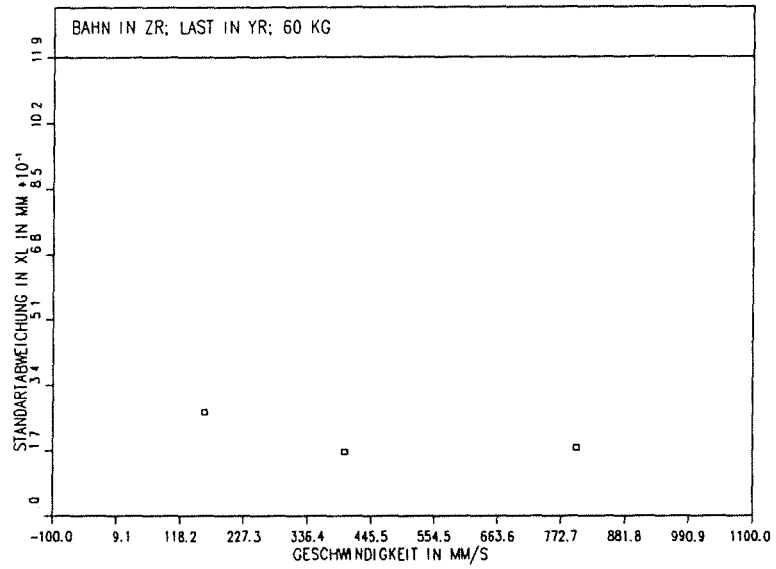
31. 1.1991 10:51:56 USER= .SCHY



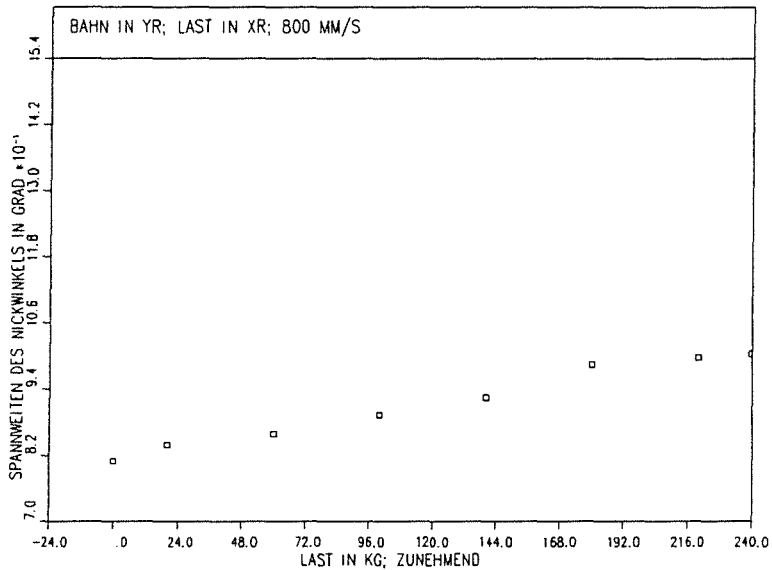
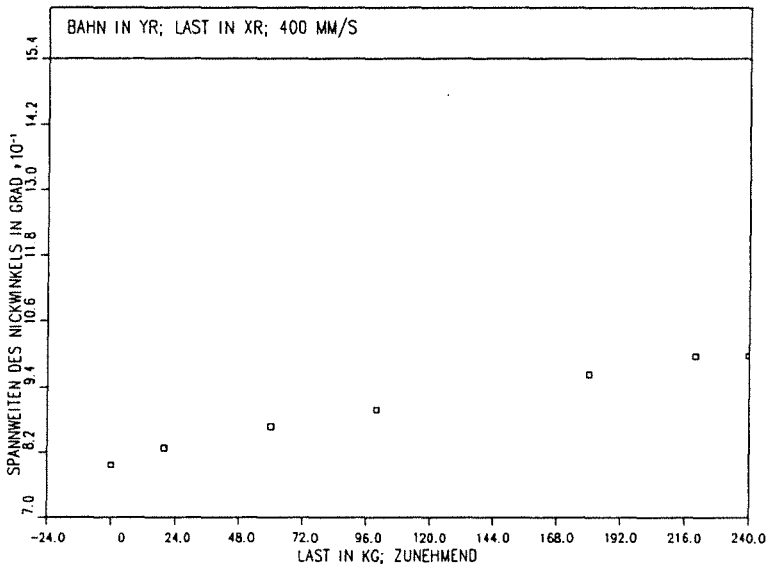
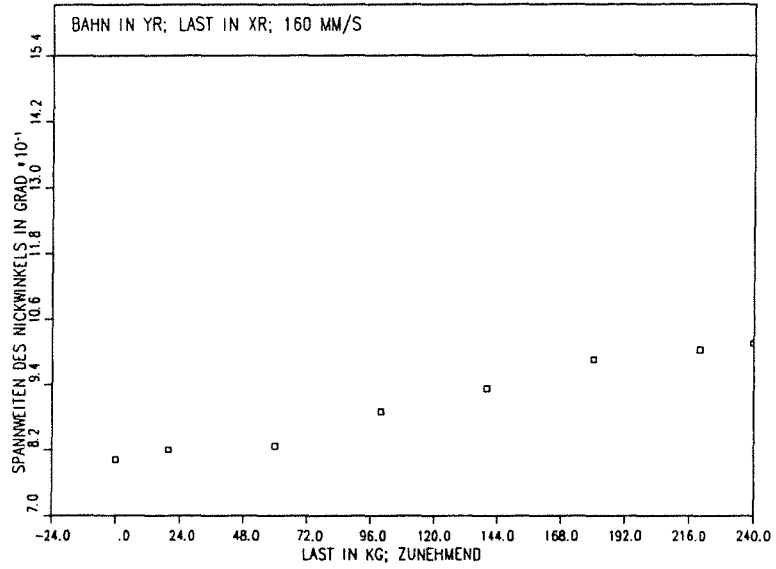
STANDARTABWEICHUNG IN YL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN : 2XXX0002

FILE= XL0006E (:US2:\$JUDO:;SCHY:XL0006E)

6. 2. 1991 11:29:06 USER= .SCHY



STANDARTABWEICHUNG IN XL-RICHTUNG
BAHNFahrTEN: 2XXX0000



FILE= XL001W1 (:US2:\$UDD: .SCHY:XL001W1)

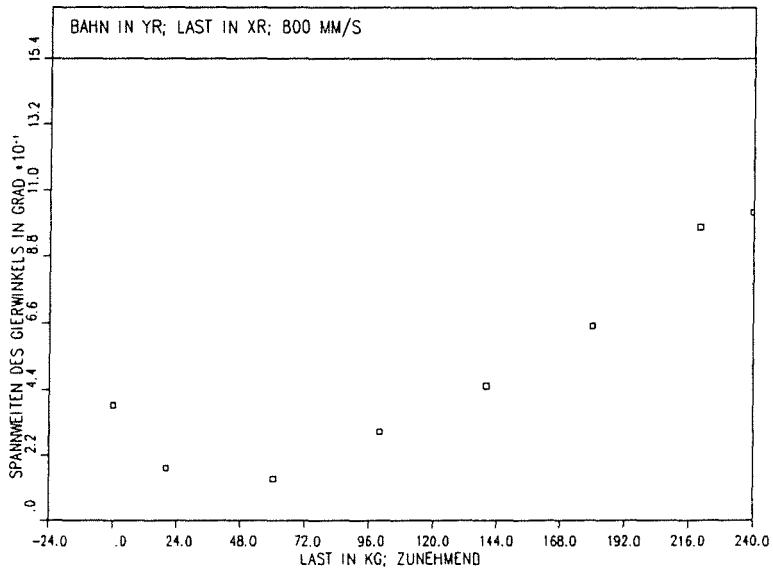
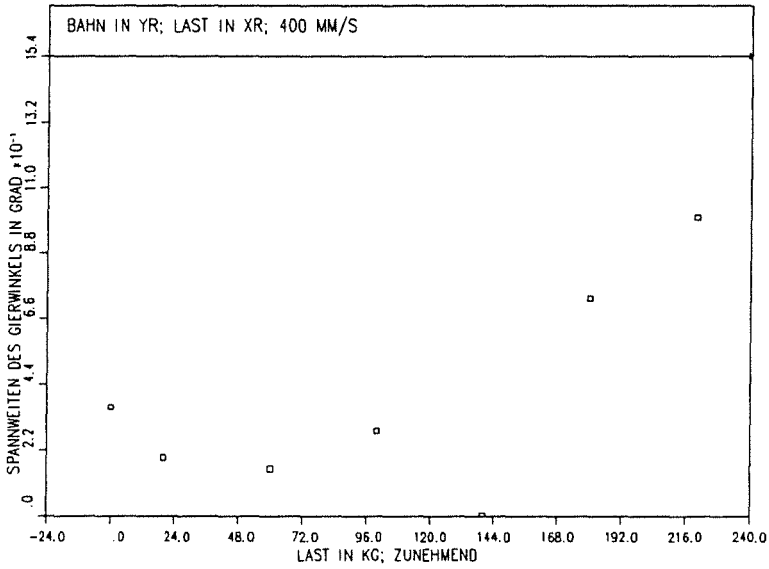
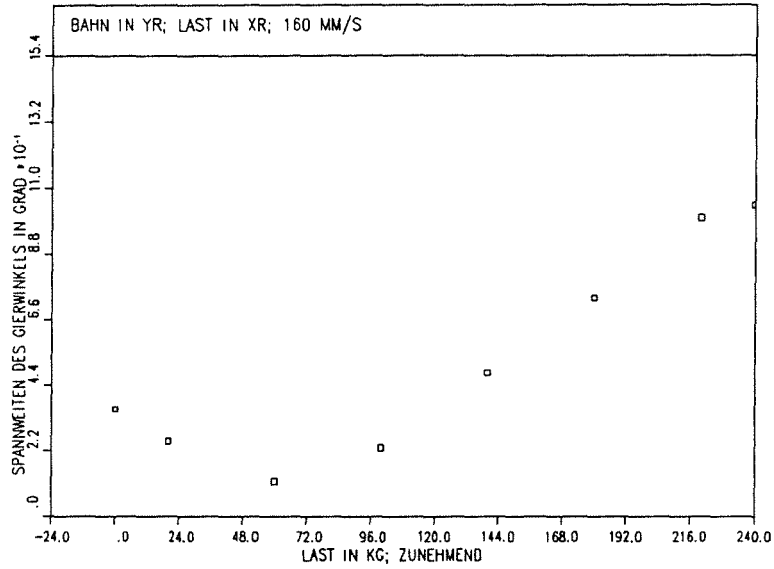
11. 2. 1991 16:28:24 USER= .SCHY



SPANNWEITEN DES NICKWINKELS IN GRAD
BAHNFahrTEN : 2XXX0001

FILE= YL001WI (:US2:\$UDD: .SCHY:YL001WI)

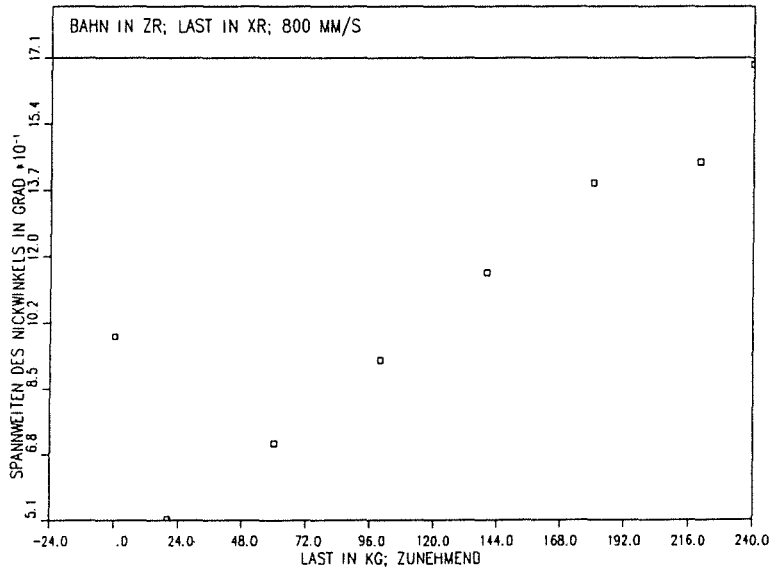
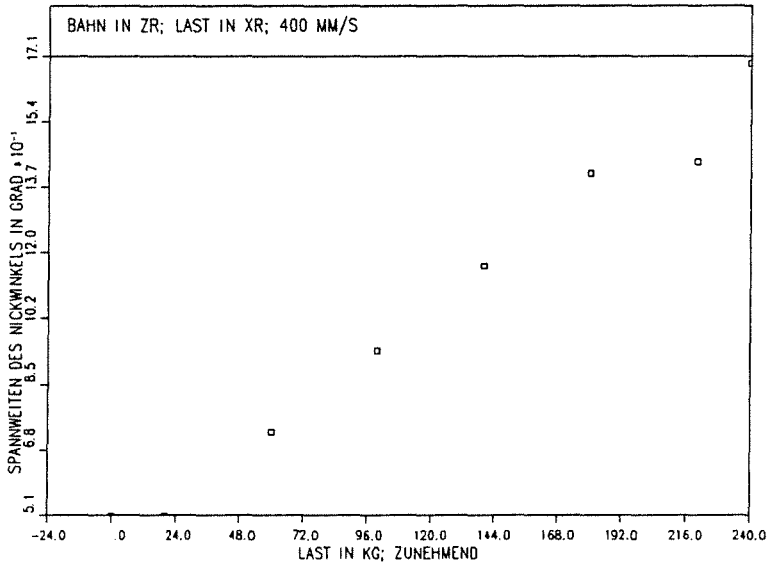
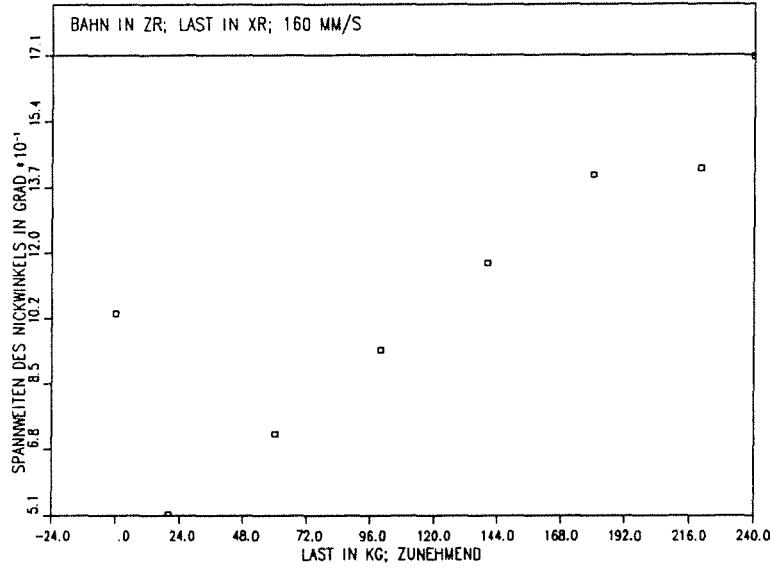
11. 2. 1991 16:28:51 USER= .SCHY



SPANNWEITEN DES GIERWINKELS IN GRAD
BAHNFahrTEN : 2XXX0001

FILE= XL003WI (:US2:\$UDD: .SCHY:XL003WI)

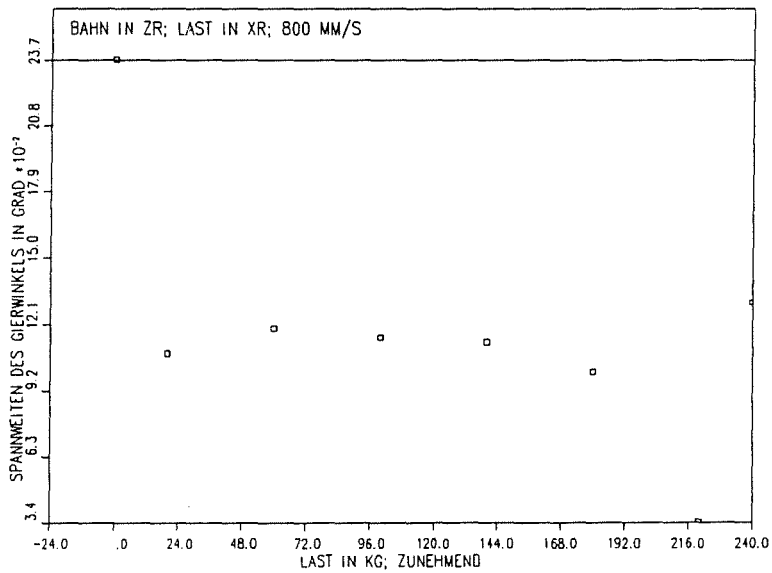
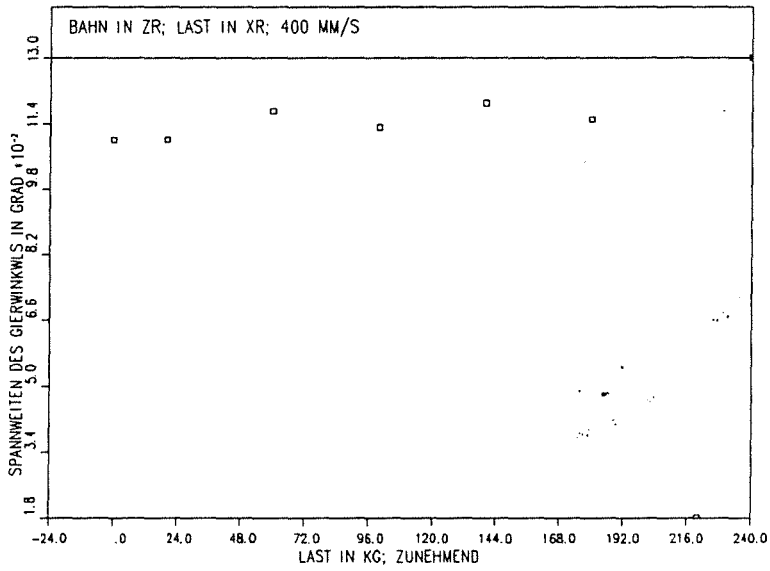
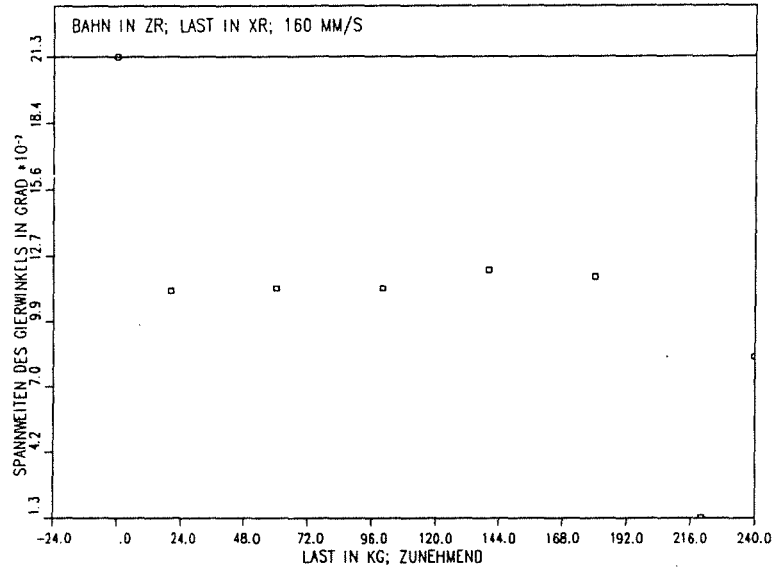
11. 2. 1991 16:28:36 USER= .SCHY



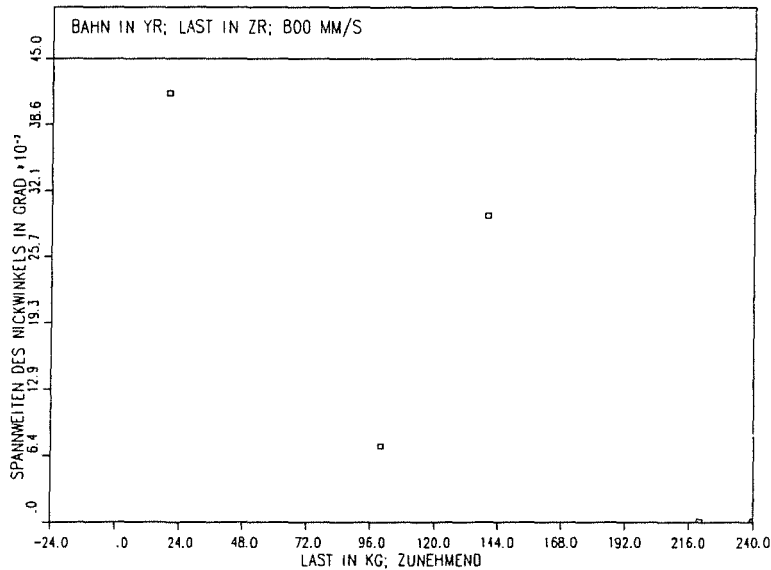
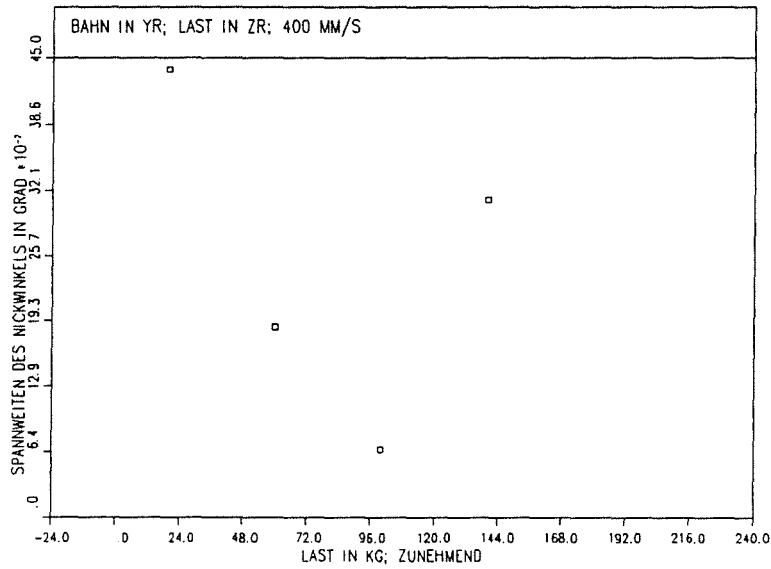
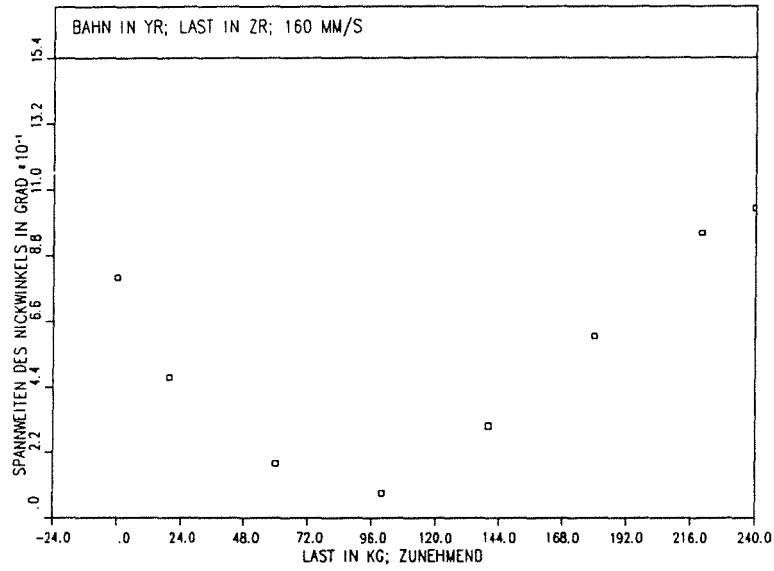
SPANNWEITEN DES NICKWINKELS IN GRAD
BAHNFahrTEN : 2XXX0003

FILE= YL003WI (:US2:\$UDD: .SCHY:YL003WI)

11. 2. 1991 16:29:05 USER= .SCHY



SPANNWEITEN DES GIERWINKELS IN GRAD
BAHNFahrTEN : 2XXX0003



FILE= XL002W1 (:US2:\$UDD: .SCHY:XL002W1)

USER= .SCHY

16:28:31

11. 2. 1991

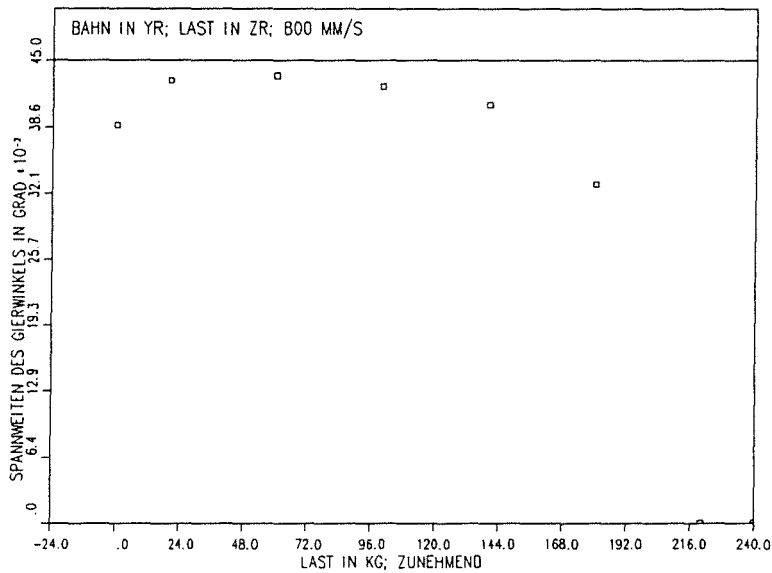
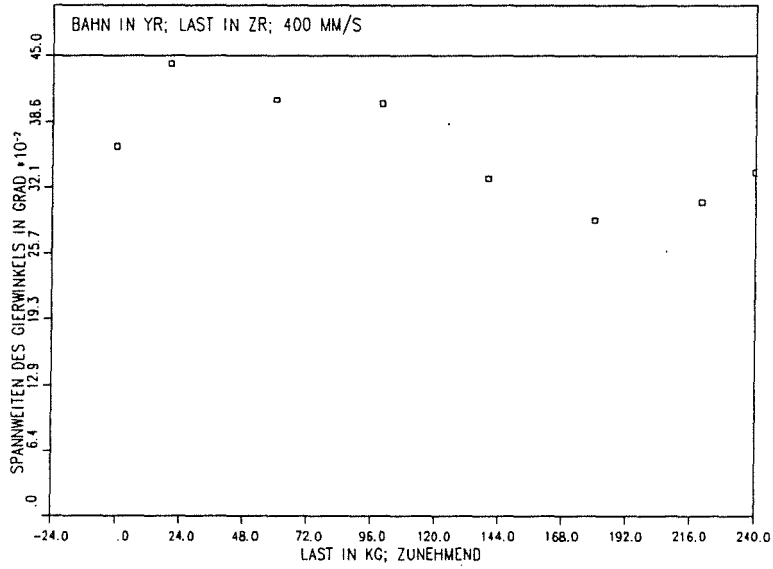
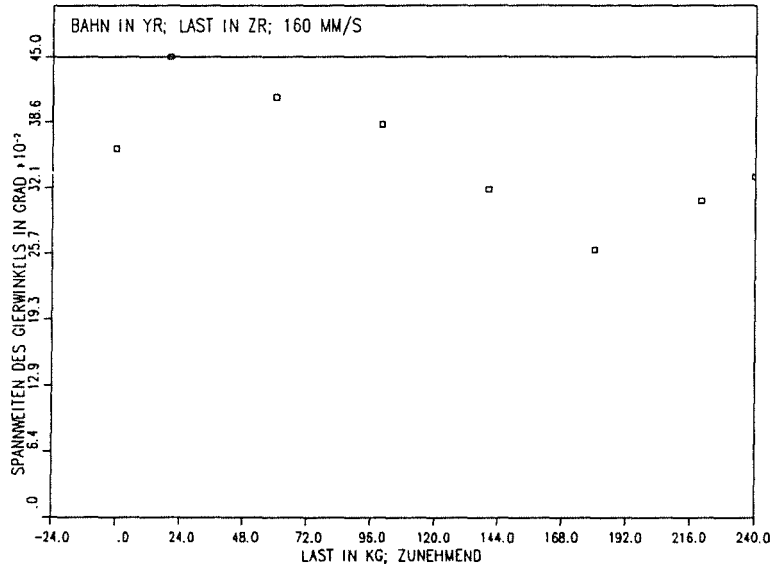
SPANNWEITEN DES NICKWINKELS IN GRAD
BAHNFahrTEN : 2XXX0002

Anlage 2.2-138

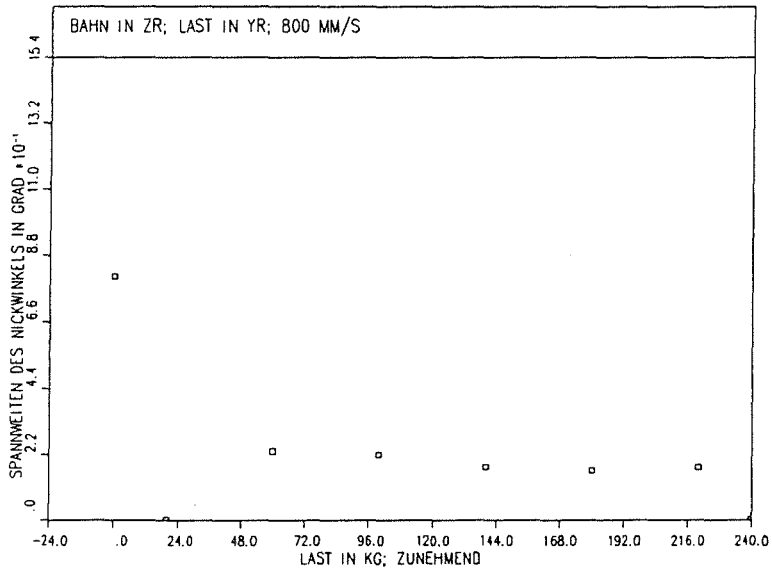
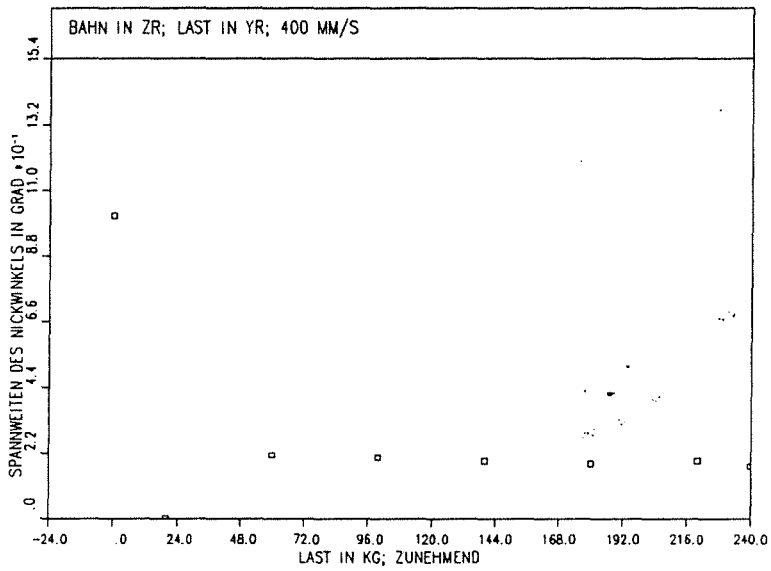
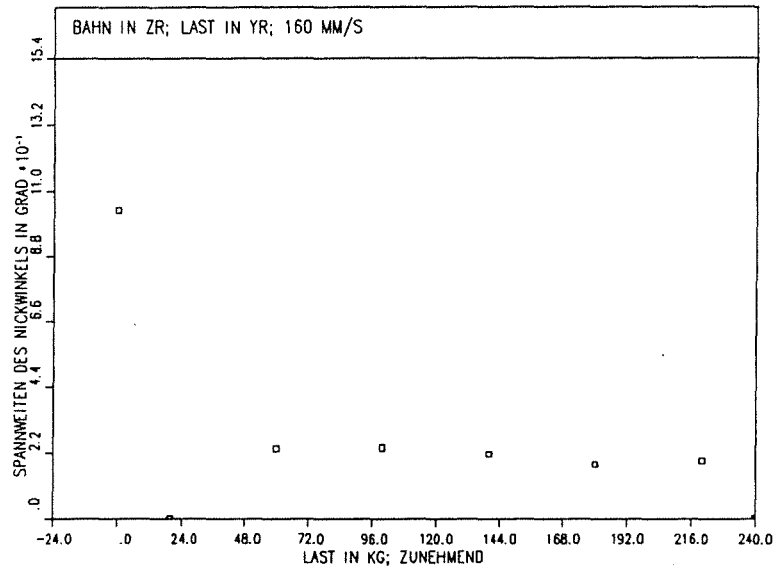


FILE= YL002W1 (:US2:\$UDD: .SCHY:YL002W1)

11. 2. 1991 16:28:58 USER= .SCHY



SPANNWEITEN DES GIERWINKELS IN GRAD
BAHNFAHRTEN : 2XXX0002
Anlage 2.2-139



FILE= XL000J (:US2:\$UDD: .SCHY:XL000J)

USER= .SCHY

16:28:16

11. 2. 1991

SPANNWEITEN DES NICKWINKELS IN GRAD
BAHNFahrTEN : 2XXX0000

Anlage 2.2-140

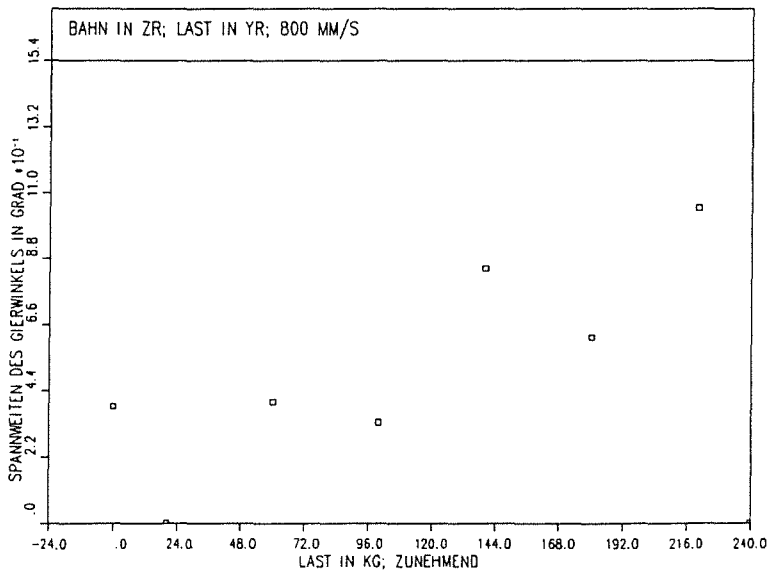
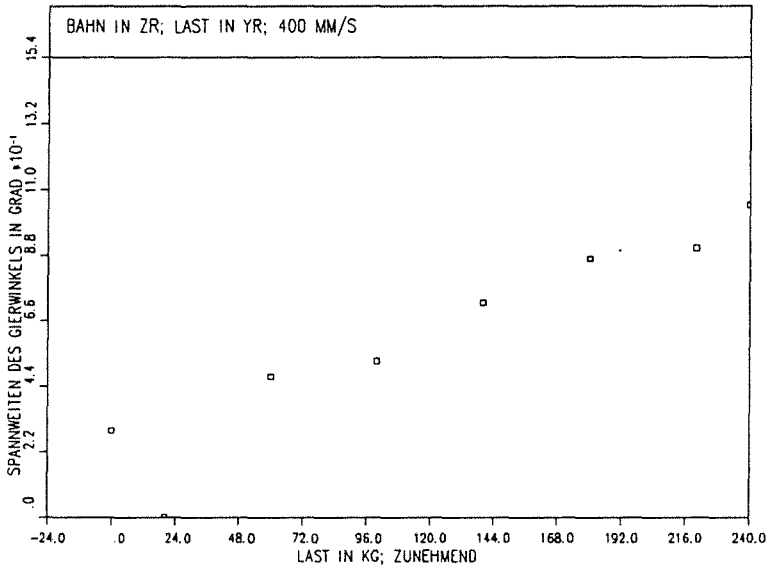
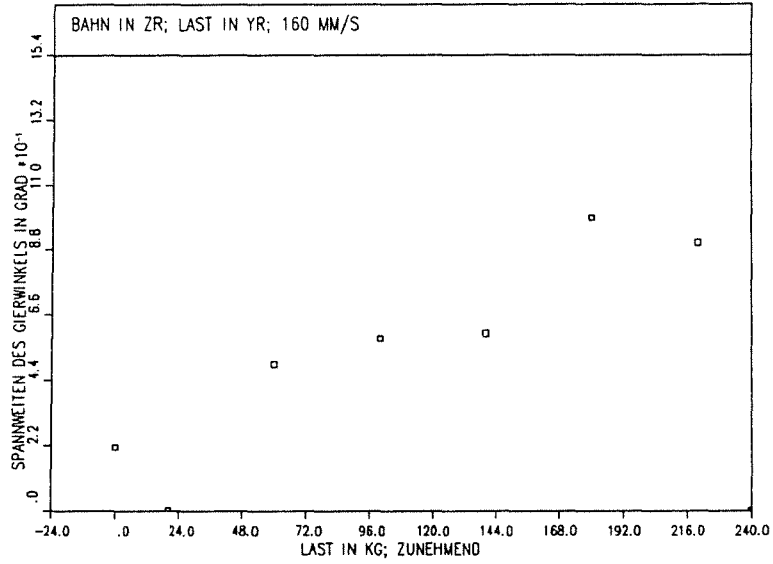


FILE= YL000WJ (:US2:\$UDD:\$.SCHY:YL000WJ)

USER= .SCHY

16:28:44

11. 2. 1991



SPANNWEITEN DES GIERWINKELS IN GRAD
BAHNFAHRTEN : 2XXX0000

2.3 Bearbeitungsroboter (NOELL)

Am Bearbeitungsroboter wurden Bahnfahrten mit und ohne Last durchgeführt. Analog zum Bearbeitungsroboter (KuKa) wurde parallel zu den Roboterkoordinatenachsen in x_R , y_R , z_R - Richtung und diagonal verfahren. Die Roboterhand wurde senkrecht zur Verfahrerrichtung belastet. Beim Verfahren entlang der Raumdiagonale wurde keine Last auf die Roboterhand aufgebracht. Die Geschwindigkeit und die Last wurden als Parameter variiert.

2.3.1 Meßaufbau und Belastungseinrichtungen

Die Last wurde ähnlich wie beim Bearbeitungsroboter (KuKa) durch Seile und Umlenkrollen aufgebracht; siehe Abschnitt 2.2.1. Im Folgenden werden die einzelnen Belastungseinrichtungen näher beschrieben und ihre Funktionsweise bewertet.

Belastungseinrichtung in negativer z_R - Richtung

Die Belastungseinrichtung in negativer z_R - Richtung ist in Anlage 2.3-2 zu sehen. In diesem Fall traten die Probleme der konstant angreifenden Kraft während des Verfahrwegs, die im Abschnitt 2.2.1 beschrieben sind, nicht auf, weil die Last direkt auf die Roboterhand aufgebracht wurde. Die Gewichte wurden an dem vorderen Teil des Antriebes aufgehängt und mittels Seilen verspannt. Besonders bei großer Last und hoher Geschwindigkeit war die Trägheit der aufgebrachten Masse so groß, daß die gesamte Anordnung ins Schwingen geriet. Da diese Effekte ohne größeren Aufwand nicht beseitigt werden konnten, wurden die Versuche mit dieser einfachen Anordnung durchgeführt.

Bewertung: Die Schwingungen, die insbesondere bei hohen Anfahrgeschwindigkeiten auftraten, sind in den aufgezeichneten Daten nicht zu sehen. Damit kann man sagen, daß die Belastungseinrichtung ihren Zweck zur Zufriedenheit erfüllte.

Belastungseinrichtung in positiver x_R -Richtung

Die Belastungseinrichtung ist in **Anlage 2.3-3** und **2.3-4** zu sehen. Ähnlich wie beim Bearbeitungsroboter (KuKa) Abschnitt 2.2.1 brachte man die Last mit einem Hanfseil über Umlenkrollen auf. Die in diesem Fall auftretenden Probleme und vereinfachenden Annahmen waren die gleichen wie sie in Abschnitt 2.2.1 näher beschrieben sind.

Bewertung: Insbesondere war das Längenverhältnis zwischen Verfahrensweg und Abstand (Roboterhand-Umlenkrolle) günstig, sodaß hier die gleichen Annahmen gemacht werden können, wie bei der in Abschnitt 2.2.1 beschriebenen Belastungseinrichtung. Unter Berücksichtigung dieser Annahme funktionierte die Belastungseinrichtung einwandfrei.

2.3.2 Versuchsdurchführung

Die Durchführung der Versuche war identisch mit der Versuchsdurchführung am Bearbeitungsroboter (KuKa), die in Abschnitt 2.2.2 ausführlich erläutert ist.

2.3.3 Meßdaten

Aufgrund der Datenflut werden in diesem Bericht nur ausgewählte Versuche dargestellt und diskutiert. Im folgenden wird ein Überblick über die Struktur der Meßdatendarstellung gegeben.

1. Bahnfahrten ohne Last

- Versuchsmatrix aller Bahnfahrten **Anlage 2.3-5**
- Abweichungen in x_L -Richtung und y_L -Richtung in Form von Plots **Anlage 2.3-6**
bis 2.3-16
- statische Auswertung **Anlage 2.3-17**
bis 2.3-27

2. Bahnfahrten mit Last

- Bahnfahrt in y_R ; Last in $+x_R$
 - Versuchsmatrix aller Bahnfahrten **Anlage 2.3-30**
 - Abweichungen in x_L - und y_L -Richtung
in Form von Plots **Anlage 2.3-31**
bis 2.3-39
 - statische Auswertung **Anlage 2.3-40**
bis 2.3-48

- Bahnfahrt in z_R ; Last in $+x_R$
 - * Versuchsmatrix aller Bahnfahrten **Anlage 2.3-50**
 - * Abweichungen in x_L - und y_R -Richtung
in Form von Plots **Anlage 2.3-51**
bis 2.3-58
 - * statische Auswertung **Anlage 2.3-59**
bis 2.3-66

- Bahnfahrt in y_R ; Last in $-z_R$
 - * Versuchsmatrix **Anlage 2.3-70**
 - * Abweichungen in x_L - und y_L -
Richtung in Form von Plots **Anlage 2.3-71**
bis 2.3-79
 - * statische Auswertung **Anlage 2.3-80**
bis 2.3-88

In den Plots sind die Abweichungen in x_L - und y_L -Richtung und die Änderung der Orientierungen im Lasermeßsystem bezüglich einer Referenzgeraden aufgetragen. Die Referenzgerade ist definiert als eine Gerade, durch den tatsächlich gemessenen Bahnaufgangs- und Bahnendpunkt. Diese Referenzgerade ist in der Regel nicht mit dem Laserstrahl identisch. Als dritte Meßgröße ist die absolute Abweichung von der Referenzgeraden über der Bahnlänge aufgetragen.

$$\Delta f_{ABS} = \sqrt{x_L^2 + y_L^2}$$

Eine statistische Auswertung schließt sich an die Plotergebnisse an. Dort sind für jede Meßdatei die maximalen Werte der Abweichungen in x_L , y_L , z_L - Richtung und die maximalen Abweichungen der Orientierungen A, B, C zu sehen. Die Vorzeichen- definition der Orientierungen im Laserkoordinatensystem ist in Anlage 2.1-2 zu sehen.

Ferner sind weitere Größen folgendermaßen definiert:

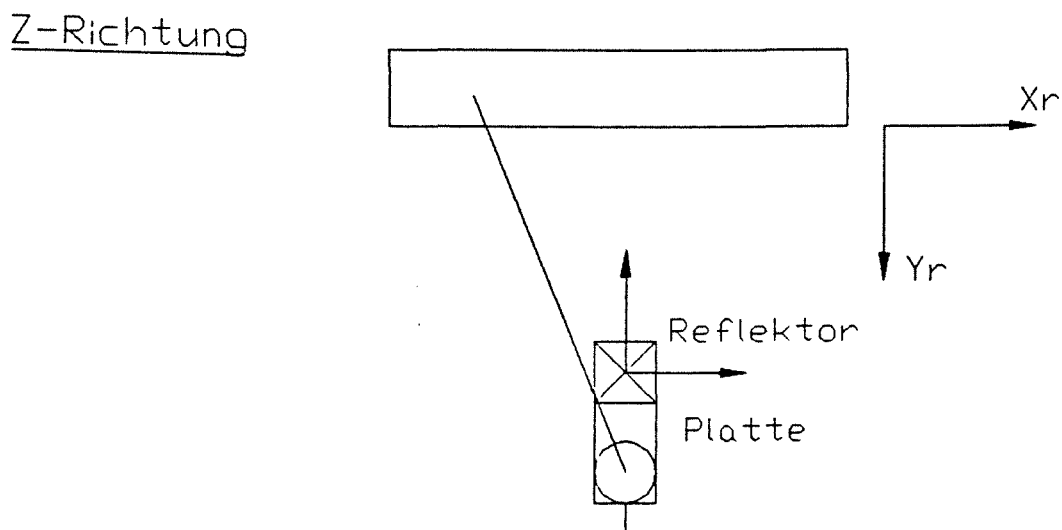
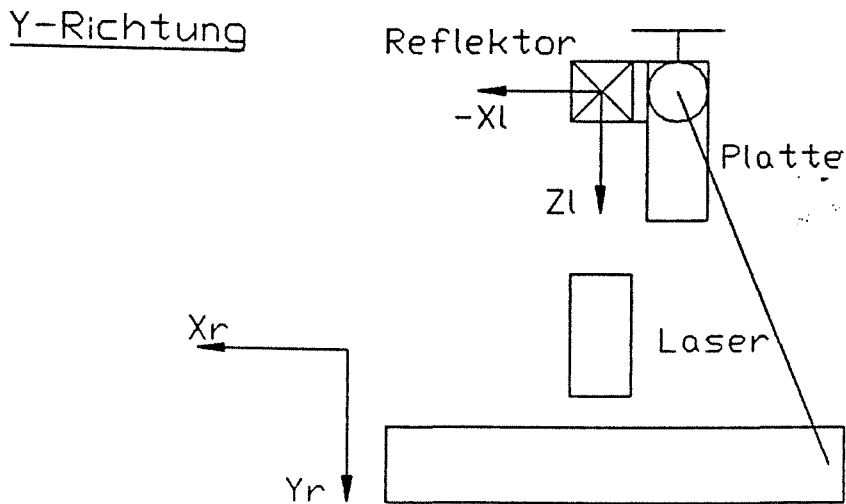
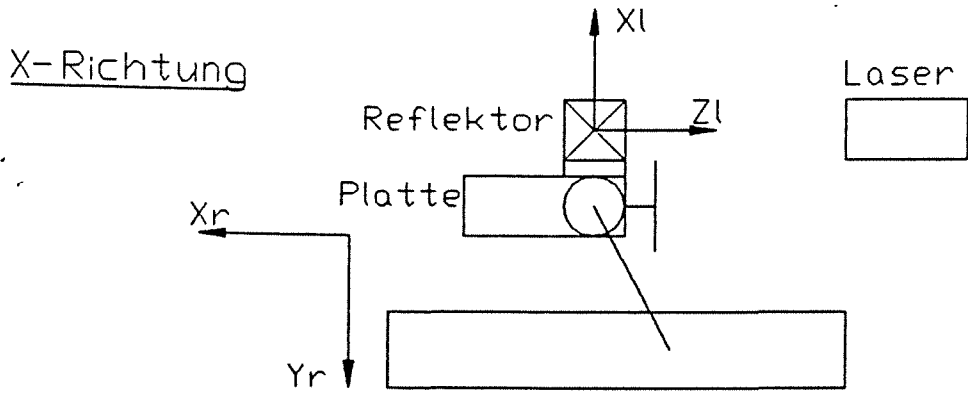
Spannweiten: Differenz zwischen minimaler und maximaler Abweichung bezüglich der Referenzgeraden

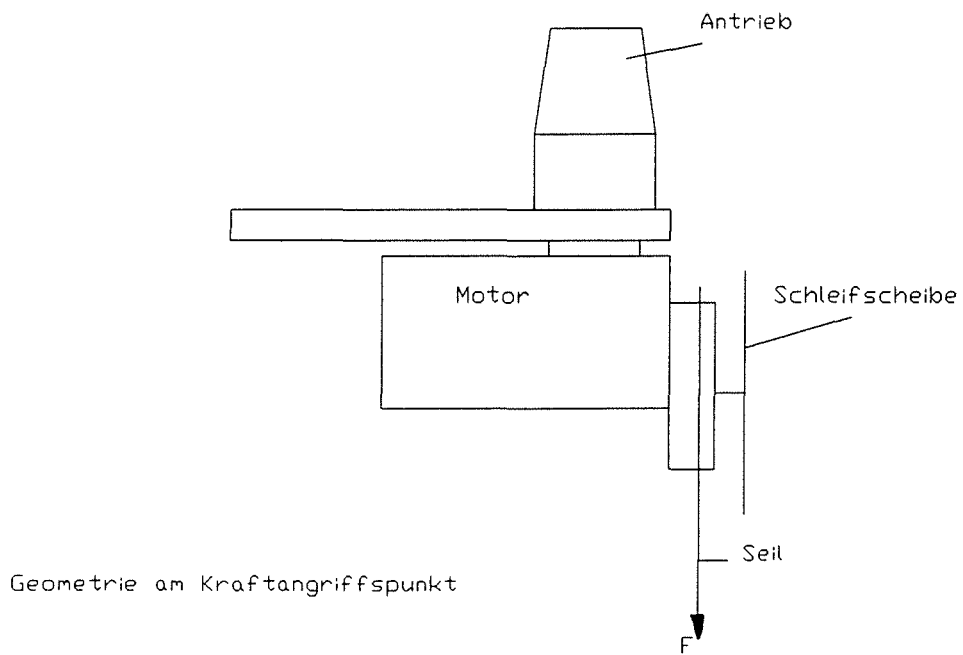
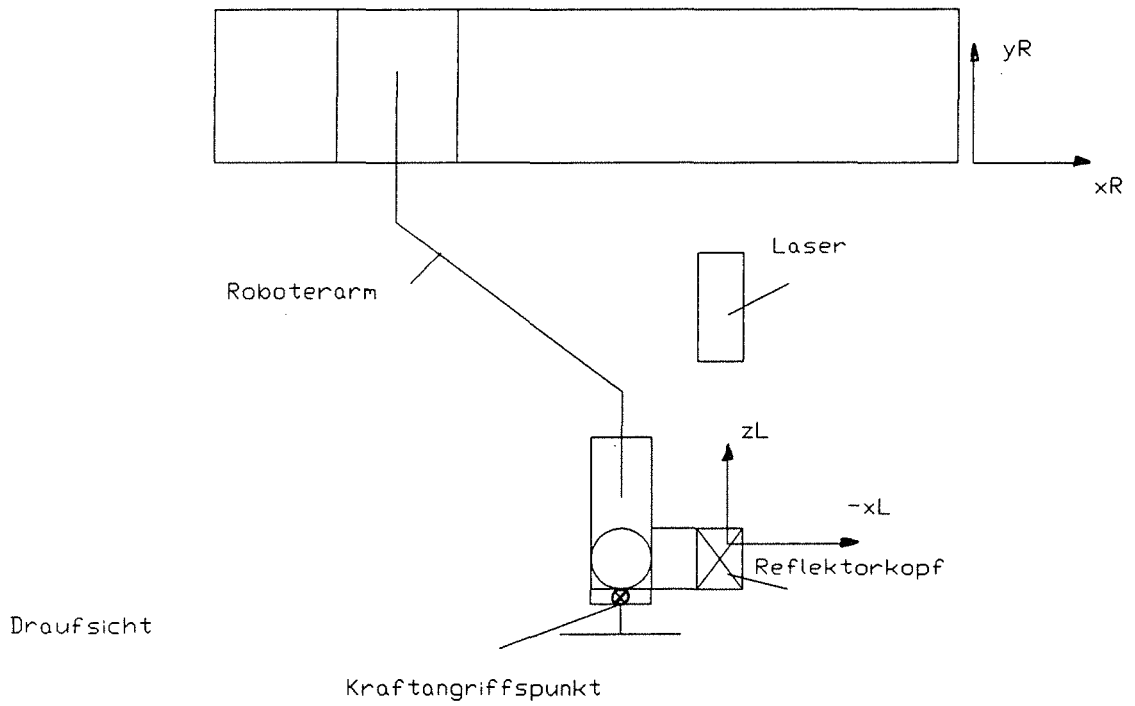
Standardabweichungen $S = + \sqrt{\Sigma [x_i - x_{i_{\text{Ref.Gerade}}}]^2}$

S ist die positive Quadratwurzel der Varianz. Es ist ein Maß für die Streuung der Meßwerte, d.h. ein Maß für die Größe der Abweichung von der definierten Referenzgeraden. Ist die Abweichung aller Meßwerte von der Referenzgeraden groß, so nimmt die Standardabweichung ebenfalls große Werte an und umgekehrt.

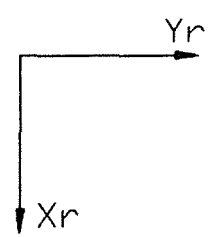
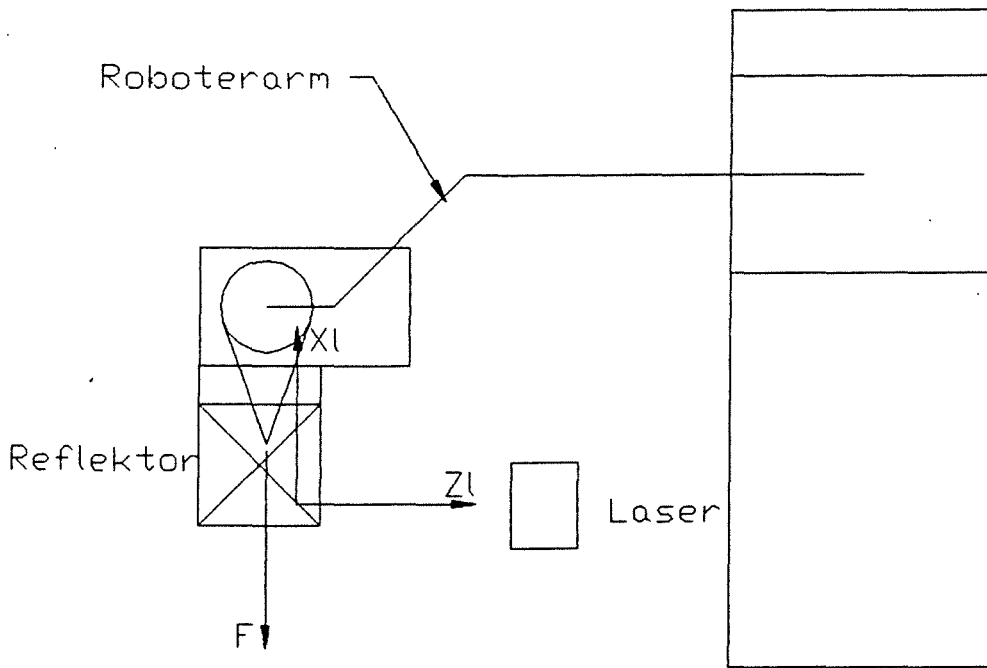
Streubreite: $S_\beta = 6 * S$
Unter der Annahme, daß die Abweichungen (Meßwerte) normalverteilt sind, läßt sich unter der Verteilungsfunktion (Glockenkurve) ein Bereich angeben, in dem ein gewisser Prozentsatz der Meßwerte liegt. Als Grenzwerte dieses Konfidenzintervalles wurde symmetrisch zum Mittelwert (hier Referenzgerade) das 3-fache der Standardabweichung gewählt. Man kann erwarten, daß sich 99 % aller beobachteten Meßwerte innerhalb dieses Intervalles befinden.

Position Reflektor-Laser bei Bahn- fahrten Noell-Roboter

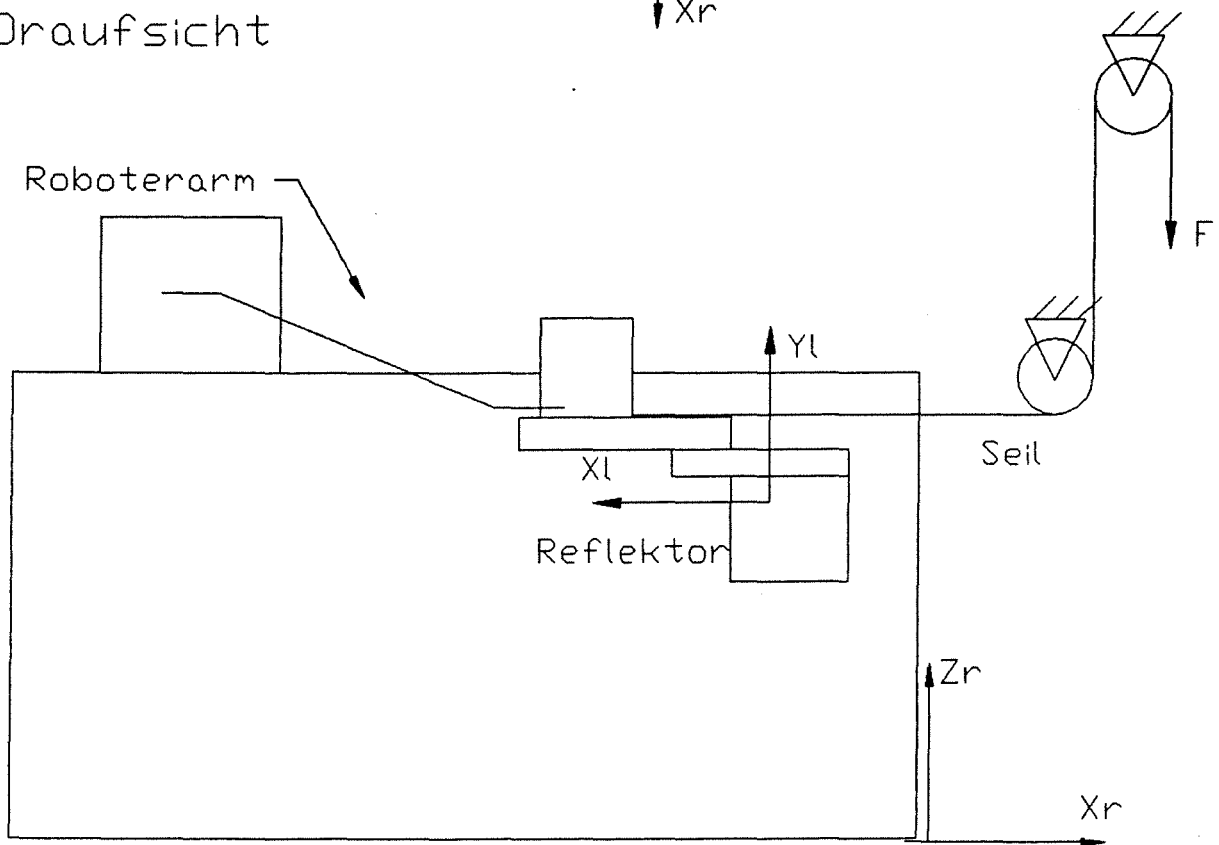




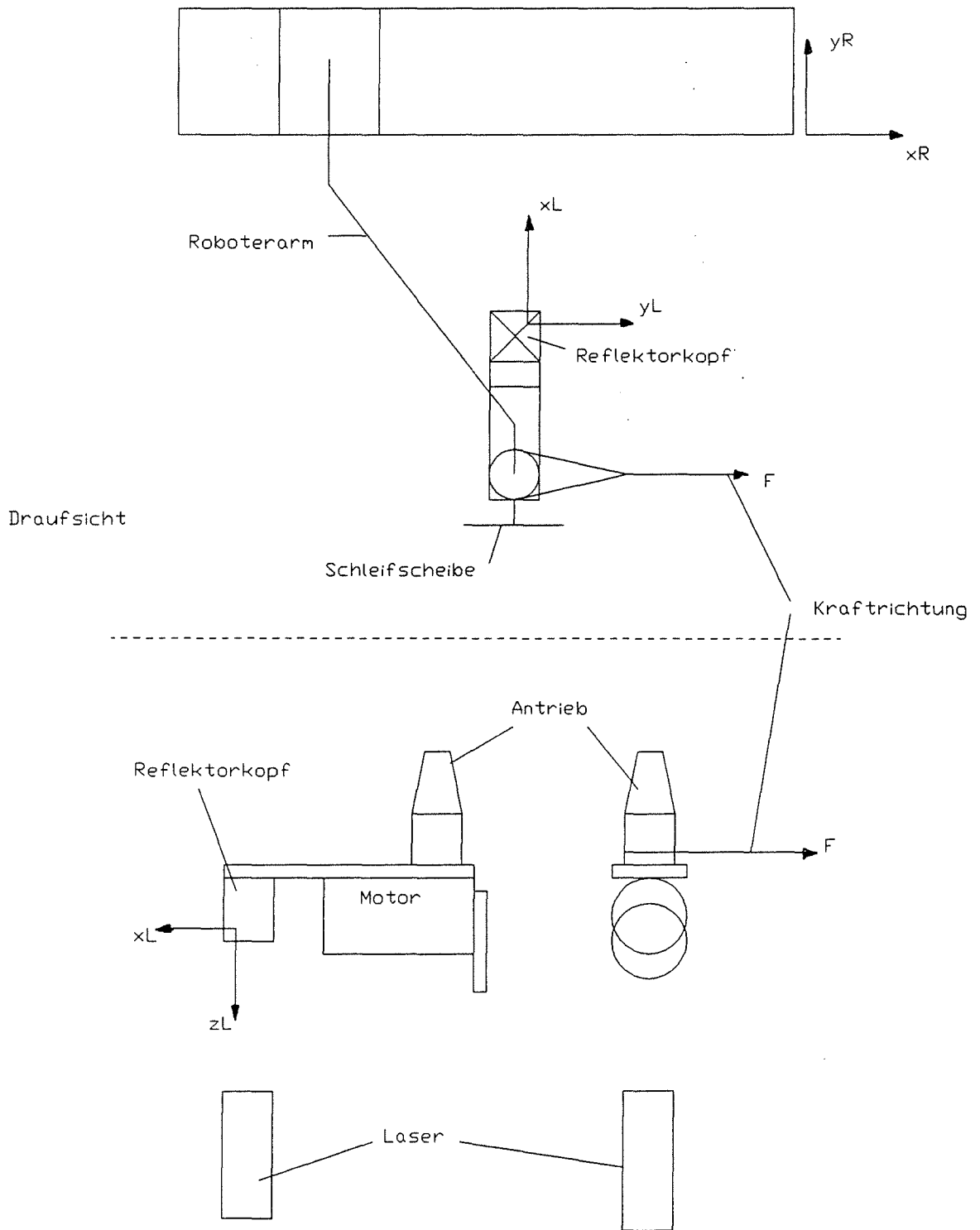
Anlage 2.3-2: Last in z_R ; Bahn in y_R



Draufsicht



Vorderansicht



Geometrie am Kraftangriffspunkt

Anlage 2.3-4: Last in x_R ; Bahn in z_R

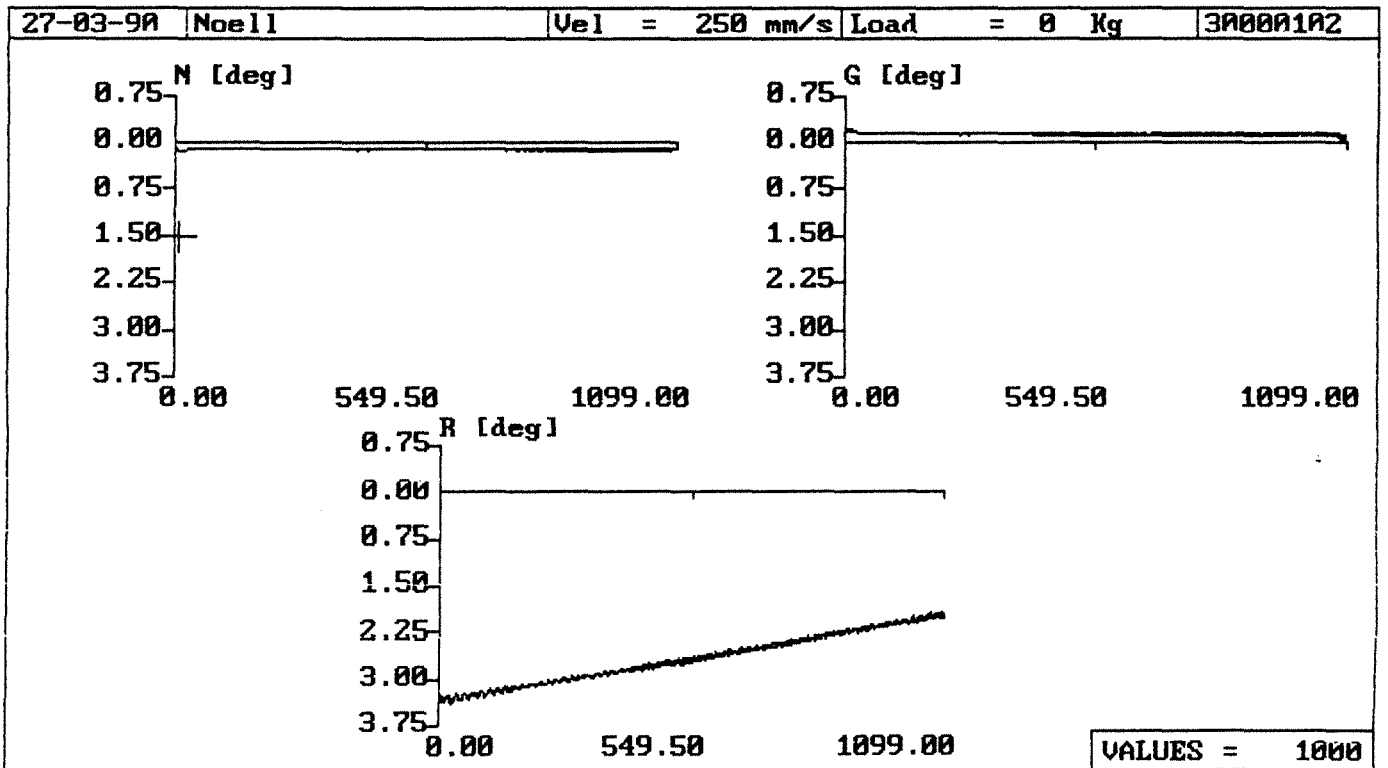
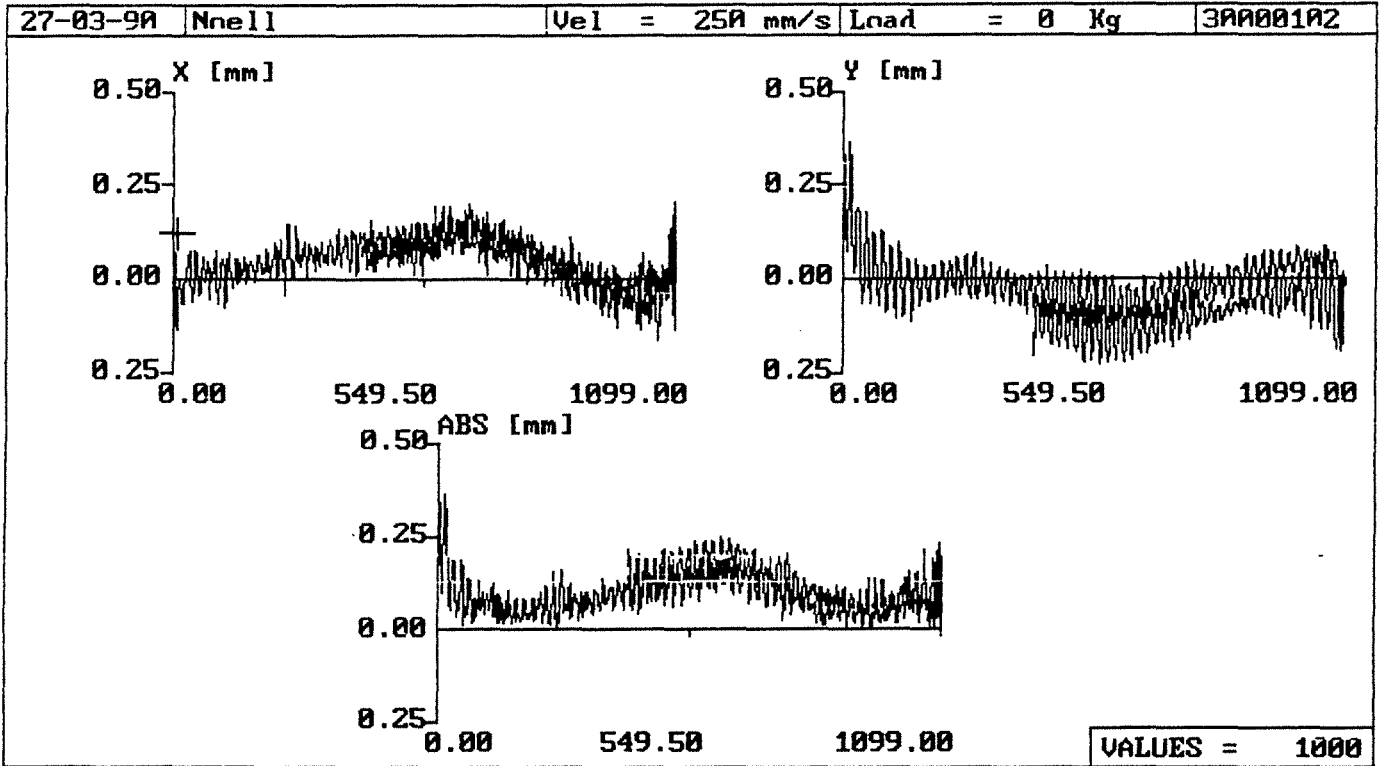
Versuchsmatrix für alle durchgeführten Bahnfahrten

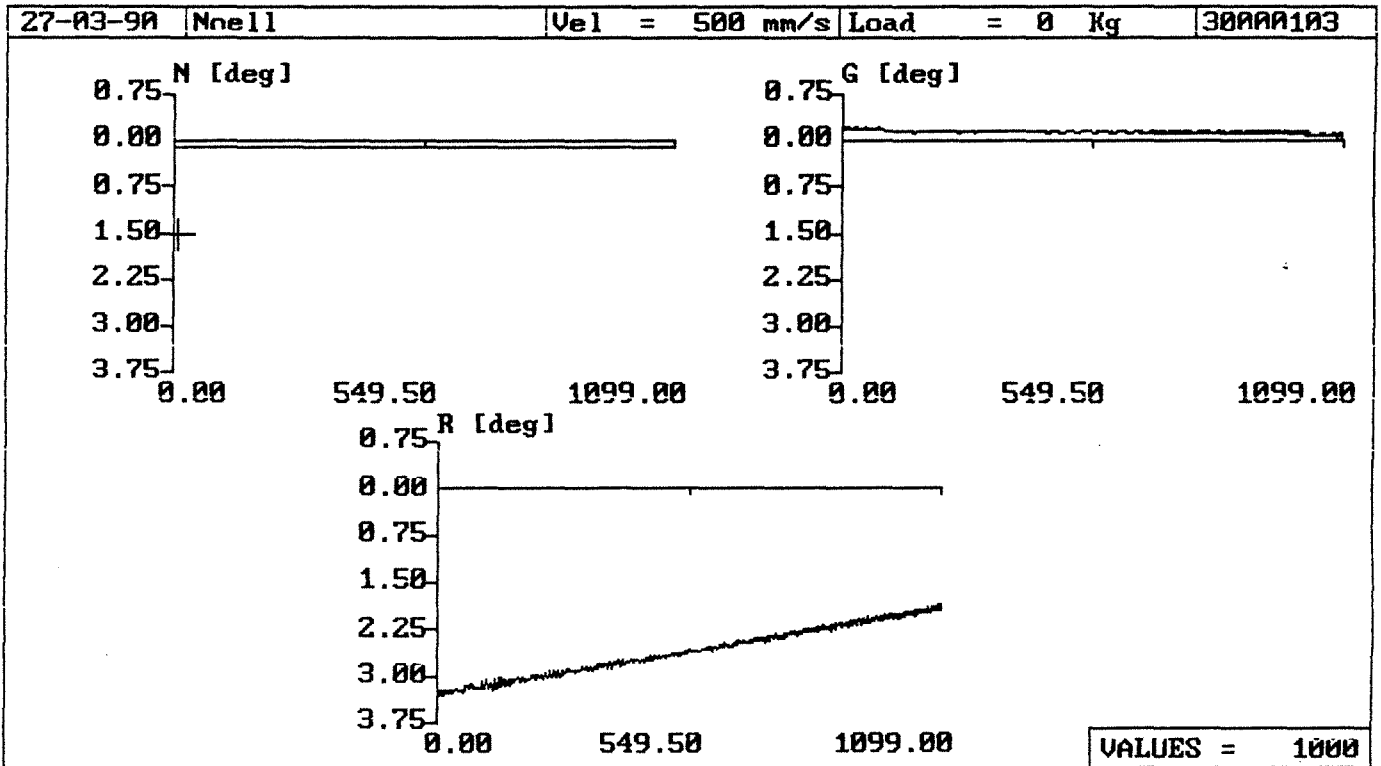
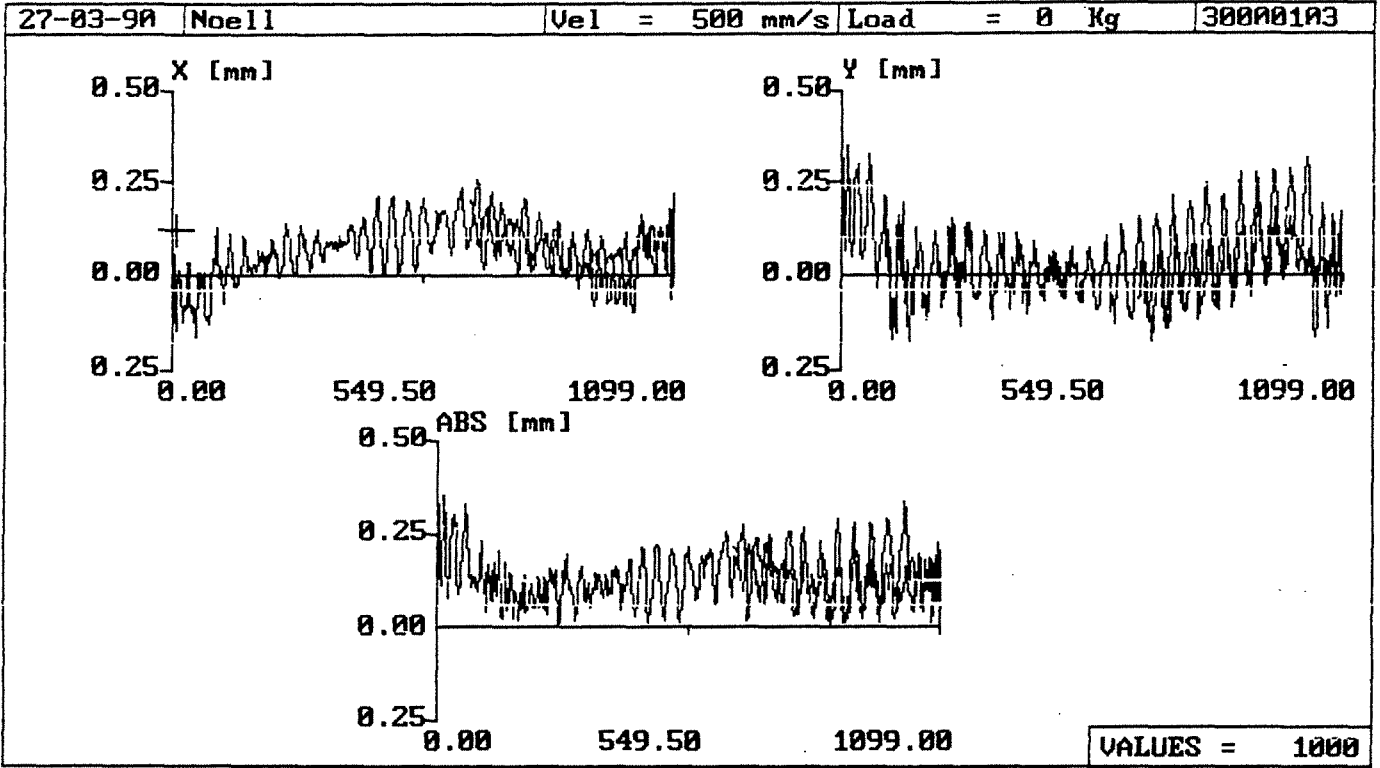
Bahnfahrt ohne Last

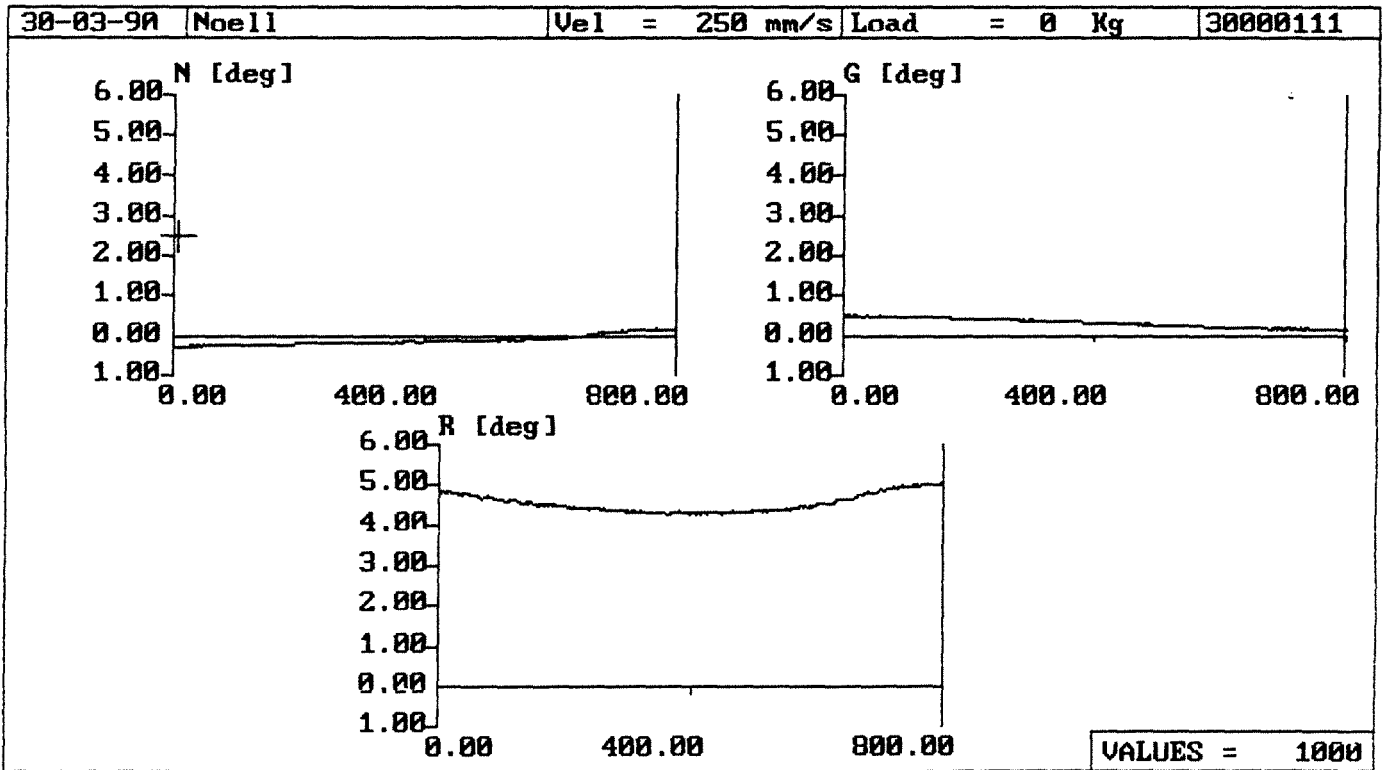
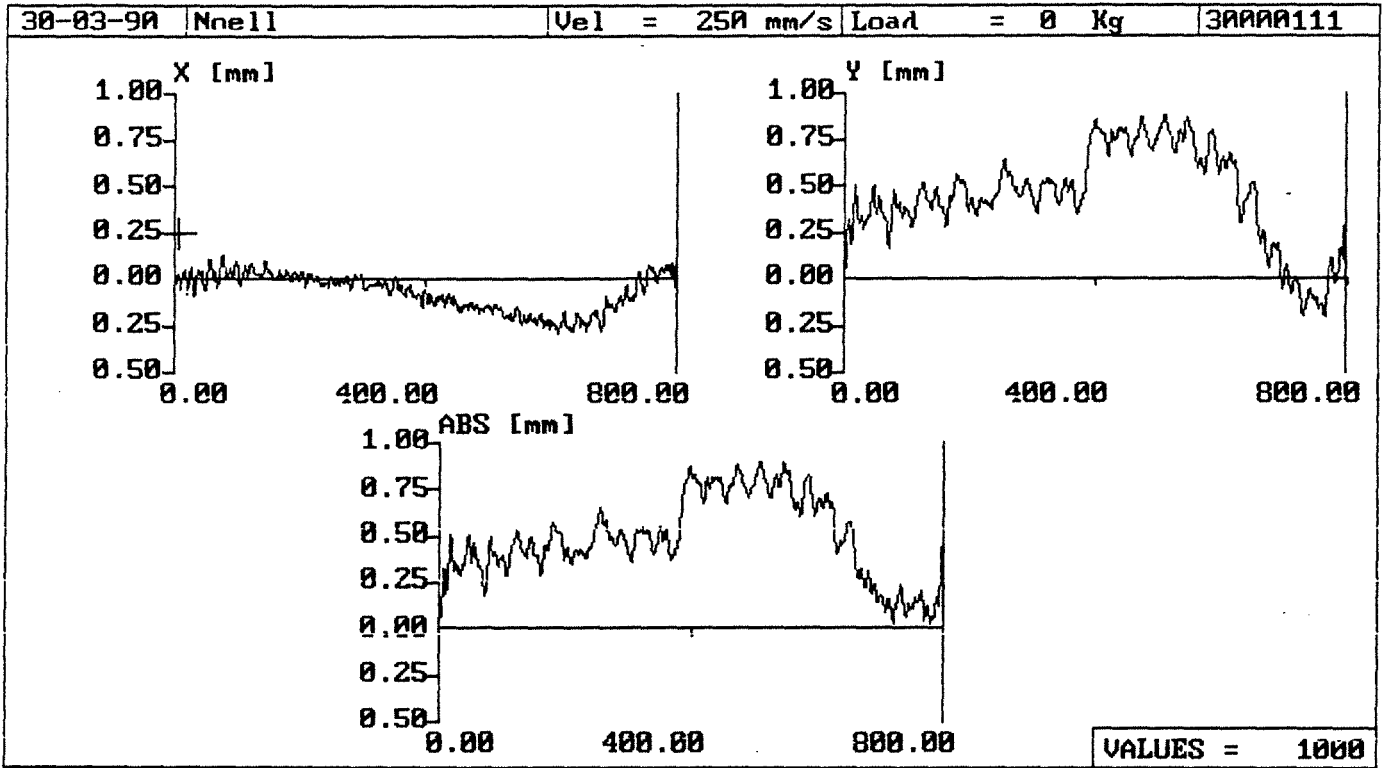
Richtung				Aufzeichnungs frequenz	Verfahr geschwindigkeit	
x-Richtung	z-Richtung	y-Richtung	Diagonale	%	$\frac{\text{mm}}{\text{s}}$	Hz
30000101	30000111	30000121	30000131	20	160	90
30000102	30000112	30000122	30000132	50	400	200
30000103	30000113	30000123	30000133	90	800	350

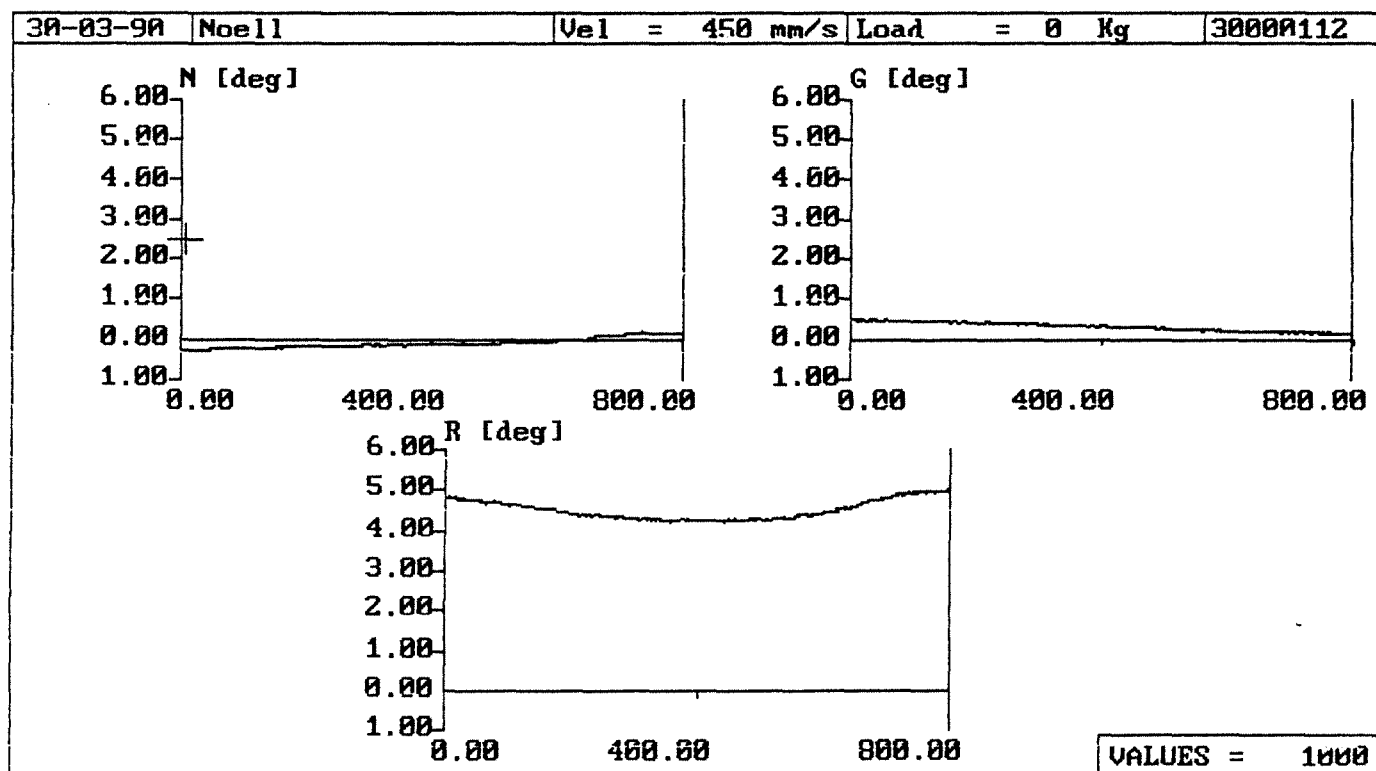
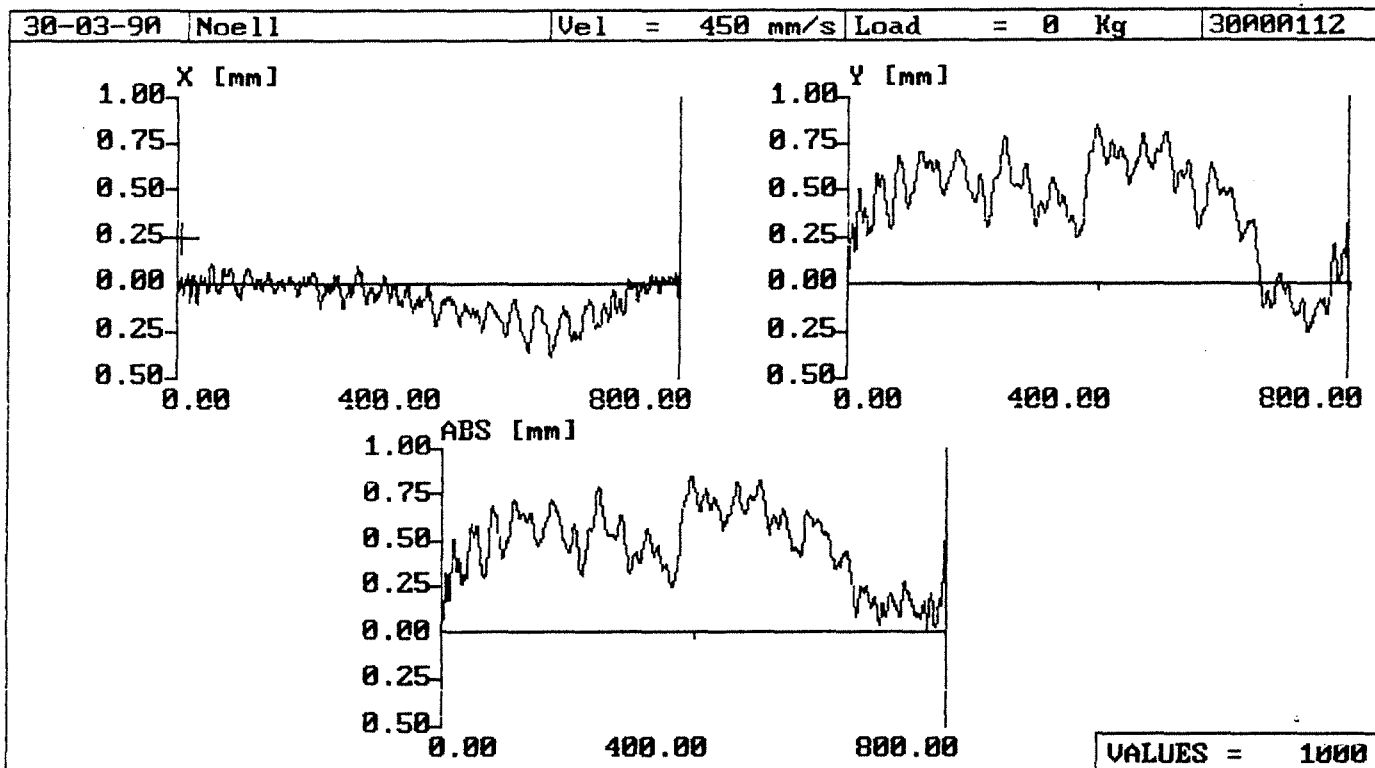
Die relative Lage der Koordinatensysteme zwischen Roboter und Meßsystem ist für die jeweilige Verfahrriichtung in Anlage 2.3-1 zu sehen.

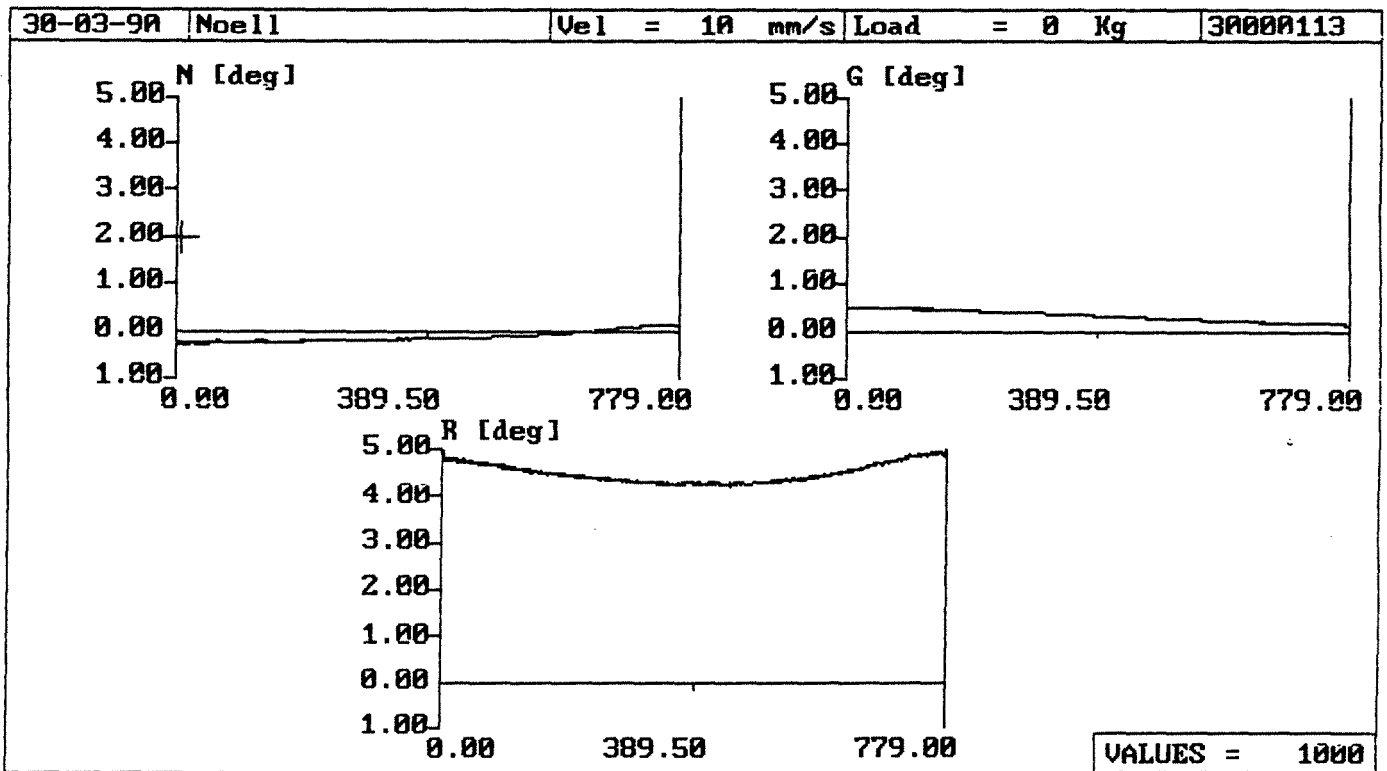
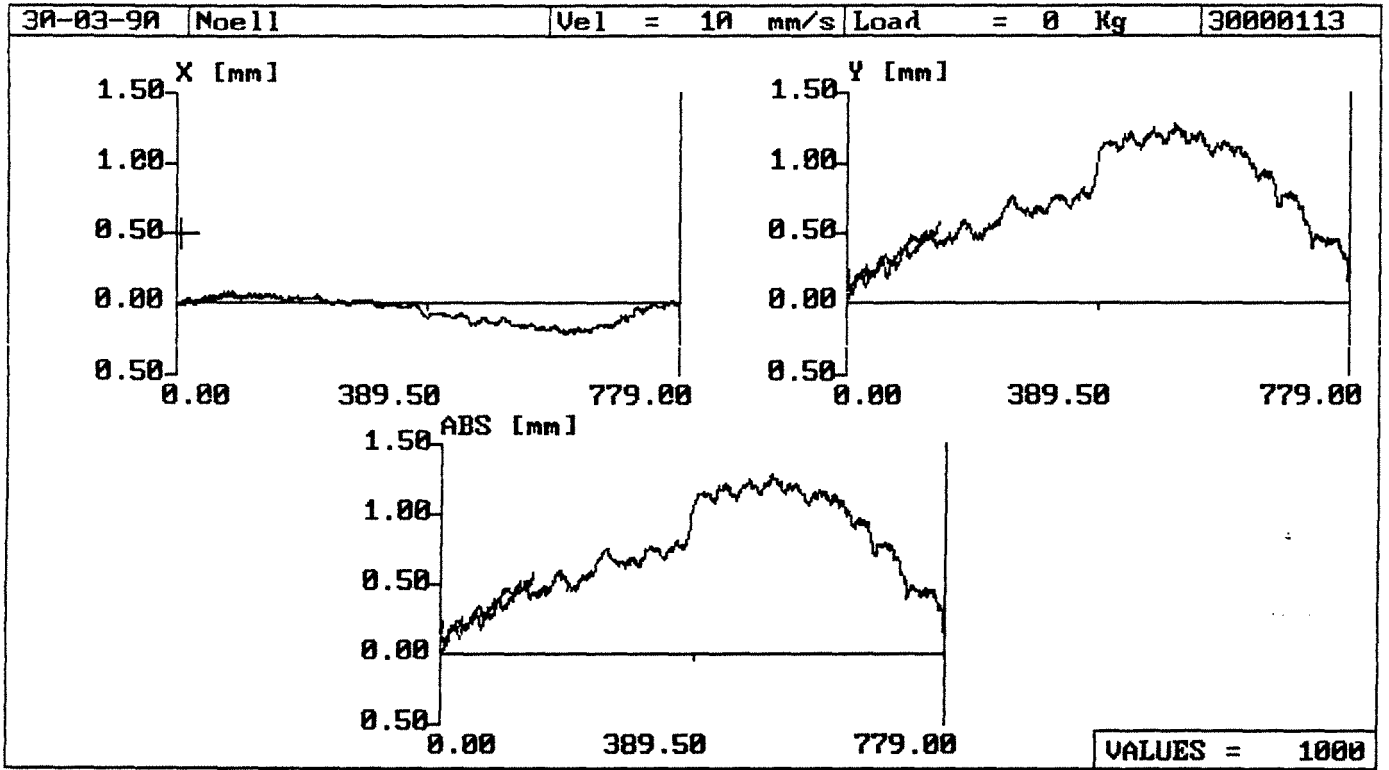
Anlage 2.3-5

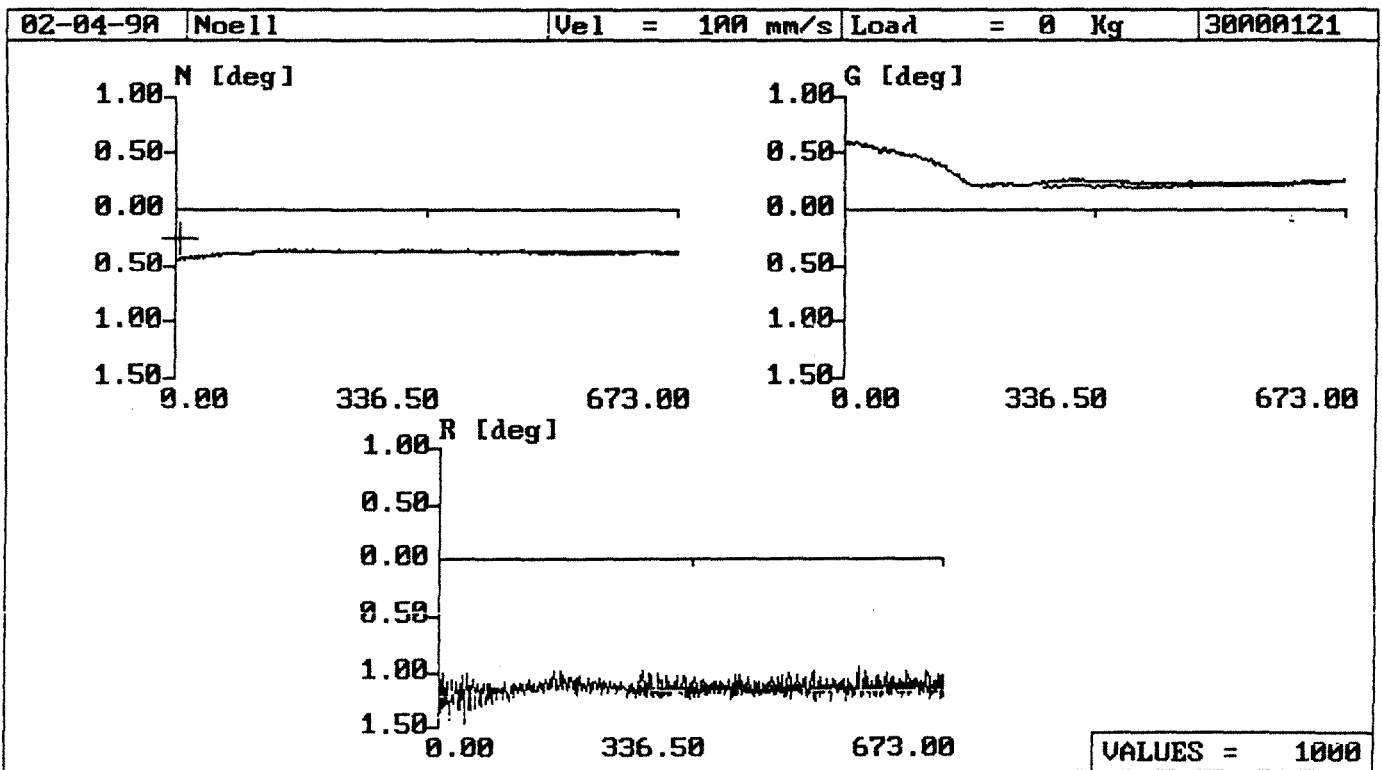
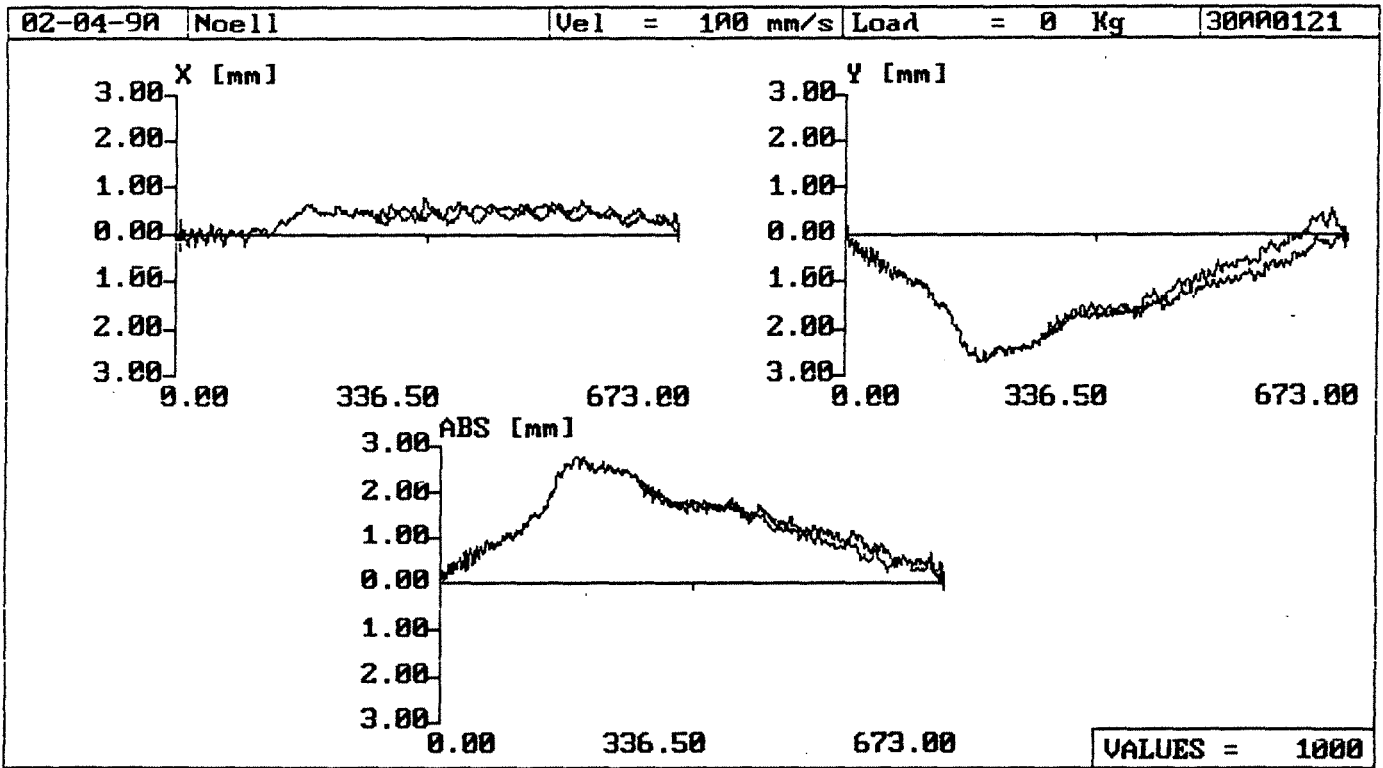


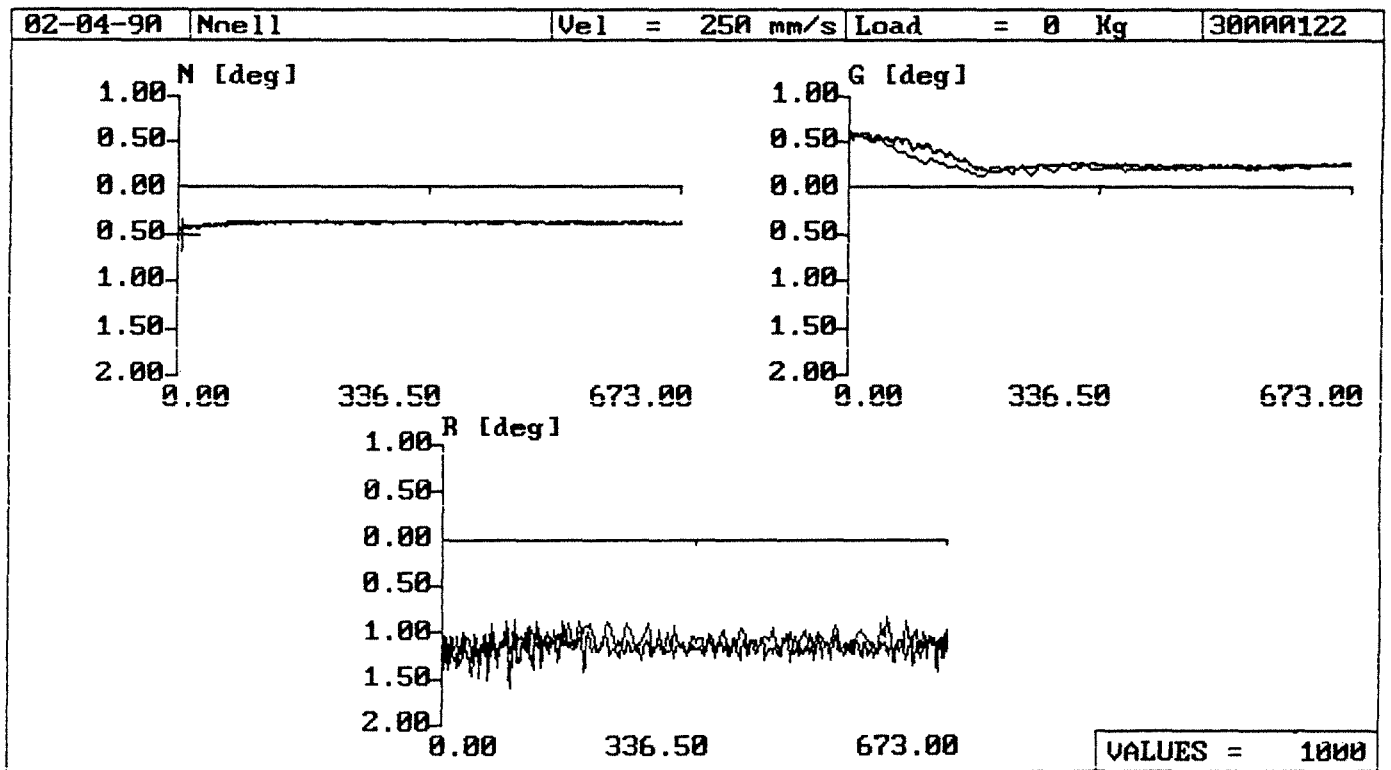
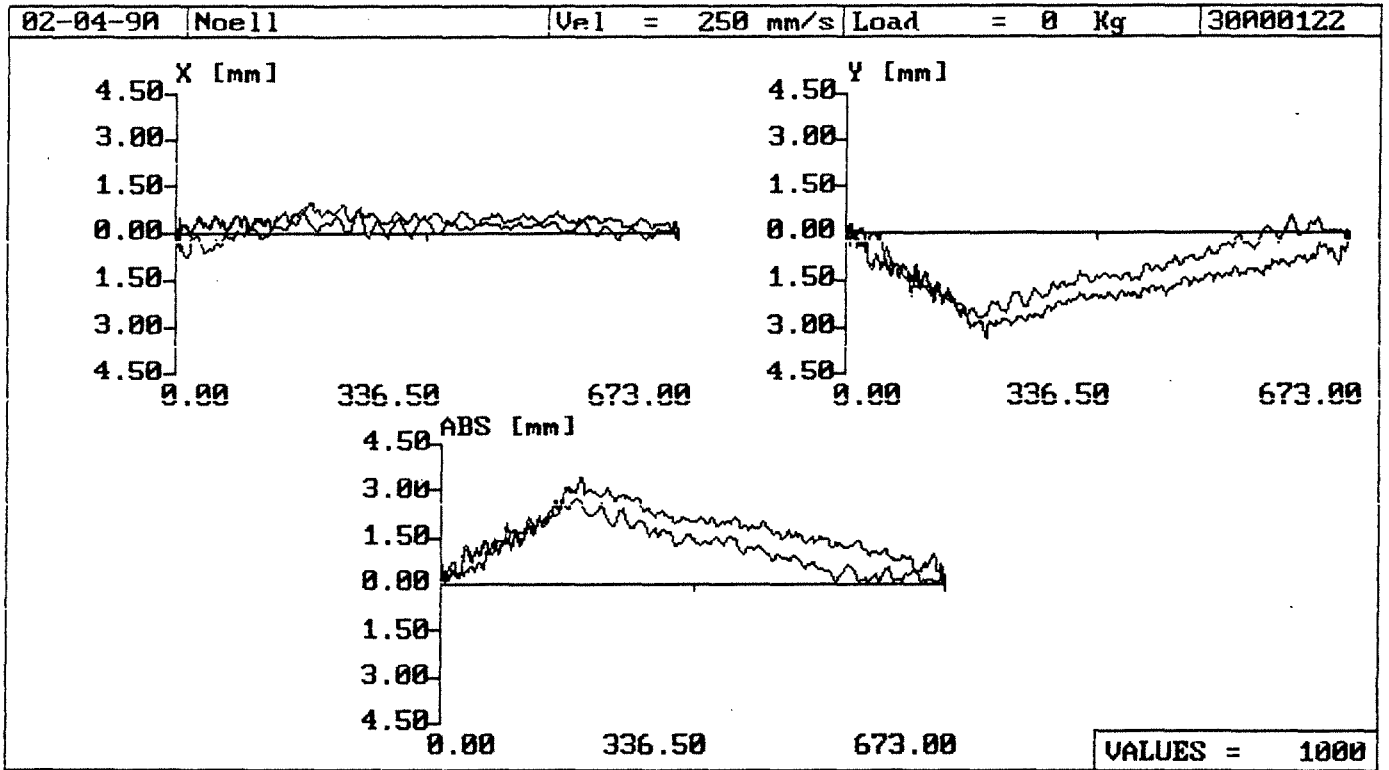


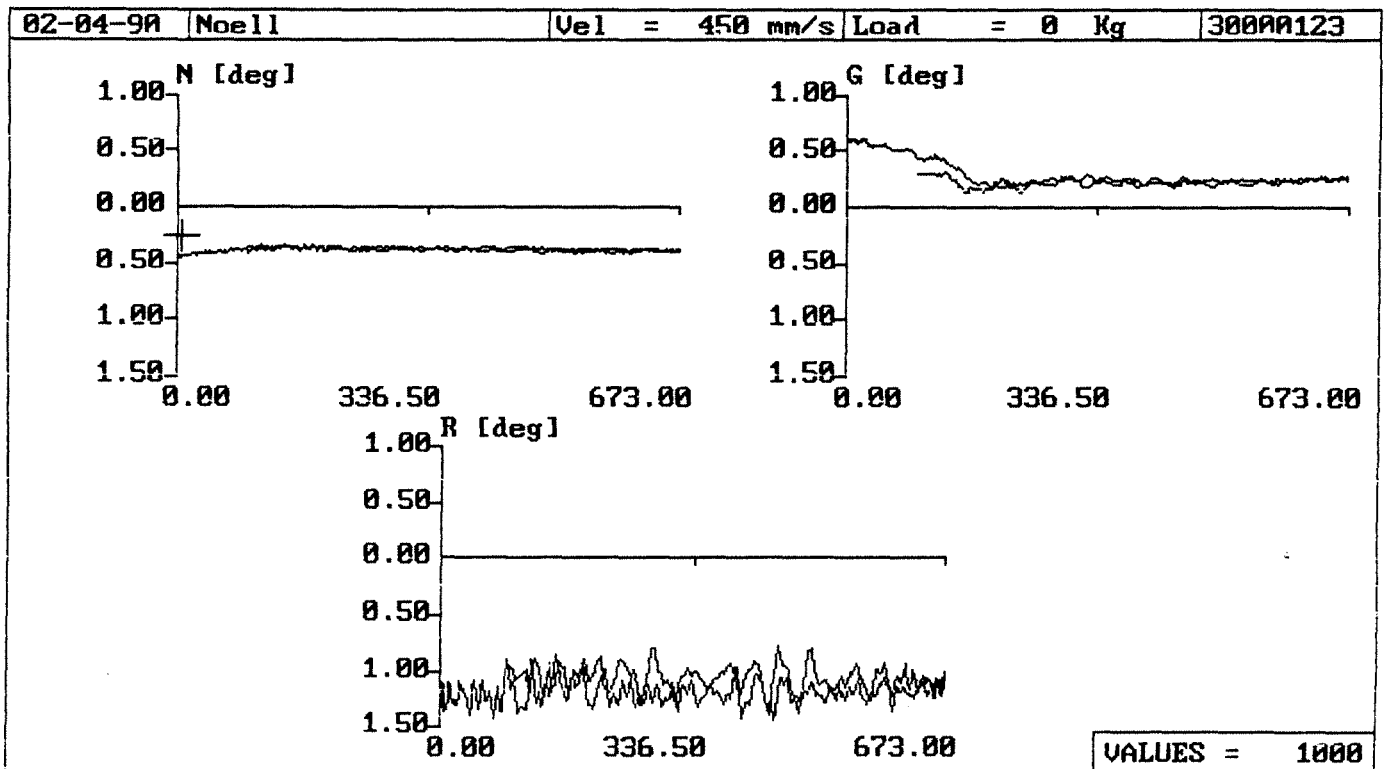
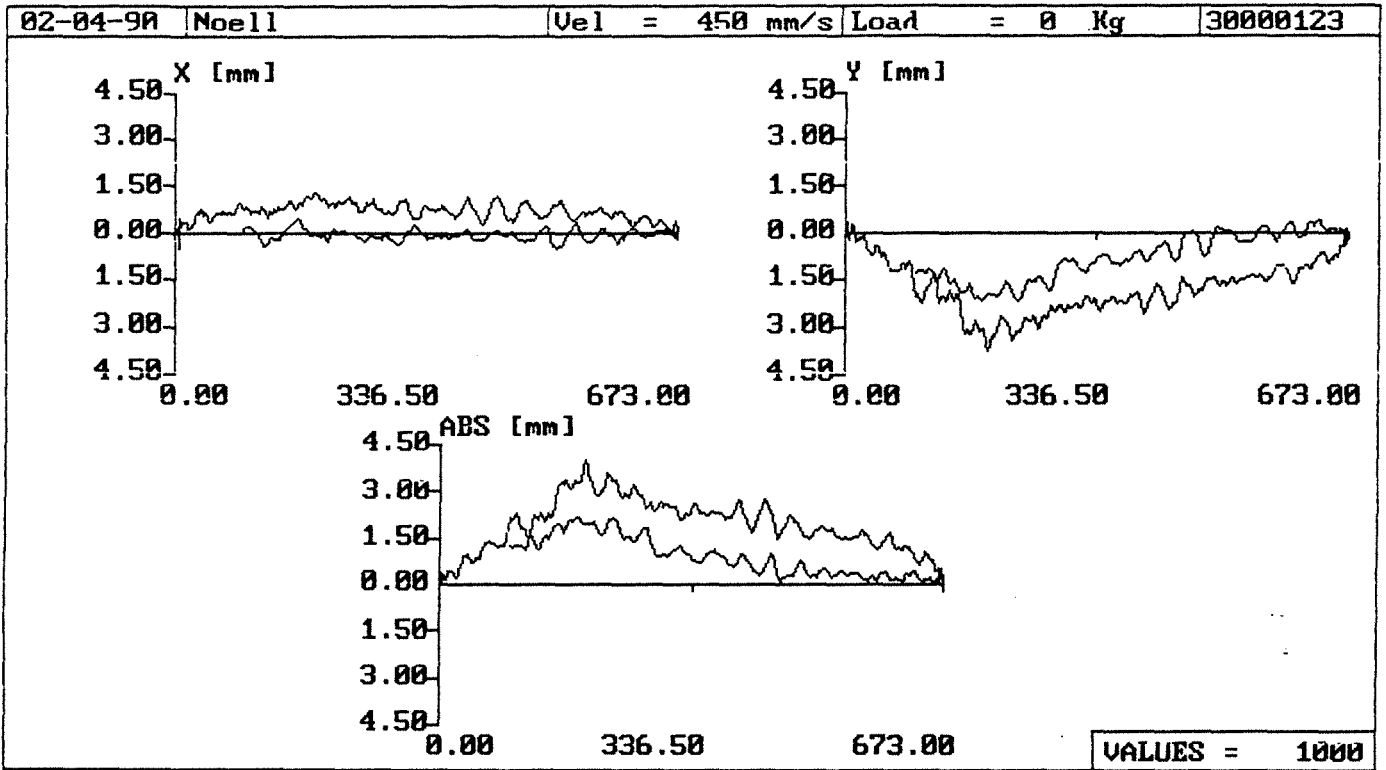


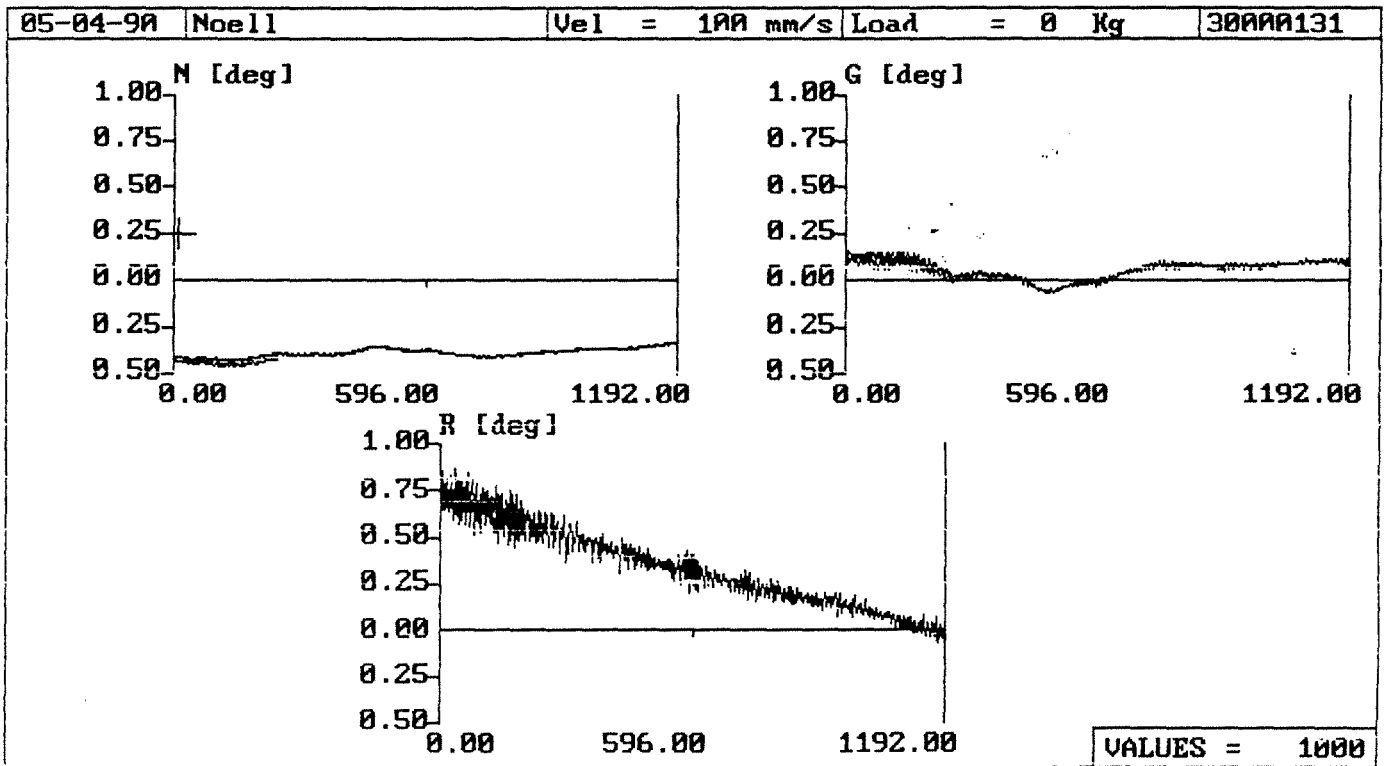
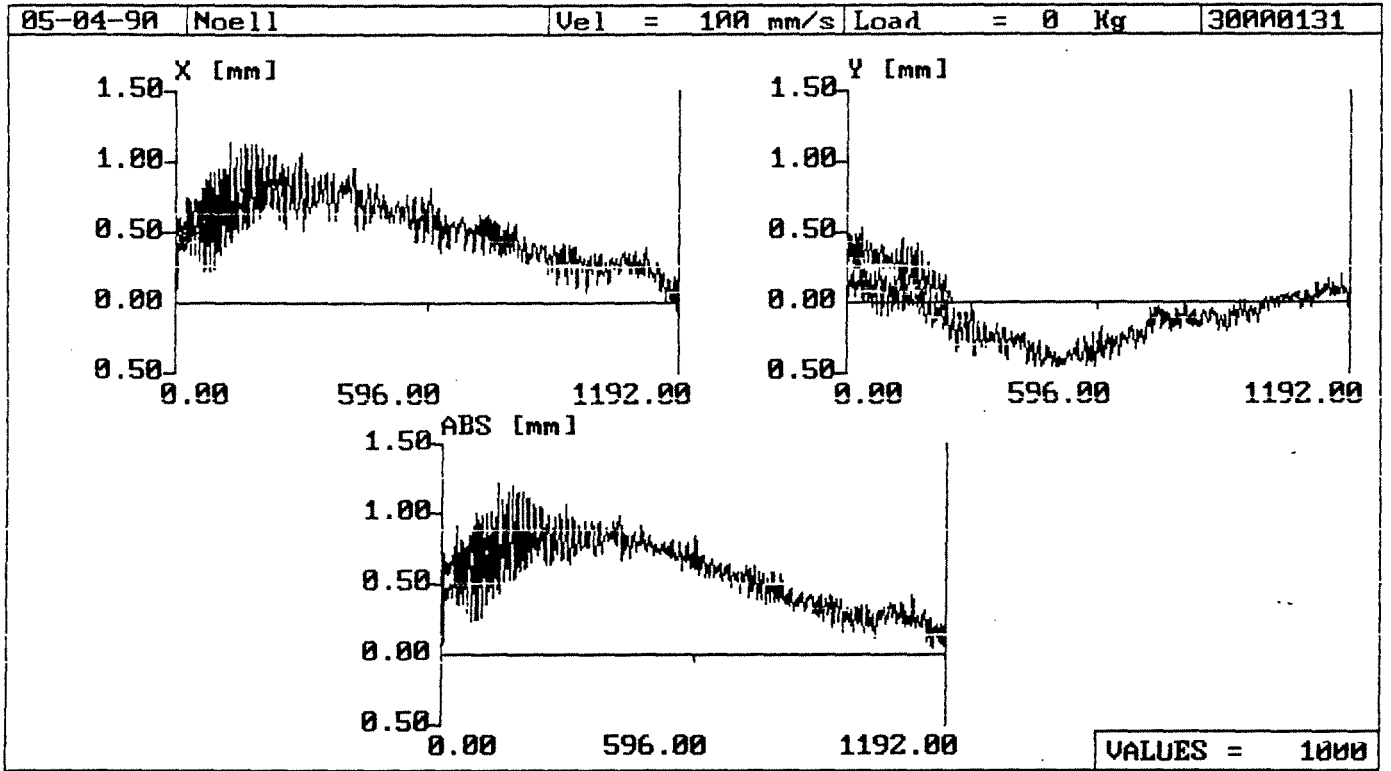


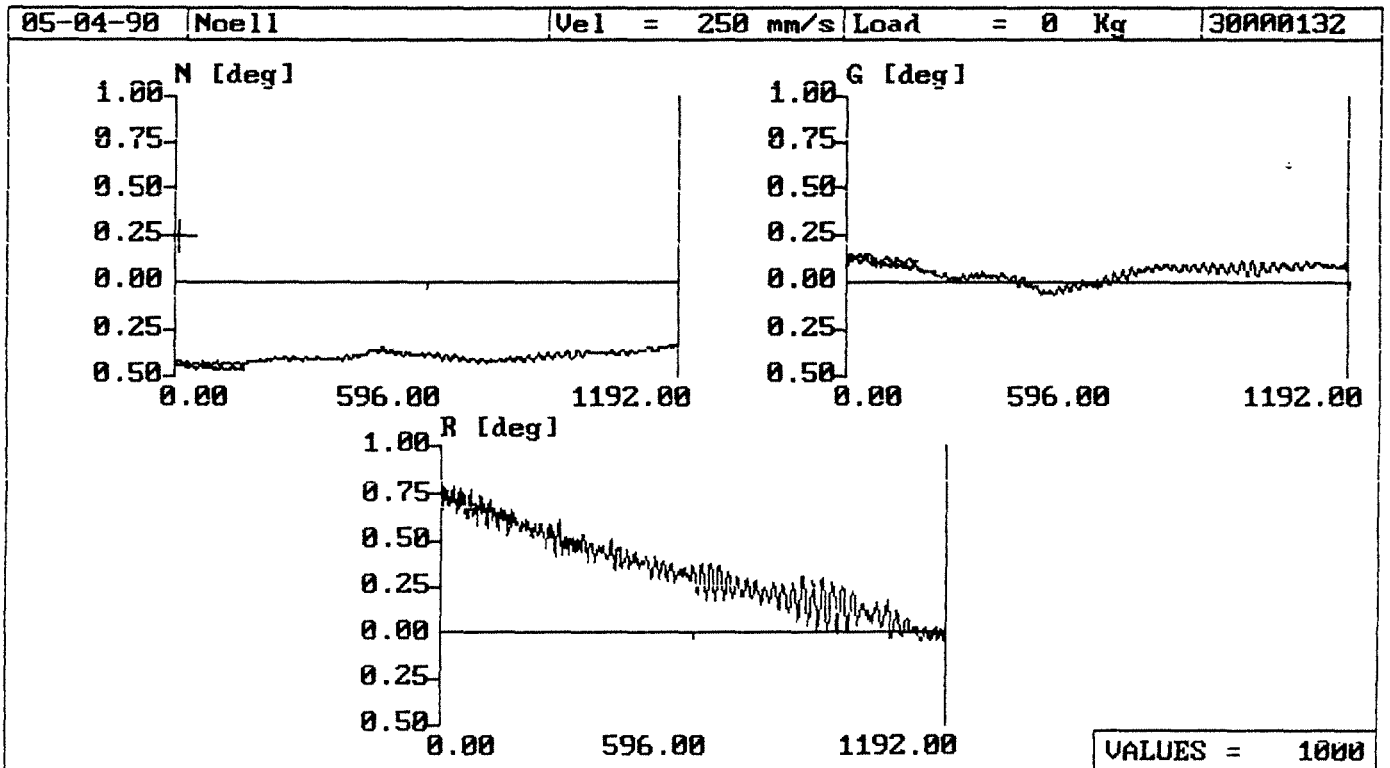
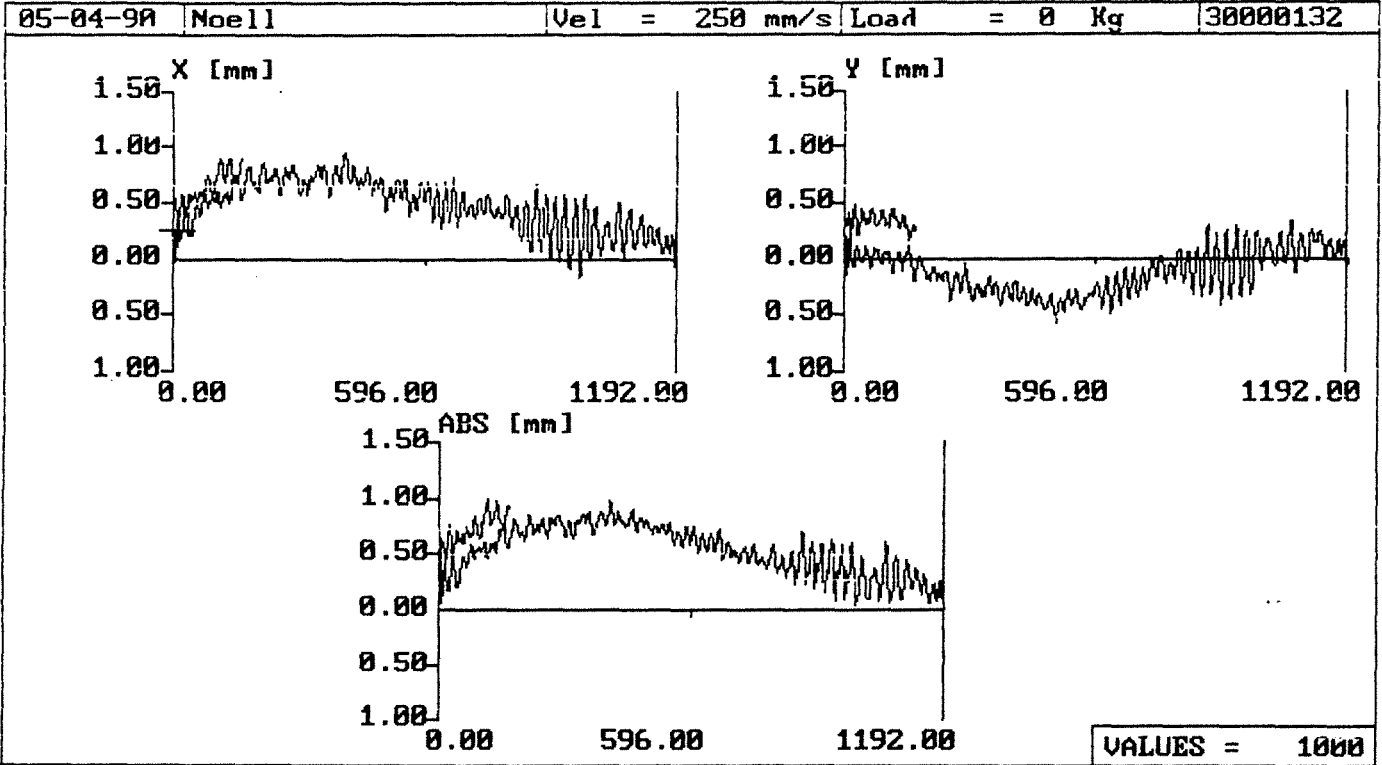


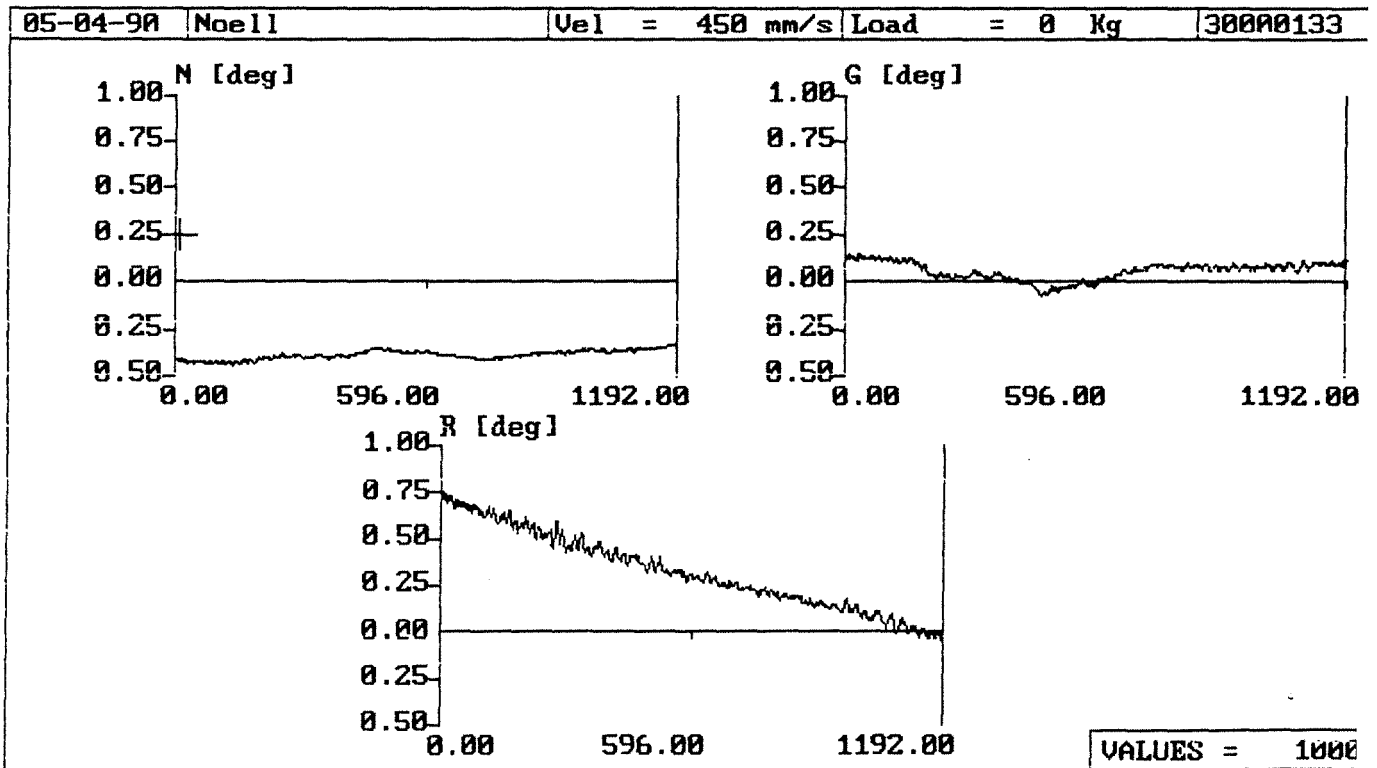
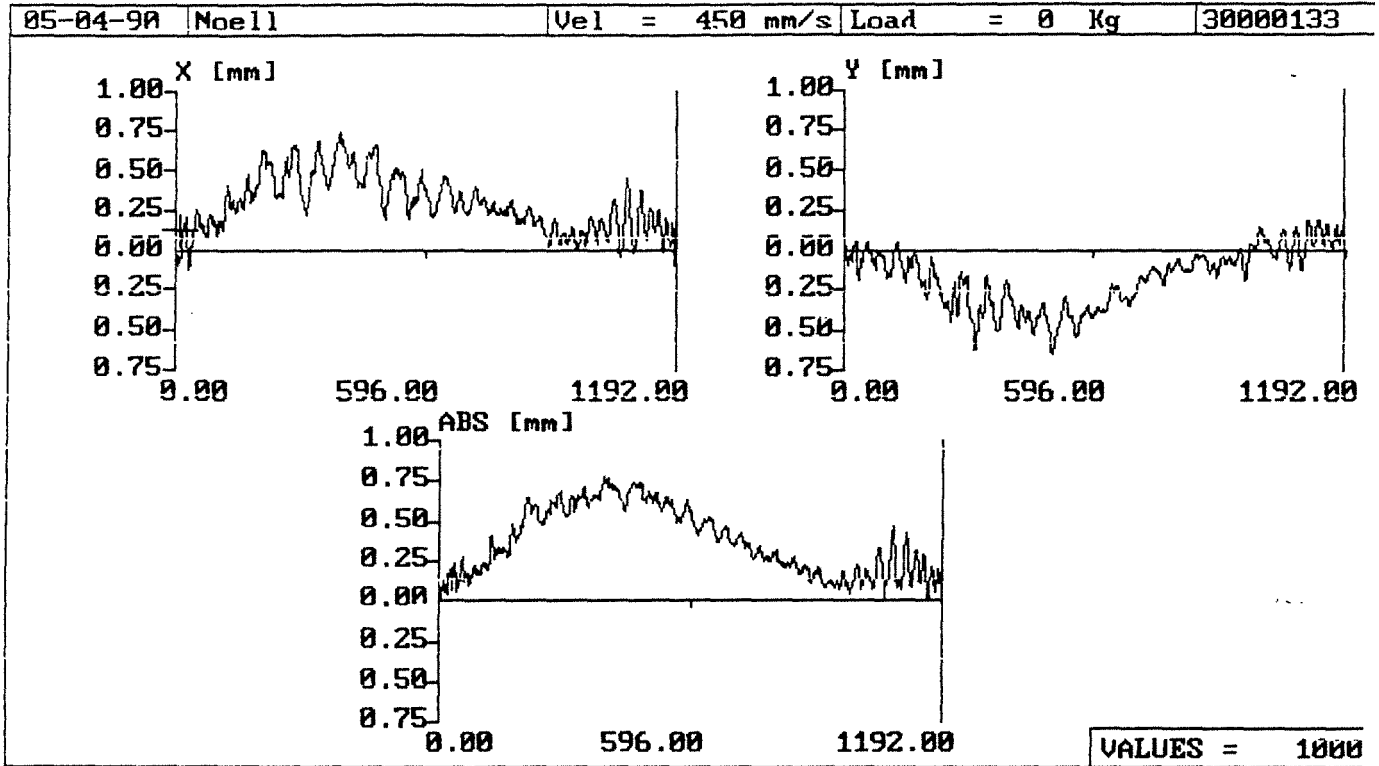












Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30000102.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 0

Z-Anfangswert [mm]:	0.108	Z-Endwert [mm] :	1099.766
X-Min [µm]:	-170.404	X-Max [µm] :	203.490
Y-Min [µm]:	-229.708	Y-Max [µm] :	364.415
Nickw.-Min [grad]:	-0.135	Nickw.-Max [grad]:	-0.093
Gierw.-Min [grad]:	0.035	Gierw.-Max [grad]:	0.224
Rollw.-Min [grad]:	-3.387	Rollw.-Max [grad]:	-1.933
Triggerwert [Hz] :	65287		
Bahnlaenge [mm] :	1099.658		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	373.894	Y-Spannweite [µm]:	594.124
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.228		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.260		
Rollwinkelspannweite [grad]:	5.319		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	68.821	Y-Abweichung [µm]:	71.076
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.015		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.017		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.613		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	412.929	Y-Streubreite [µm]:	426.458
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.090		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.099		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	3.680		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30000103.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 0

Z-Anfangswert [mm]: 0.105 Z-Endwert [mm] : 1099.652
X-Min [µm]: -194.211 X-Max [µm] : 256.489
Y-Min [µm]: -176.371 Y-Max [µm] : 352.211
Nickw.-Min [grad]: -0.119 Nickw.-Max [grad]: -0.083
Gierw.-Min [grad]: 0.040 Gierw.-Max [grad]: 0.222
Rollw.-Min [grad]: -3.296 Rollw.-Max [grad]: -1.862
Triggerwert [Hz] : 65287
Bahnlaenge [mm] : 1099.547

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 450.700 Y-Spannweite [µm]: 528.582
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.202
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.263
Rollwinkelspannweite [grad]: 5.158

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 87.978 Y-Abweichung [µm]: 119.104
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.015
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.027
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.468

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 527.866 Y-Streubreite [µm]: 714.627
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.089
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.160
Rollwinkelstreubreite [grad]: 2.809

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30000111.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: -800.315 Z-Endwert [mm] : 0.149
X-Min [µm]: -291.643 X-Max [µm] : 127.950
Y-Min [µm]: -208.851 Y-Max [µm] : 884.323
Nickw.-Min [grad]: -0.300 Nickw.-Max [grad]: 0.171
Gierw.-Min [grad]: 0.143 Gierw.-Max [grad]: 0.512
Rollw.-Min [grad]: 4.264 Rollw.-Max [grad]: 5.051
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 800.463

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 419.593 Y-Spannweite [µm]: 1093.174
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.471
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.655
Rollwinkelspannweite [grad]: 9.315

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 87.219 Y-Abweichung [µm]: 380.572
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.148
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.095
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.345

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 523.316 Y-Streubreite [µm]: 2283.431
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.888
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.573
Rollwinkelstreubreite [grad]: 2.071

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30000112.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: -800.301 Z-Endwert [mm] : 0.140
X-Min [µm]: -387.426 X-Max [µm] : 111.886
Y-Min [µm]: -259.684 Y-Max [µm] : 850.569
Nickw.-Min [grad]: -0.305 Nickw.-Max [grad]: 0.175
Gierw.-Min [grad]: 0.145 Gierw.-Max [grad]: 0.519
Rollw.-Min [grad]: 4.212 Rollw.-Max [grad]: 5.000
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 800.441

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 499.311 Y-Spannweite [µm]: 1110.253
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.480
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.664
Rollwinkelspannweite [grad]: 9.212

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 100.171 Y-Abweichung [µm]: 434.801
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.081
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.047
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.353

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 601.029 Y-Streubreite [µm]: 2608.804
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.484
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.283
Rollwinkelstreubreite [grad]: 2.121

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30000113.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: -779.843 Z-Endwert [mm] : 0.092
X-Min [µm]: -224.398 X-Max [µm] : 73.549
Y-Min [µm]: -42.890 Y-Max [µm] : 1280.693
Nickw.-Min [grad]: -0.295 Nickw.-Max [grad]: 0.142
Gierw.-Min [grad]: 0.141 Gierw.-Max [grad]: 0.512
Rollw.-Min [grad]: 4.221 Rollw.-Max [grad]: 4.971
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 779.936

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 297.947 Y-Spannweite [µm]: 1323.583
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.437
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.652
Rollwinkelspannweite [grad]: 9.193

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 96.217 Y-Abweichung [µm]: 594.415
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.124
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.066
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.321

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 577.301 Y-Streubreite [µm]: 3566.490
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.744
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.395
Rollwinkelstreubreite [grad]: 1.926

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30000121.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 0

Z-Anfangswert [mm]:	0.254	Z-Endwert [mm] :	673.790
X-Min [µm]:	-256.090	X-Max [µm] :	779.081
Y-Min [µm]:	-2718.436	Y-Max [µm] :	572.288
Nickw.-Min [grad]:	-0.447	Nickw.-Max [grad]:	-0.356
Gierw.-Min [grad]:	0.194	Gierw.-Max [grad]:	0.602
Rollw.-Min [grad]:	-1.449	Rollw.-Max [grad]:	-0.956
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	673.536		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1035.170 Y-Spannweite [µm]: 3290.724
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.803
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.796
Rollwinkelspannweite [grad]: 2.405

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 224.136 Y-Abweichung [µm]: 1285.064
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.033
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.139
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.087

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 1344.813 Y-Streubreite [µm]: 7710.386
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.198
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.834
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.525

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30000122.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]:	0.393	Z-Endwert [mm] :	673.962
X-Min [µm]:	-733.456	X-Max [µm] :	961.795
Y-Min [µm]:	-3378.405	Y-Max [µm] :	540.598
Nickw.-Min [grad]:	-0.448	Nickw.-Max [grad]:	-0.352
Gierw.-Min [grad]:	0.124	Gierw.-Max [grad]:	0.619
Rollw.-Min [grad]:	-1.604	Rollw.-Max [grad]:	-0.829
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	673.569		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	1695.251	Y-Spannweite [µm]:	3919.003
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.799		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.743		
Rollwinkelspannweite [grad]:	2.433		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	561.571	Y-Abweichung [µm]:	1580.004
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.037		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.190		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.134		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	3369.428	Y-Streubreite [µm]:	9480.022
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.221		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	1.138		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.807		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30000123.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 0

Z-Anfangswert [mm]:	0.166	Z-Endwert [mm] :	673.743
X-Min [µm]:	-487.182	X-Max [µm] :	1354.009
Y-Min [µm]:	-3820.809	Y-Max [µm] :	437.885
Nickw.-Min [grad]:	-0.449	Nickw.-Max [grad]:	-0.328
Gierw.-Min [grad]:	0.133	Gierw.-Max [grad]:	0.609
Rollw.-Min [grad]:	-1.437	Rollw.-Max [grad]:	-0.772
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	673.577		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	1841.190	Y-Spannweite [µm]:	4258.694
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.777		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.741		
Rollwinkelspannweite [grad]:	2.209		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	356.858	Y-Abweichung [µm]:	1135.880
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.028		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.168		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.087		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	2141.148	Y-Streubreite [µm]:	6815.282
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.167		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	1.006		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.521		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30000131.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 0

Z-Anfangswert [mm]: -1192.809 Z-Endwert [mm] : 0.135
X-Min [µm]: -57.308 X-Max [µm] : 1137.137
Y-Min [µm]: -462.494 Y-Max [µm] : 528.596
Nickw.-Min [grad]: -0.468 Nickw.-Max [grad]: -0.331
Gierw.-Min [grad]: -0.071 Gierw.-Max [grad]: 0.153
Rollw.-Min [grad]: -0.081 Rollw.-Max [grad]: 0.856
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 1192.944

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1194.444 Y-Spannweite [µm]: 991.090
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.799
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.224
Rollwinkelspannweite [grad]: 0.937

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 317.936 Y-Abweichung [µm]: 197.478
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.029
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.058
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.257

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 1907.618 Y-Streubreite [µm]: 1184.867
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.177
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.349
Rollwinkelstreubreite [grad]: 1.541

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30000132.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]: -1192.830 Z-Endwert [mm] : 0.096
X-Min [µm]: -169.380 X-Max [µm] : 941.688
Y-Min [µm]: -574.762 Y-Max [µm] : 480.661
Nickw.-Min [grad]: -0.469 Nickw.-Max [grad]: -0.330
Gierw.-Min [grad]: -0.068 Gierw.-Max [grad]: 0.160
Rollw.-Min [grad]: -0.048 Rollw.-Max [grad]: 0.794
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 1192.927

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1111.068 Y-Spannweite [µm]: 1055.423
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.799
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.228
Rollwinkelspannweite [grad]: 0.842

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 323.035 Y-Abweichung [µm]: 242.275
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.024
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.055
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.211

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 1938.211 Y-Streubreite [µm]: 1453.652
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.145
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.332
Rollwinkelstreubreite [grad]: 1.268

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30000133.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :0

Z-Anfangswert [mm]:	-1192.760	Z-Endwert [mm] :	0.190
X-Min [µm]:	-133.280	X-Max [µm] :	741.256
Y-Min [µm]:	-638.970	Y-Max [µm] :	183.888
Nickw.-Min [grad]:	-0.451	Nickw.-Max [grad]:	-0.329
Gierw.-Min [grad]:	-0.074	Gierw.-Max [grad]:	0.142
Rollw.-Min [grad]:	-0.042	Rollw.-Max [grad]:	0.760
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	1192.951		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	874.536	Y-Spannweite [µm]:	822.858
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.780		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.217		
Rollwinkelspannweite [grad]:	0.802		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	249.081	Y-Abweichung [µm]:	193.269
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.030		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.053		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.123		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1494.488	Y-Streubreite [µm]:	1159.611
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.182		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.320		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.740		

Versuchsmatrix für alle durchgeführten Bahnfahrten

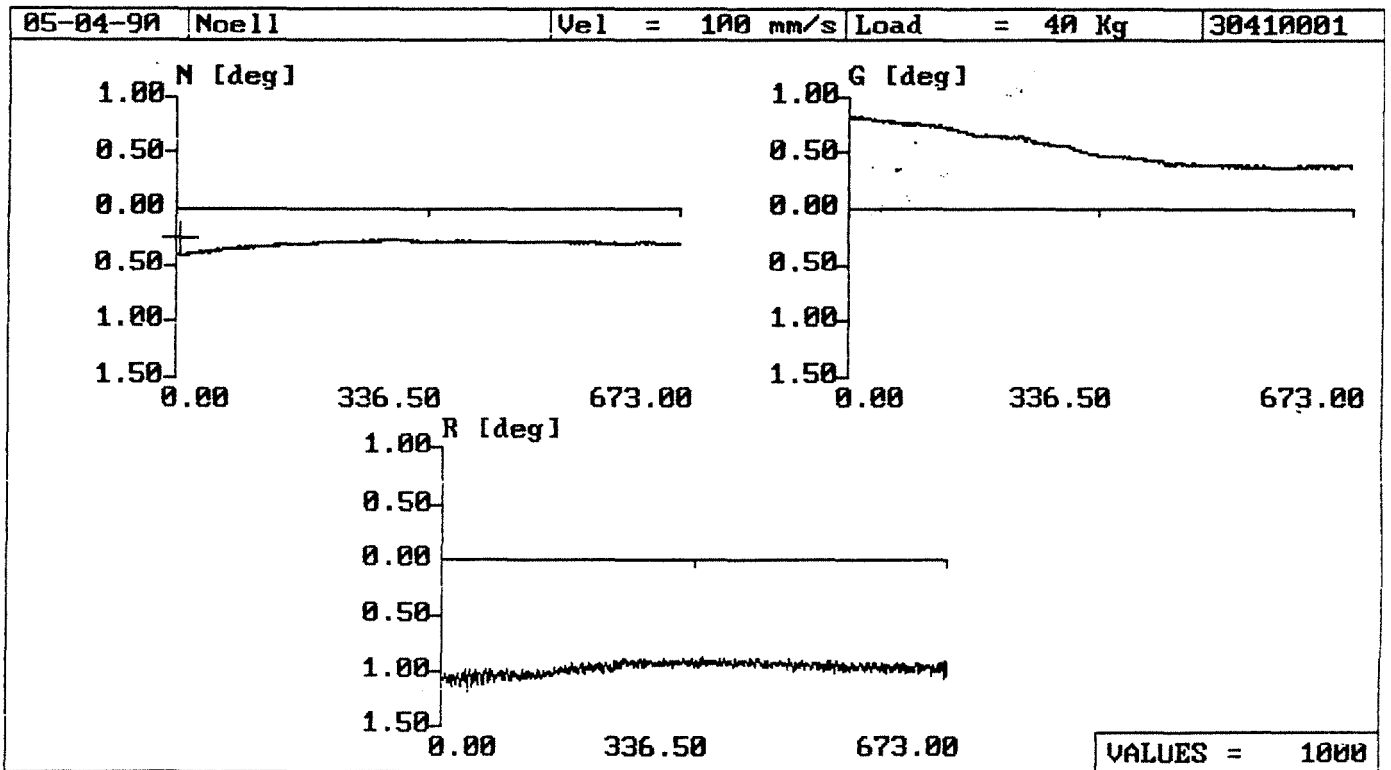
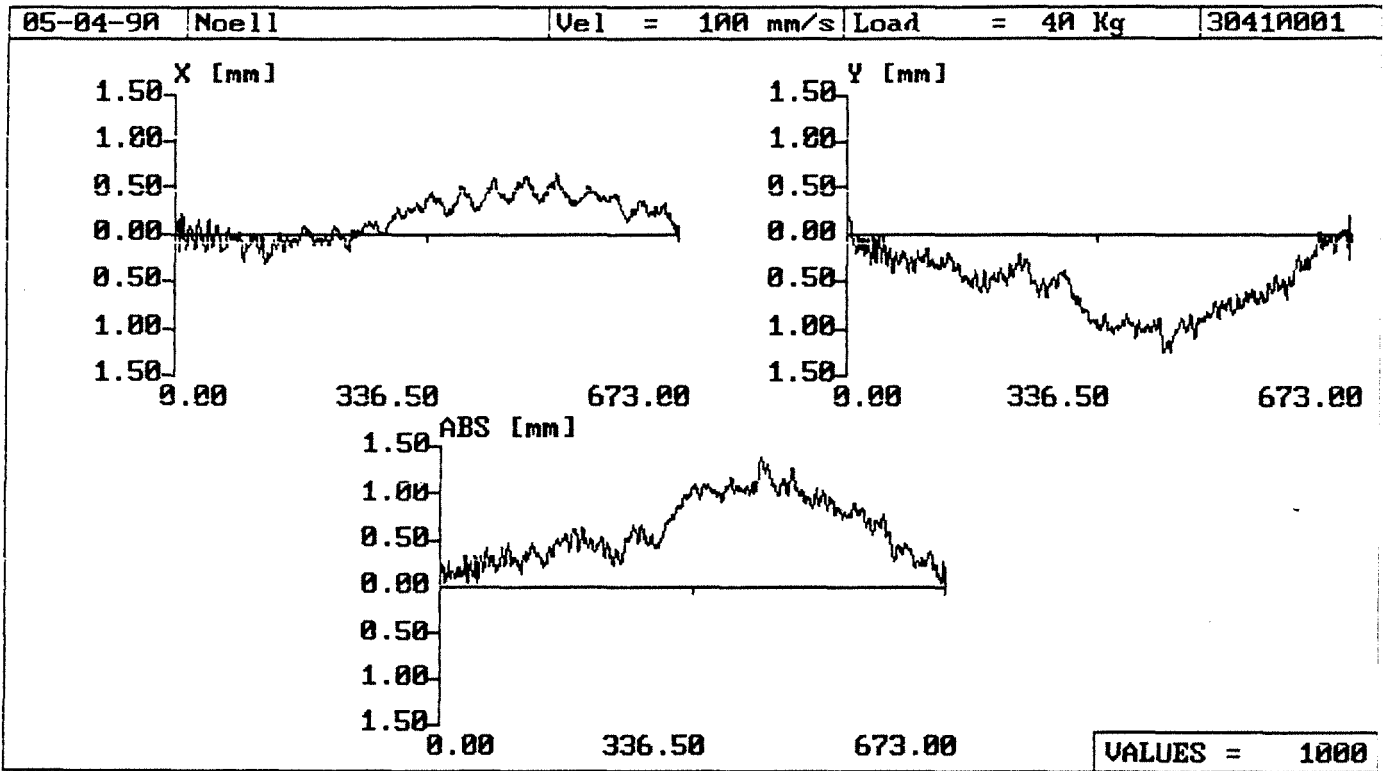
Bahnfahrt in y_R - Richtung

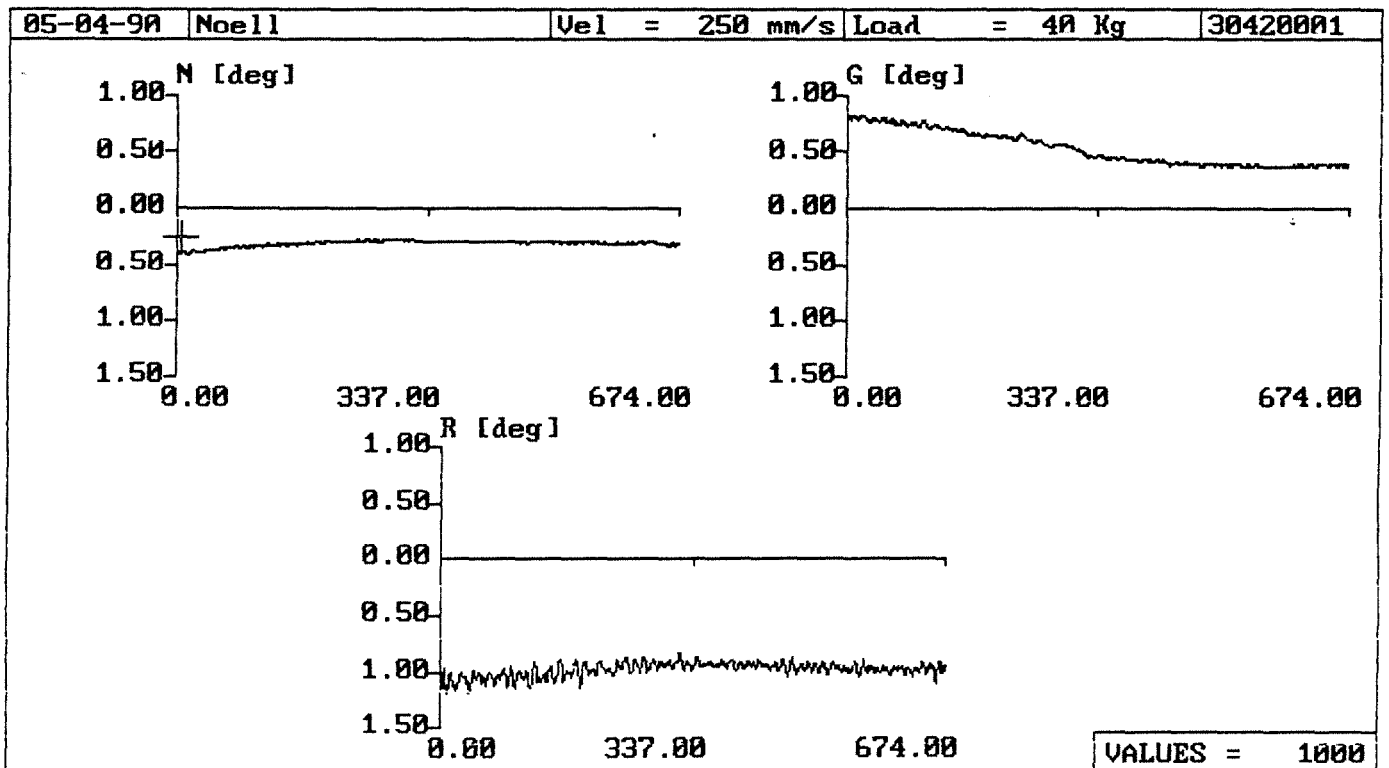
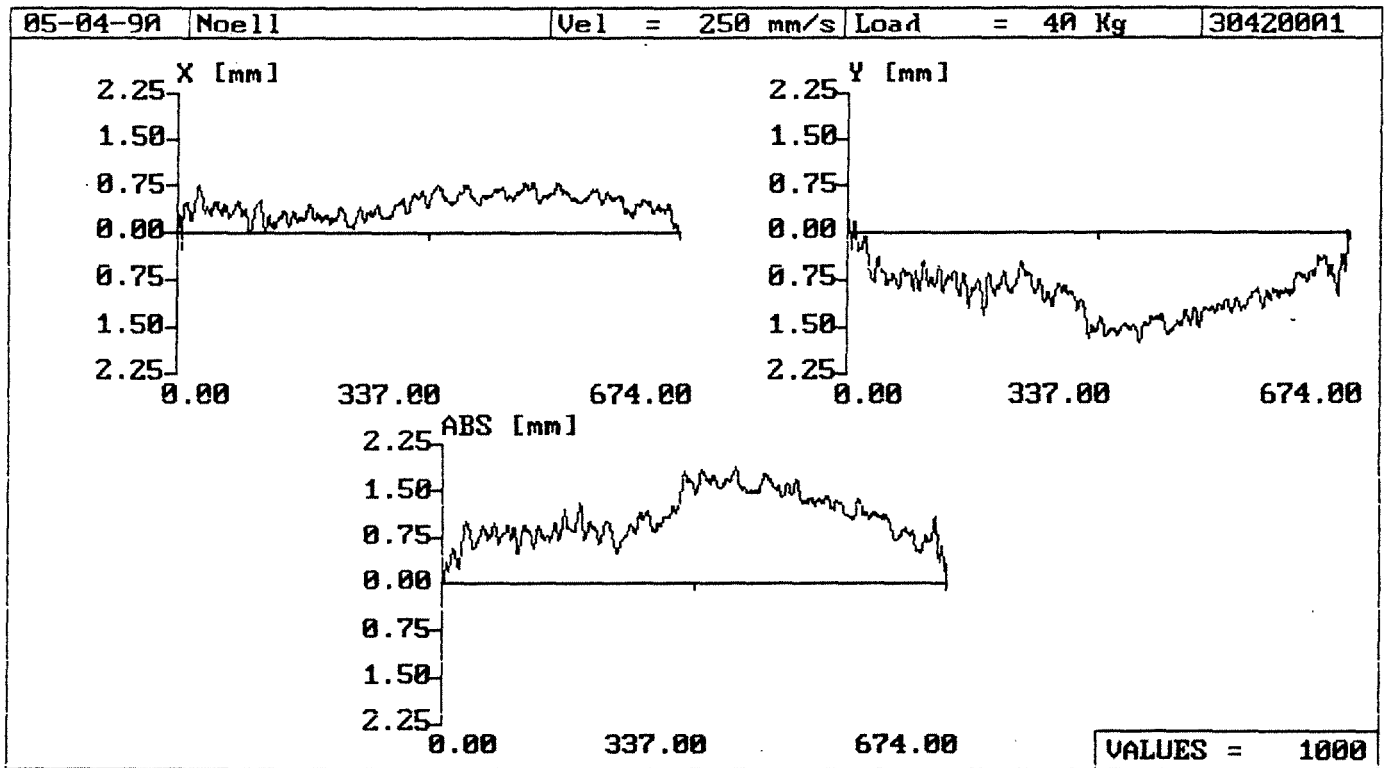
Last in positiver x_R - Richtung

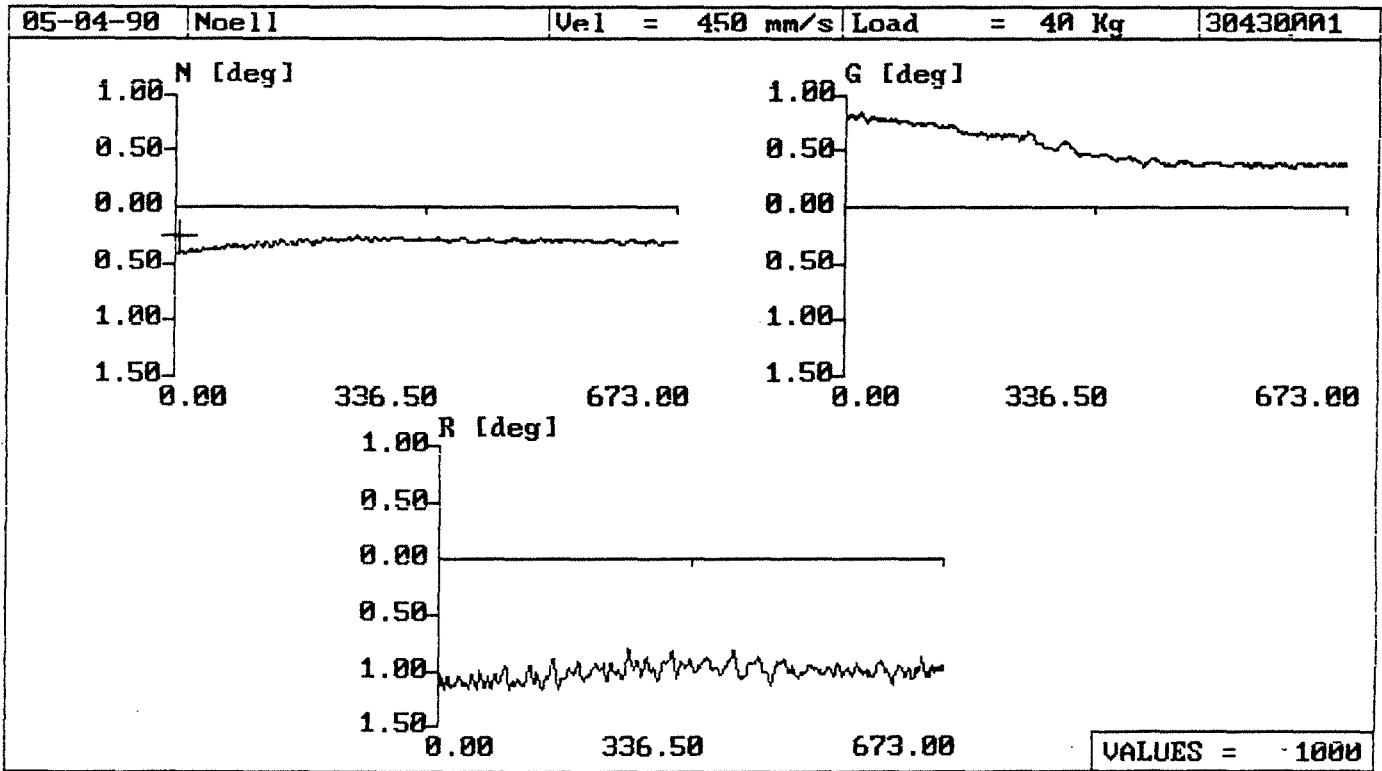
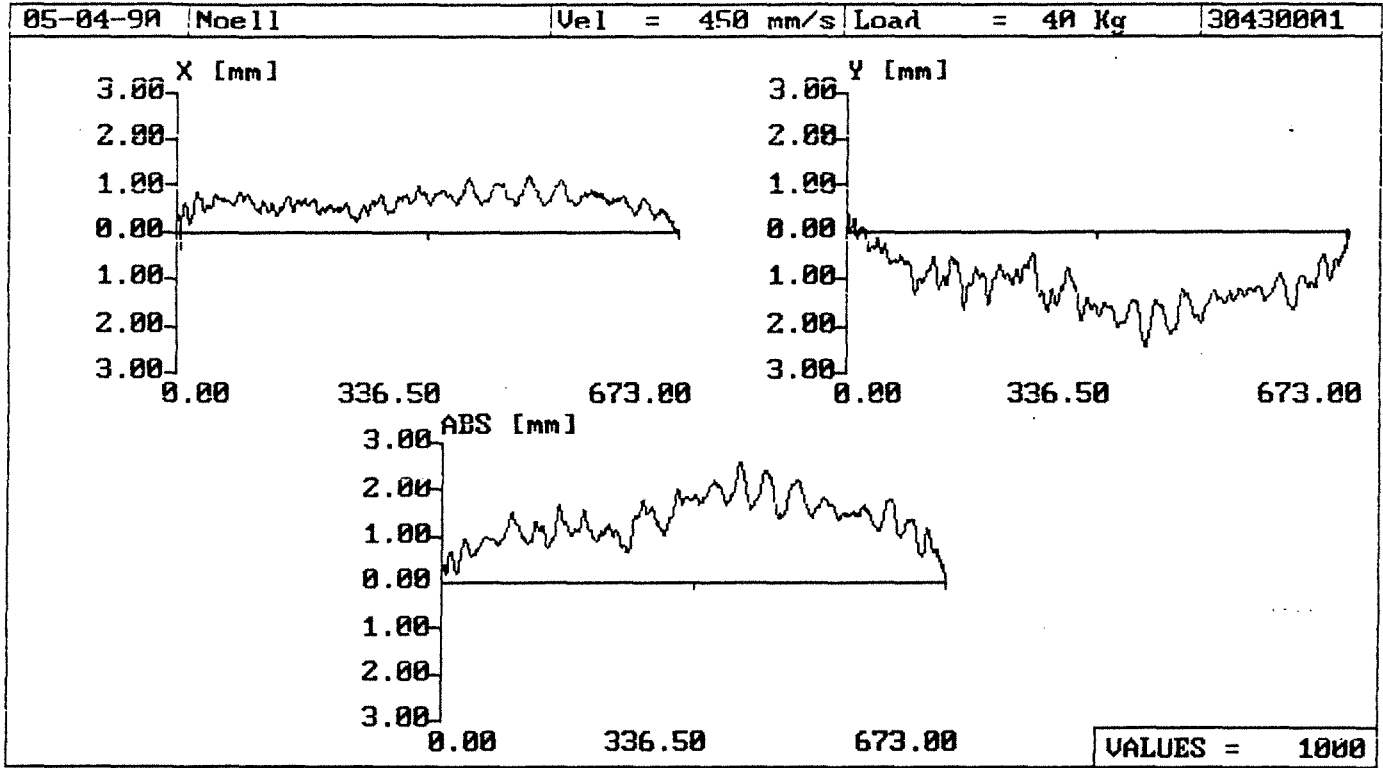
Belastung in kg						Aufzeichnungs frequenz	Verfahr geschwindigkeit	
20	40	50	60	70	80	Hz	%	$\frac{mm}{s}$
30210001	30410001	30510001	30610001	30710001	30810001	90	20	
30220001	30420001	30520001	30620001	30720001	30820001	250	50	
30220001	30430001	30530001	30630001	30730001	30830001	400	90	

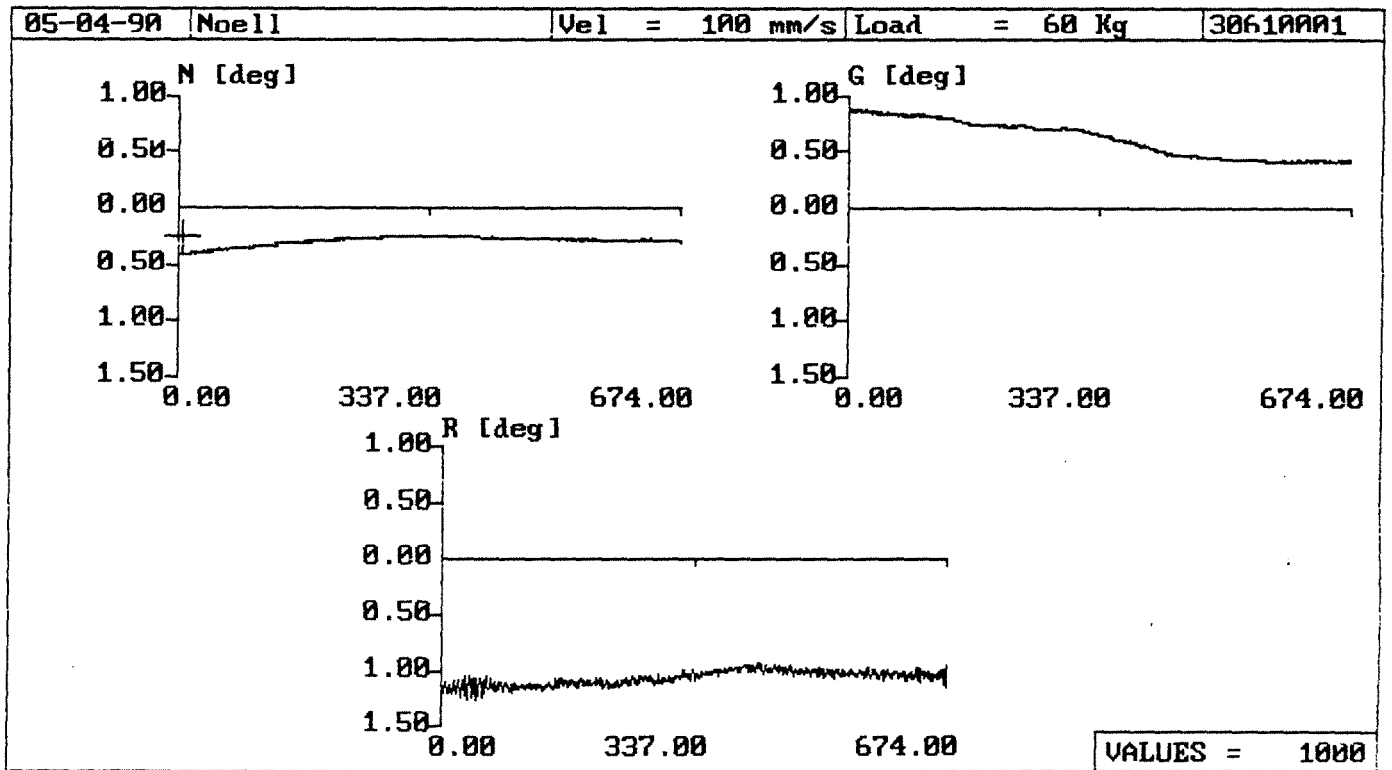
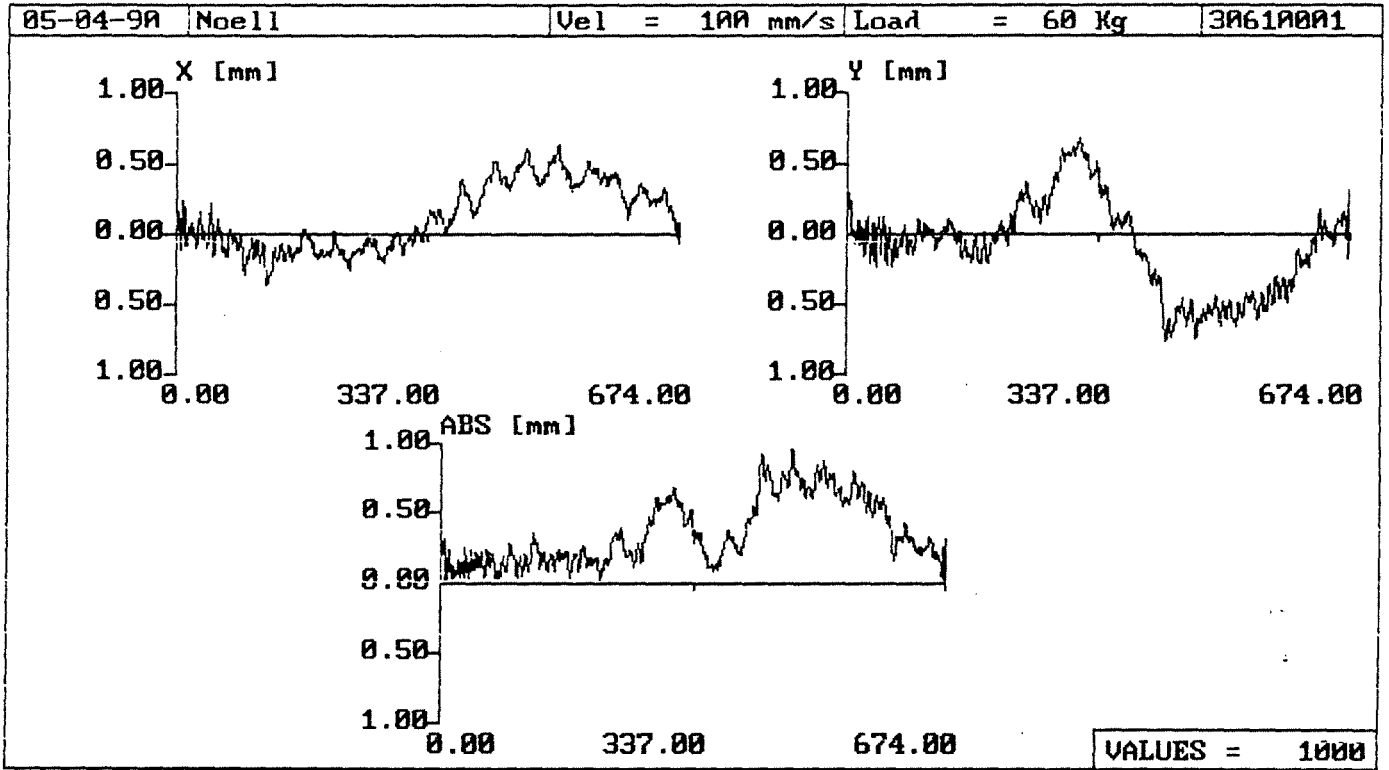
Die relative Lage der Koordinatensysteme zwischen Roboter und des Meßsystem ist Anlage 2.3-3 zu entnehmen.

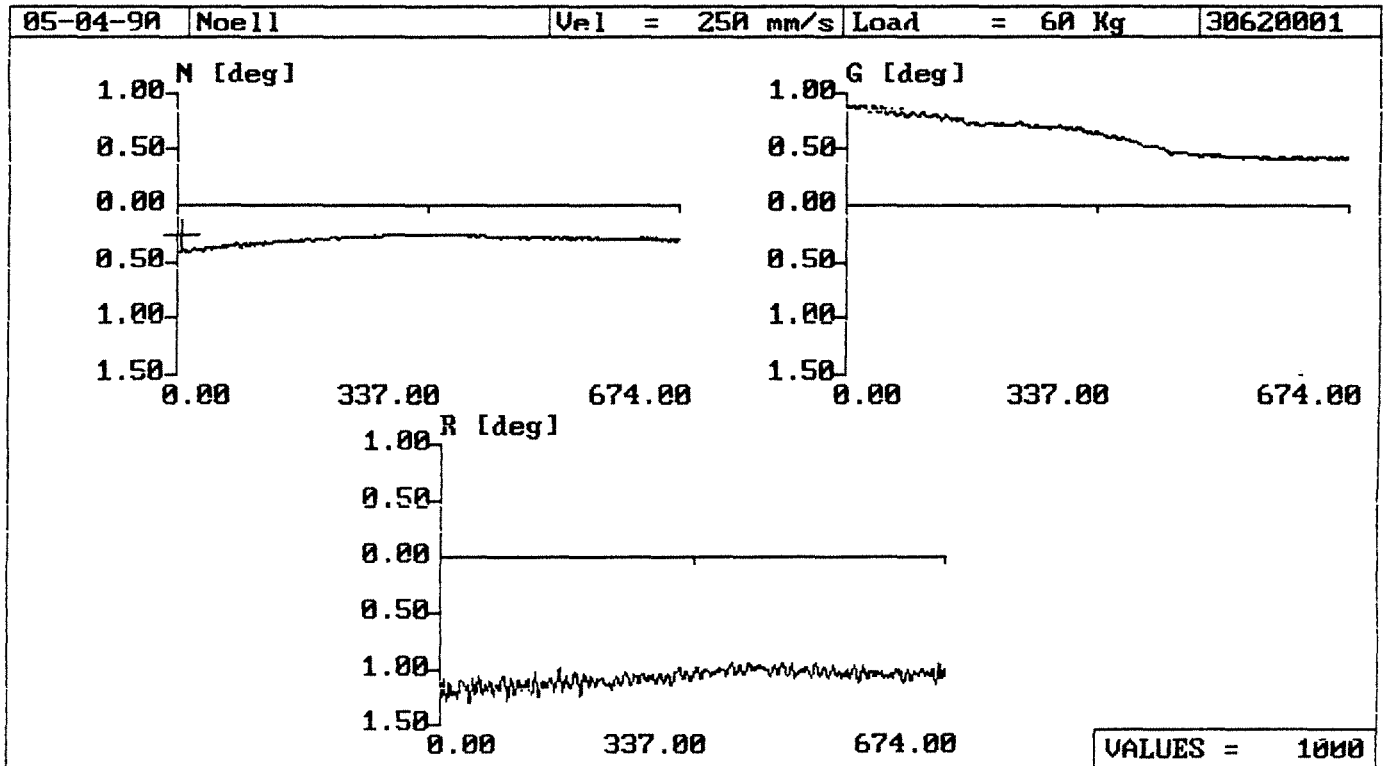
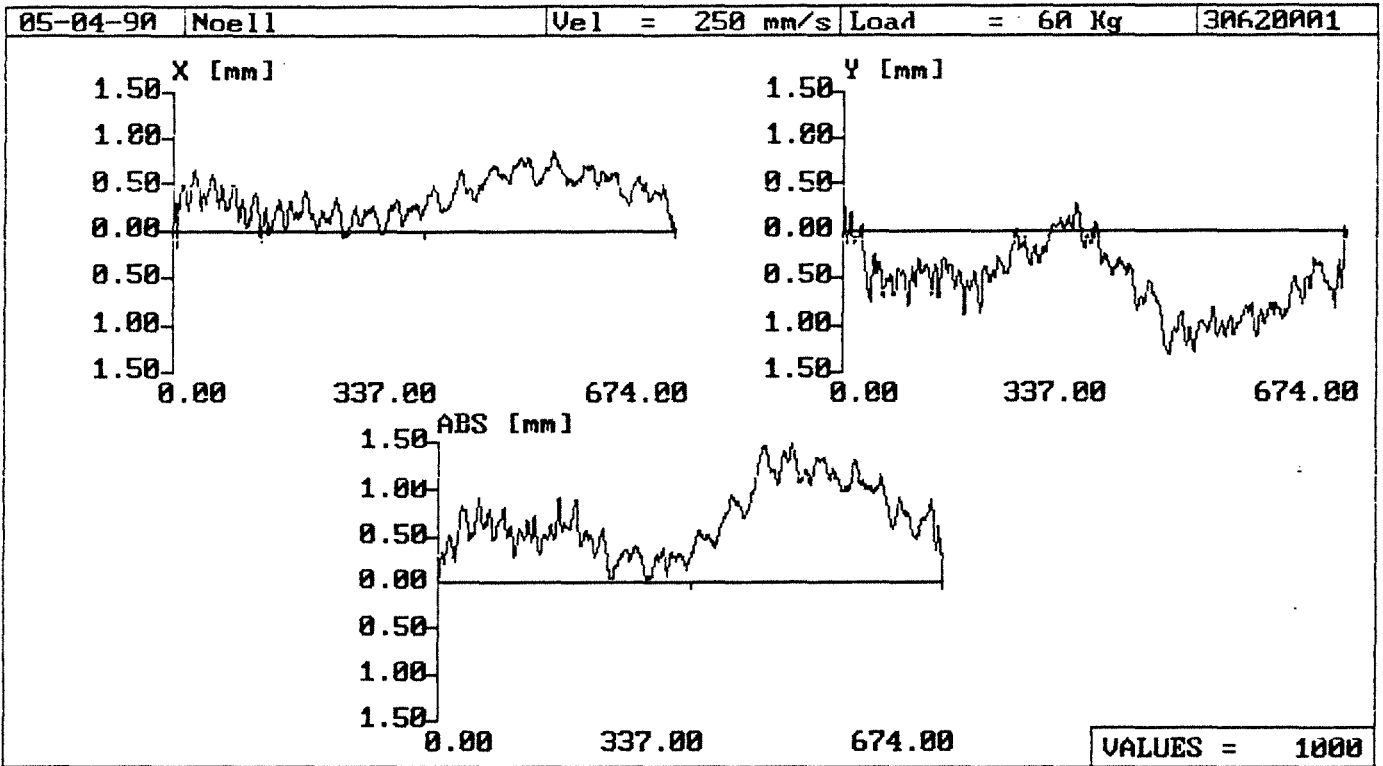
Anlage 2.3-30

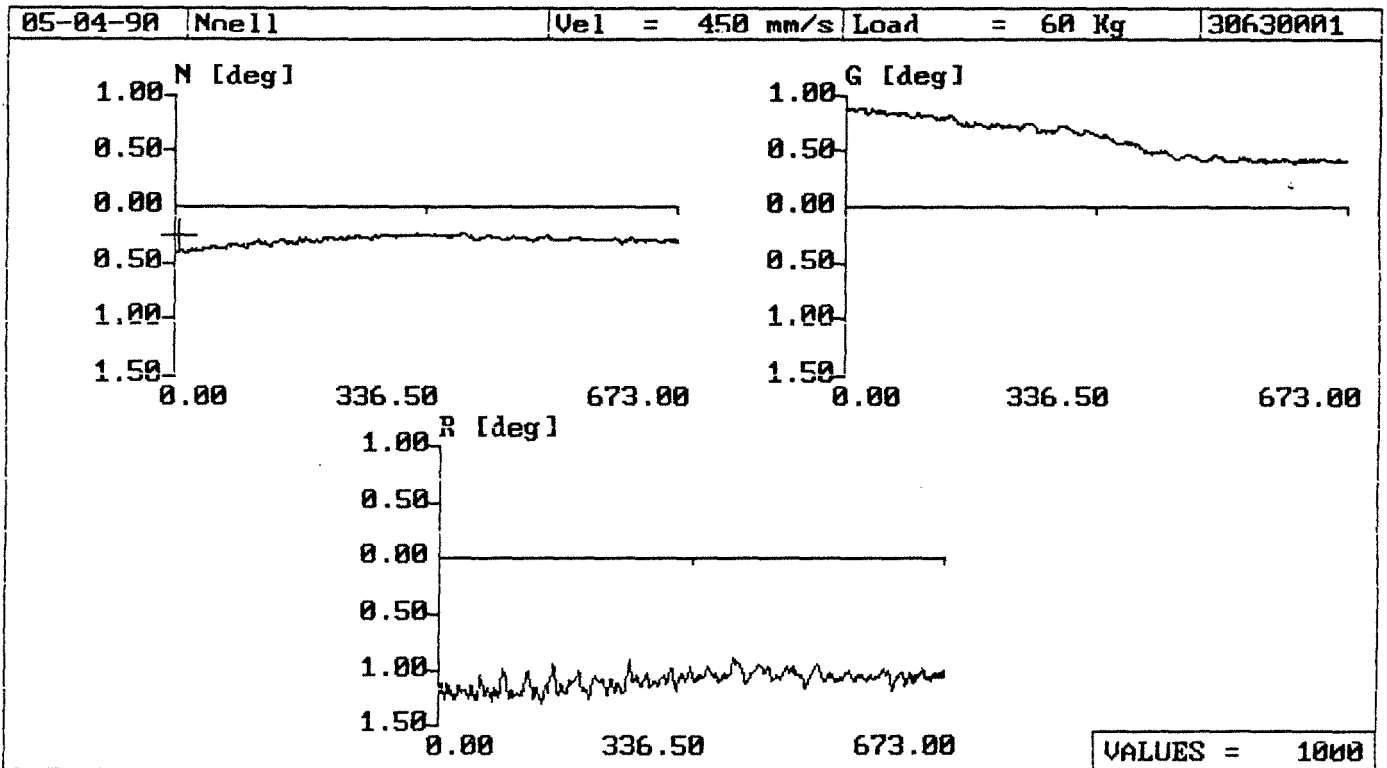
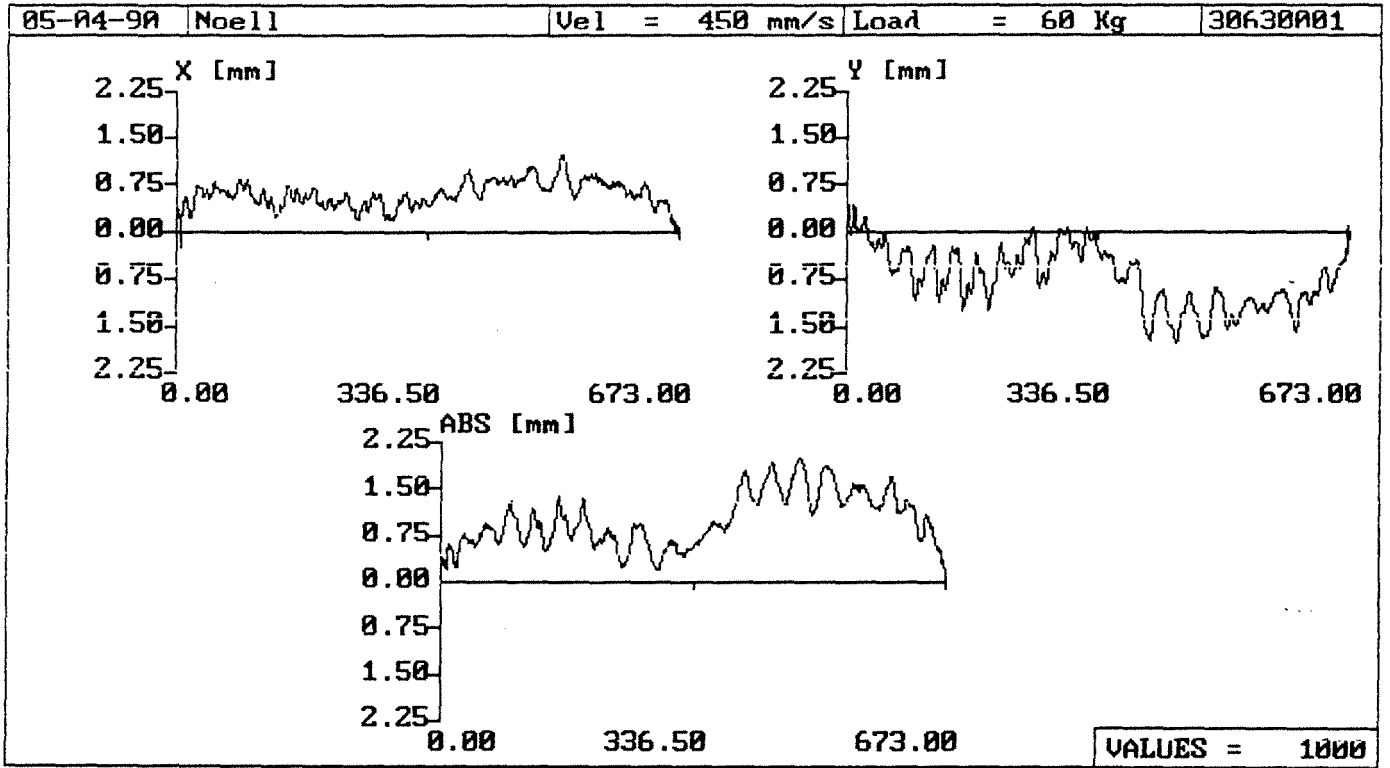


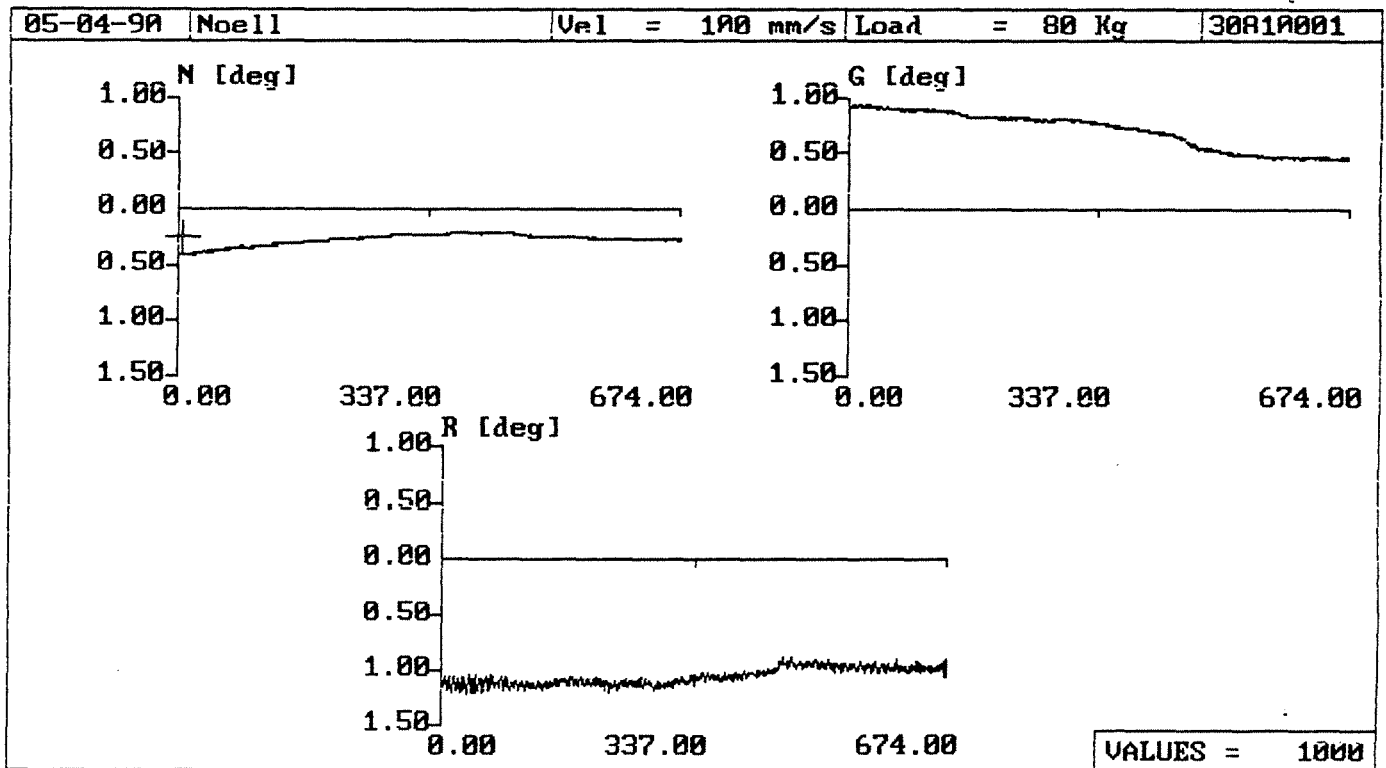
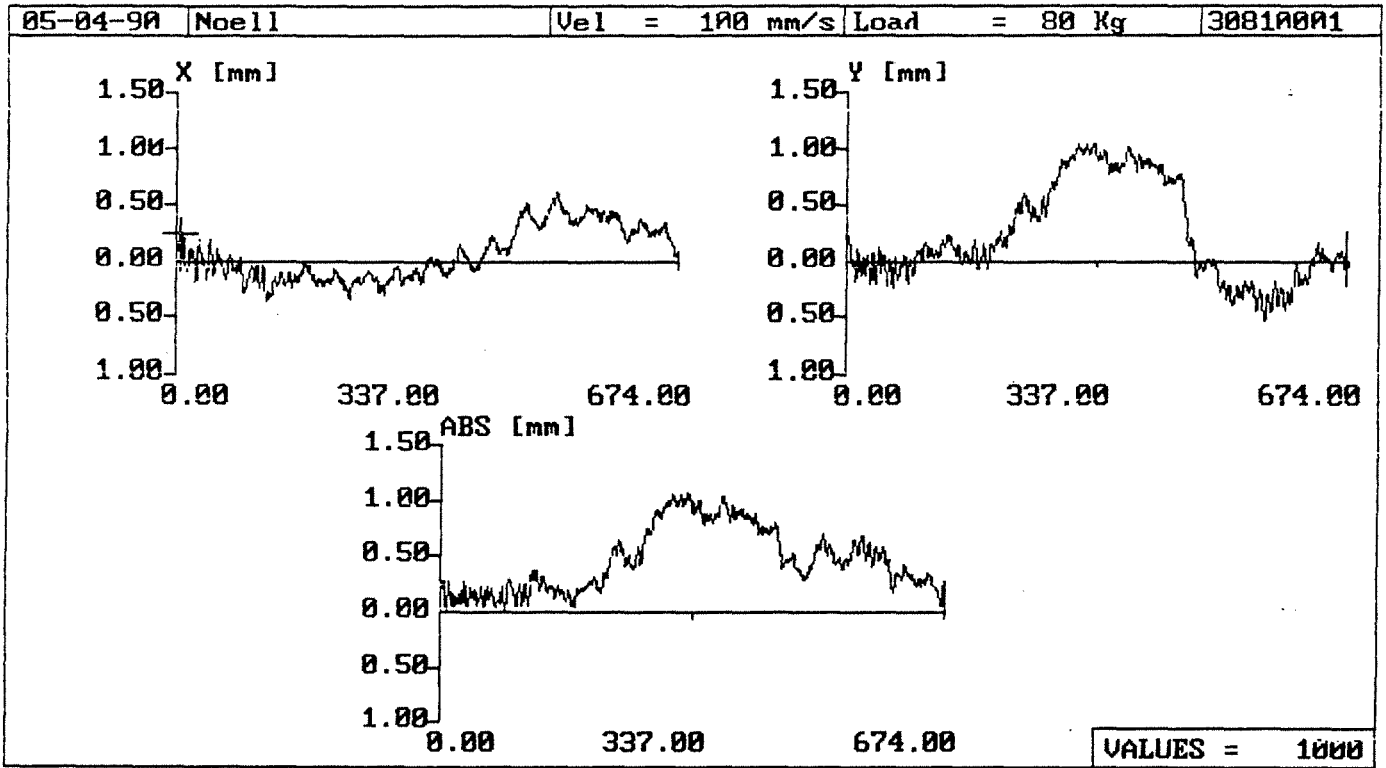


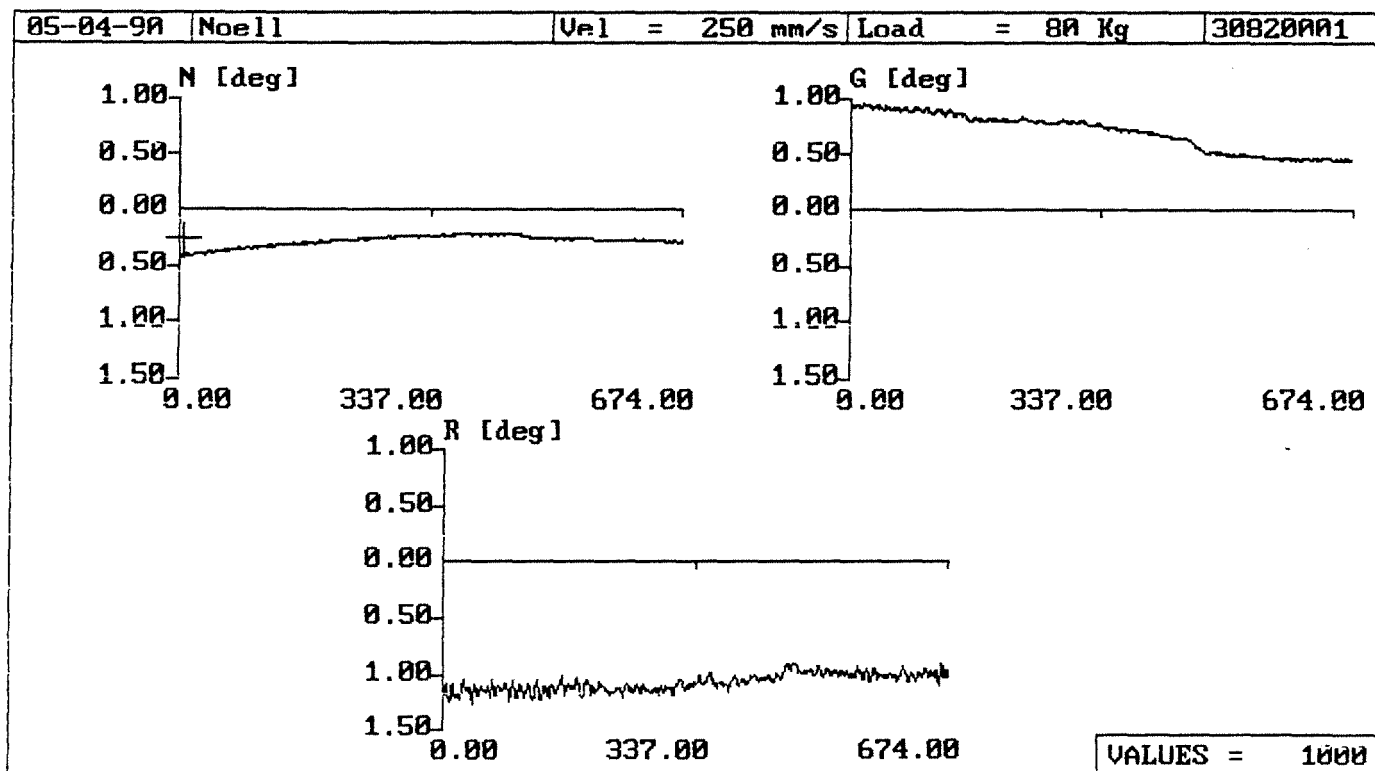
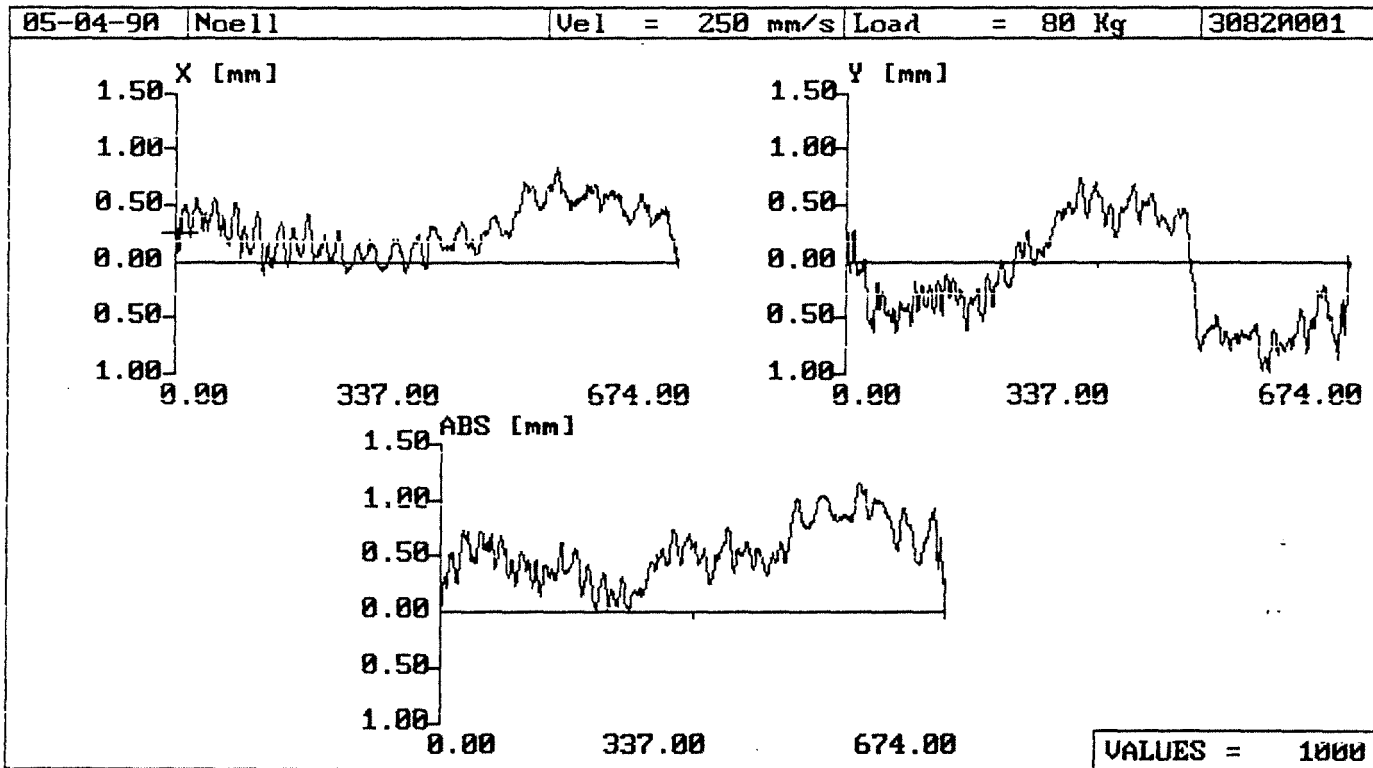


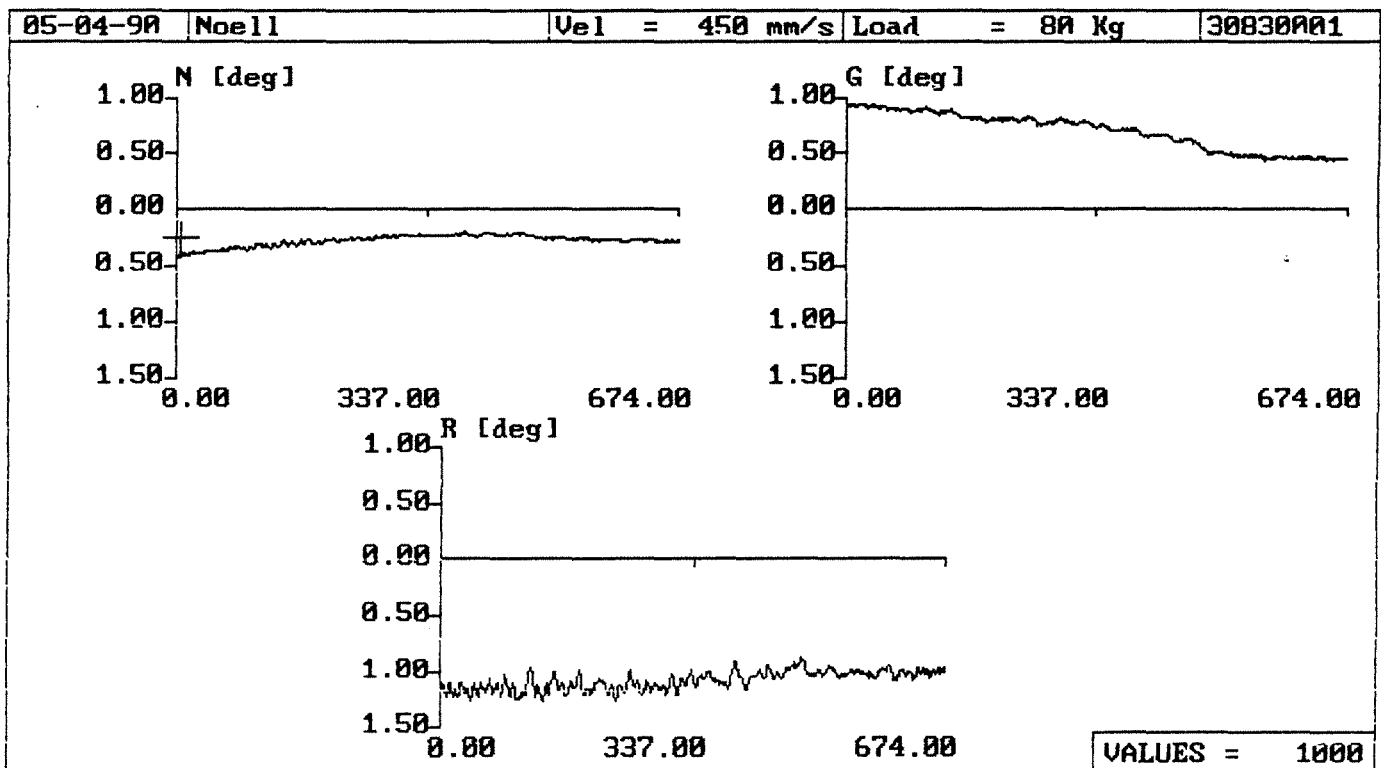
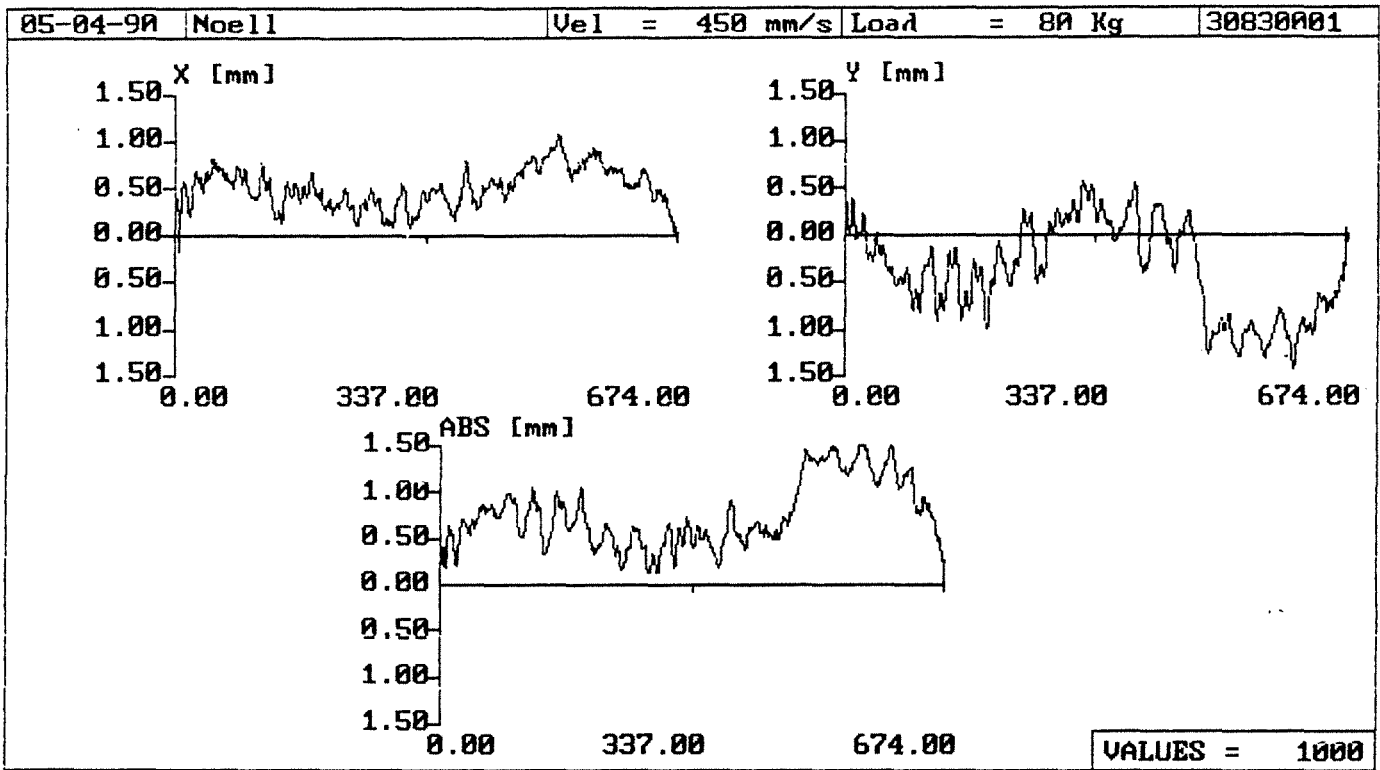












Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30410001.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :40

Z-Anfangswert [mm]: 0.720 Z-Endwert [mm] : 674.621
X-Min [µm]: -312.801 X-Max [µm] : 651.012
Y-Min [µm]: -1248.889 Y-Max [µm] : 201.438
Nickw.-Min [grad]: -0.417 Nickw.-Max [grad]: -0.275
Gierw.-Min [grad]: 0.367 Gierw.-Max [grad]: 0.817
Rollw.-Min [grad]: -1.193 Rollw.-Max [grad]: -0.882
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 673.902

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 963.813 Y-Spannweite [µm]: 1450.327
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.692
Gierwinkelspannweite [grad]: 1.184
Rollwinkelspannweite [grad]: 2.075

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 271.279 Y-Abweichung [µm]: 706.146
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.056
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.079
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.061

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 1627.672 Y-Streubreite [µm]: 4236.876
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.337
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.472
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.364

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30420001.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 40

Z-Anfangswert [mm]:	0.391	Z-Endwert [mm] :	674.412
X-Min [μm]:	-63.661	X-Max [μm] :	794.838
Y-Min [μm]:	-1753.102	Y-Max [μm] :	204.503
Nickw.-Min [grad]:	-0.417	Nickw.-Max [grad]:	-0.272
Gierw.-Min [grad]:	0.365	Gierw.-Max [grad]:	0.828
Rollw.-Min [grad]:	-1.182	Rollw.-Max [grad]:	-0.832
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	674.021		

Spannweiten:

X-Spannweite [μm]:	858.499	Y-Spannweite [μm]:	1957.604
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.690		
Gierwinkelspannweite [grad]:	1.193		
Rollwinkelspannweite [grad]:	2.013		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [μm]:	300.005	Y-Abweichung [μm]:	783.132
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.055		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.121		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.065		

Streubreiten:

X-Streubreite [μm]:	1800.031	Y-Streubreite [μm]:	4698.792
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.329		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.726		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.388		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30430001.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 40

Z-Anfangswert [mm]:	0.696	Z-Endwert [mm] :	674.564
X-Min [μm]:	-52.014	X-Max [μm] :	1189.584
Y-Min [μm]:	-2457.332	Y-Max [μm] :	360.189
Nickw.-Min [grad]:	-0.414	Nickw.-Max [grad]:	-0.261
Gierw.-Min [grad]:	0.345	Gierw.-Max [grad]:	0.831
Rollw.-Min [grad]:	-1.175	Rollw.-Max [grad]:	-0.801
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	673.867		

Spannweiten:

X-Spannweite [μm]:	1241.598	Y-Spannweite [μm]:	2817.521
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.675		
Gierwinkelspannweite [grad]:	1.175		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.976		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [μm]:	482.226	Y-Abweichung [μm]:	861.893
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.053		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.149		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.054		

Streubreiten:

X-Streubreite [μm]:	2893.353	Y-Streubreite [μm]:	5171.357
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.315		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.894		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.323		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30610001.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]:	0.707	Z-Endwert [mm] :	674.741
X-Min [μm]:	-356.763	X-Max [μm] :	637.783
Y-Min [μm]:	-772.010	Y-Max [μm] :	688.964
Nickw.-Min [grad]:	-0.420	Nickw.-Max [grad]:	-0.246
Gierw.-Min [grad]:	0.408	Gierw.-Max [grad]:	0.877
Rollw.-Min [grad]:	-1.258	Rollw.-Max [grad]:	-0.937
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	674.034		

Spannweiten:

X-Spannweite [μm]:	994.546	Y-Spannweite [μm]:	1460.974
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.666		
Gierwinkelspannweite [grad]:	1.285		
Rollwinkelspannweite [grad]:	2.194		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [μm]:	243.691	Y-Abweichung [μm]:	401.388
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.069		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.056		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.074		

Streubreiten:

X-Streubreite [μm]:	1462.149	Y-Streubreite [μm]:	2408.330
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.414		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.335		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.446		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30620001.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 60

Z-Anfangswert [mm]:	0.556	Z-Endwert [mm] :	674.627
X-Min [µm]:	-105.392	X-Max [µm] :	869.492
Y-Min [µm]:	-1320.159	Y-Max [µm] :	293.112
Nickw.-Min [grad]:	-0.419	Nickw.-Max [grad]:	-0.244
Gierw.-Min [grad]:	0.405	Gierw.-Max [grad]:	0.885
Rollw.-Min [grad]:	-1.301	Rollw.-Max [grad]:	-0.942
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	674.071		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	974.884	Y-Spannweite [µm]:	1613.271
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.663		
Gierwinkelspannweite [grad]:	1.290		
Rollwinkelspannweite [grad]:	2.244		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	307.936	Y-Abweichung [µm]:	517.828
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.067		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.108		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.051		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1847.617	Y-Streubreite [µm]:	3106.971
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.400		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.645		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.308		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30630001.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]: 0.736 Z-Endwert [mm] : 674.722
X-Min [µm]: -70.279 X-Max [µm] : 1236.473
Y-Min [µm]: -1763.048 Y-Max [µm] : 400.141
Nickw.-Min [grad]: -0.418 Nickw.-Max [grad]: -0.235
Gierw.-Min [grad]: 0.391 Gierw.-Max [grad]: 0.886
Rollw.-Min [grad]: -1.299 Rollw.-Max [grad]: -0.890
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 673.985

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1306.752 Y-Spannweite [µm]: 2163.189
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.653
Gierwinkelspannweite [grad]: 1.277
Rollwinkelspannweite [grad]: 2.189

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 438.873 Y-Abweichung [µm]: 617.393
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.064
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.141
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.056

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 2633.240 Y-Streubreite [µm]: 3704.359
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.387
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.845
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.334

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30810001.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :80

Z-Anfangswert [mm]:	0.795	Z-Endwert [mm] :	674.899
X-Min [µm]:	-359.344	X-Max [µm] :	623.847
Y-Min [µm]:	-524.082	Y-Max [µm] :	1050.814
Nickw.-Min [grad]:	-0.424	Nickw.-Max [grad]:	-0.214
Gierw.-Min [grad]:	0.448	Gierw.-Max [grad]:	0.938
Rollw.-Min [grad]:	-1.232	Rollw.-Max [grad]:	-0.895
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	674.105		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	983.191	Y-Spannweite [µm]:	1574.896
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.639		
Gierwinkelspannweite [grad]:	1.386		
Rollwinkelspannweite [grad]:	2.127		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	226.477	Y-Abweichung [µm]:	432.292
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.079		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.053		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.100		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1358.864	Y-Streubreite [µm]:	2593.750
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.475		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.315		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.599		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30820001.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 80

Z-Anfangswert [mm]: 0.596 Z-Endwert [mm] : 674.759
X-Min [µm]: -132.966 X-Max [µm] : 822.830
Y-Min [µm]: -977.438 Y-Max [µm] : 743.797
Nickw.-Min [grad]: -0.423 Nickw.-Max [grad]: -0.210
Gierw.-Min [grad]: 0.441 Gierw.-Max [grad]: 0.947
Rollw.-Min [grad]: -1.264 Rollw.-Max [grad]: -0.903
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 674.163

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 955.796 Y-Spannweite [µm]: 1721.235
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.633
Gierwinkelspannweite [grad]: 1.388
Rollwinkelspannweite [grad]: 2.167

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 252.959 Y-Abweichung [µm]: 384.094
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.080
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.094
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.046

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 1517.756 Y-Streubreite [µm]: 2304.562
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.479
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.567
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.278

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30830001.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :80

Z-Anfangswert [mm]:	0.811	Z-Endwert [mm] :	674.863
X-Min [µm]:	-42.858	X-Max [µm] :	1064.071
Y-Min [µm]:	-1423.928	Y-Max [µm] :	582.685
Nickw.-Min [grad]:	-0.423	Nickw.-Max [grad]:	-0.197
Gierw.-Min [grad]:	0.435	Gierw.-Max [grad]:	0.942
Rollw.-Min [grad]:	-1.260	Rollw.-Max [grad]:	-0.883
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	674.052		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1106.929 Y-Spannweite [µm]: 2006.613
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.620
Gierwinkelspannweite [grad]: 1.377
Rollwinkelspannweite [grad]: 2.143

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 389.562 Y-Abweichung [µm]: 445.089
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.076
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.133
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.053

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 2337.370 Y-Streubreite [µm]: 2670.531
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.457
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.795
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.320

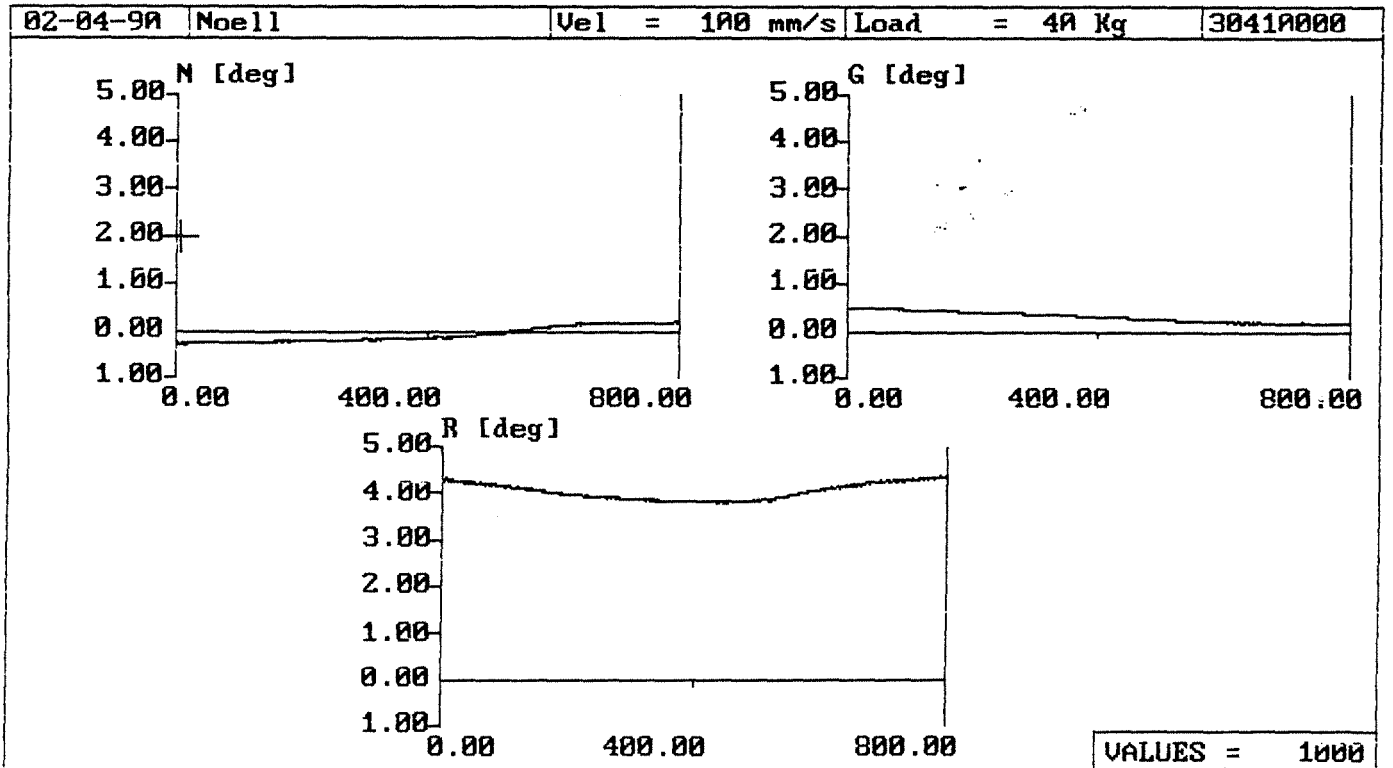
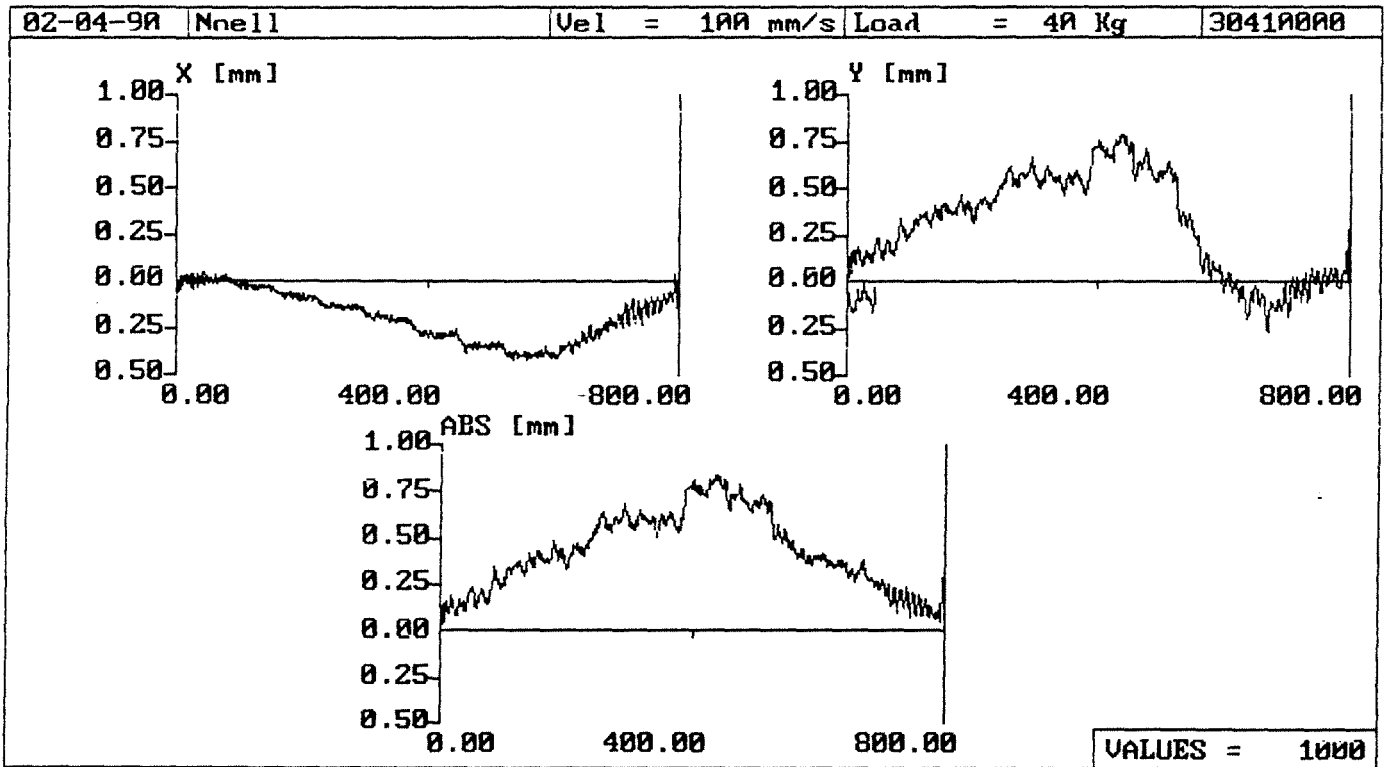
Versuchsmatrix für alle durchgeführten Bahnfahrten

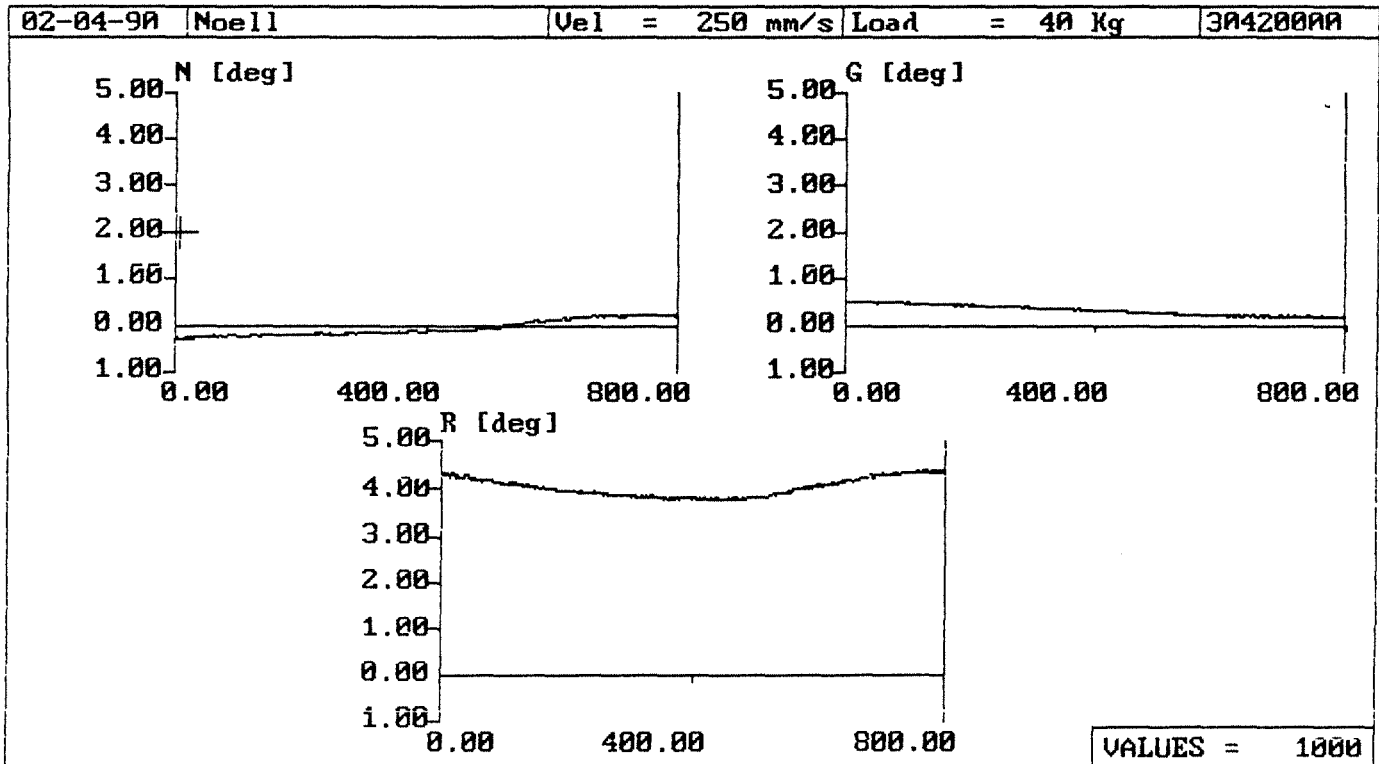
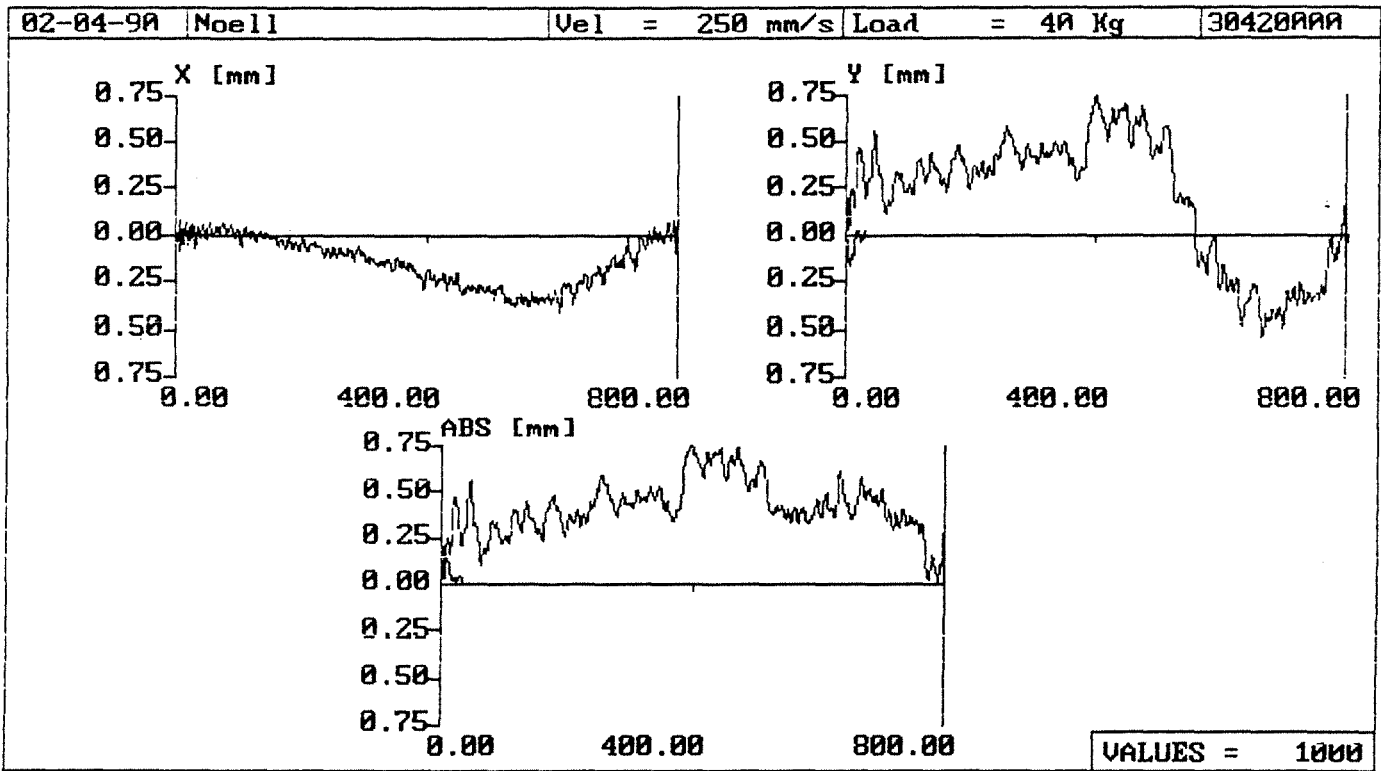
Bahnfahrt in z_R - Richtung

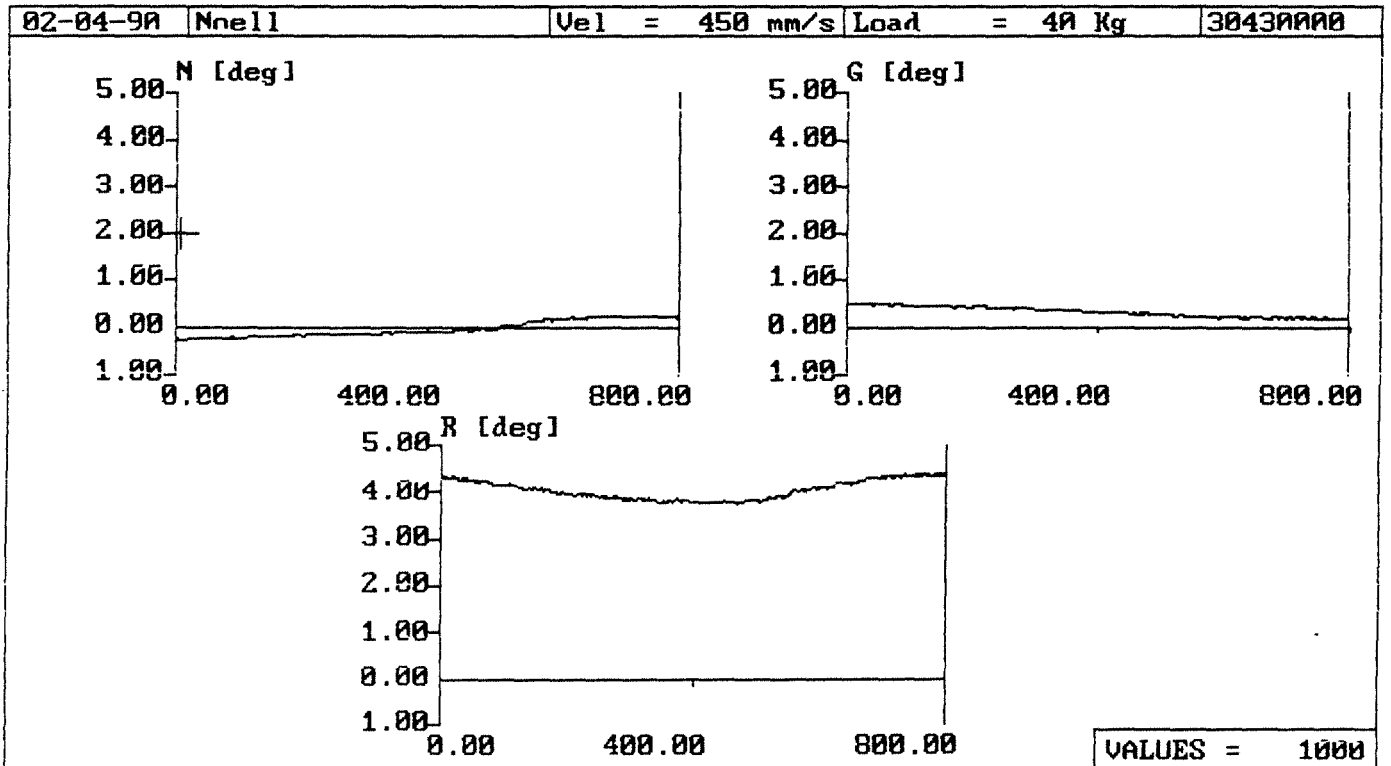
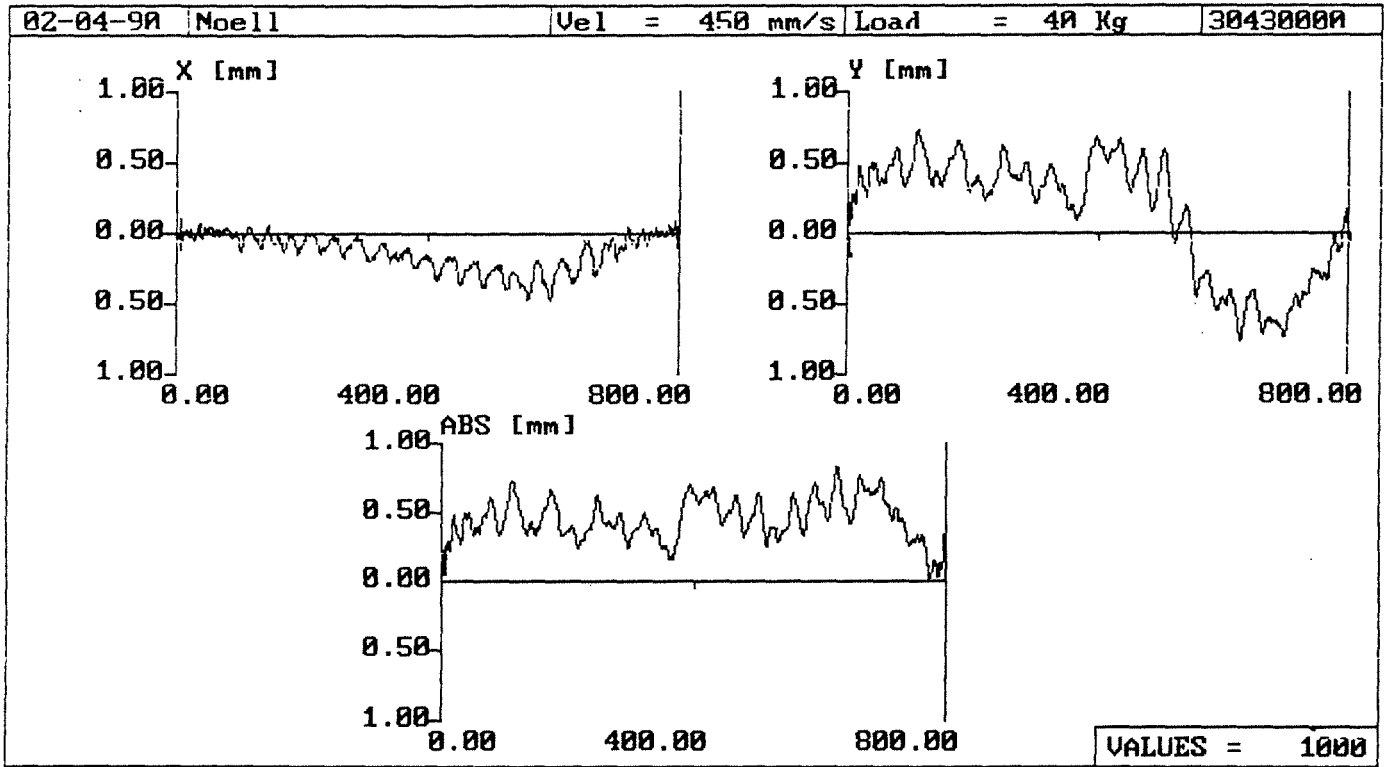
Last in positiver x_R - Richtung

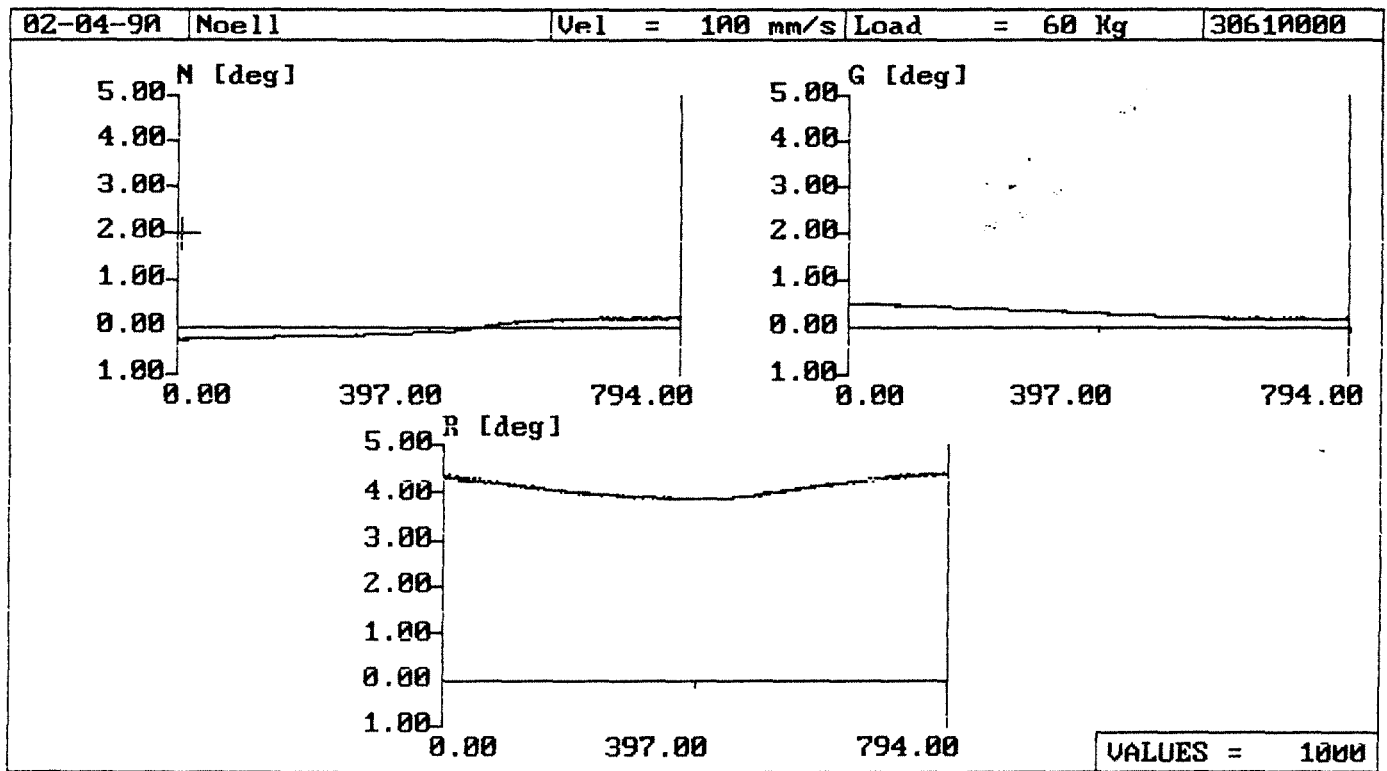
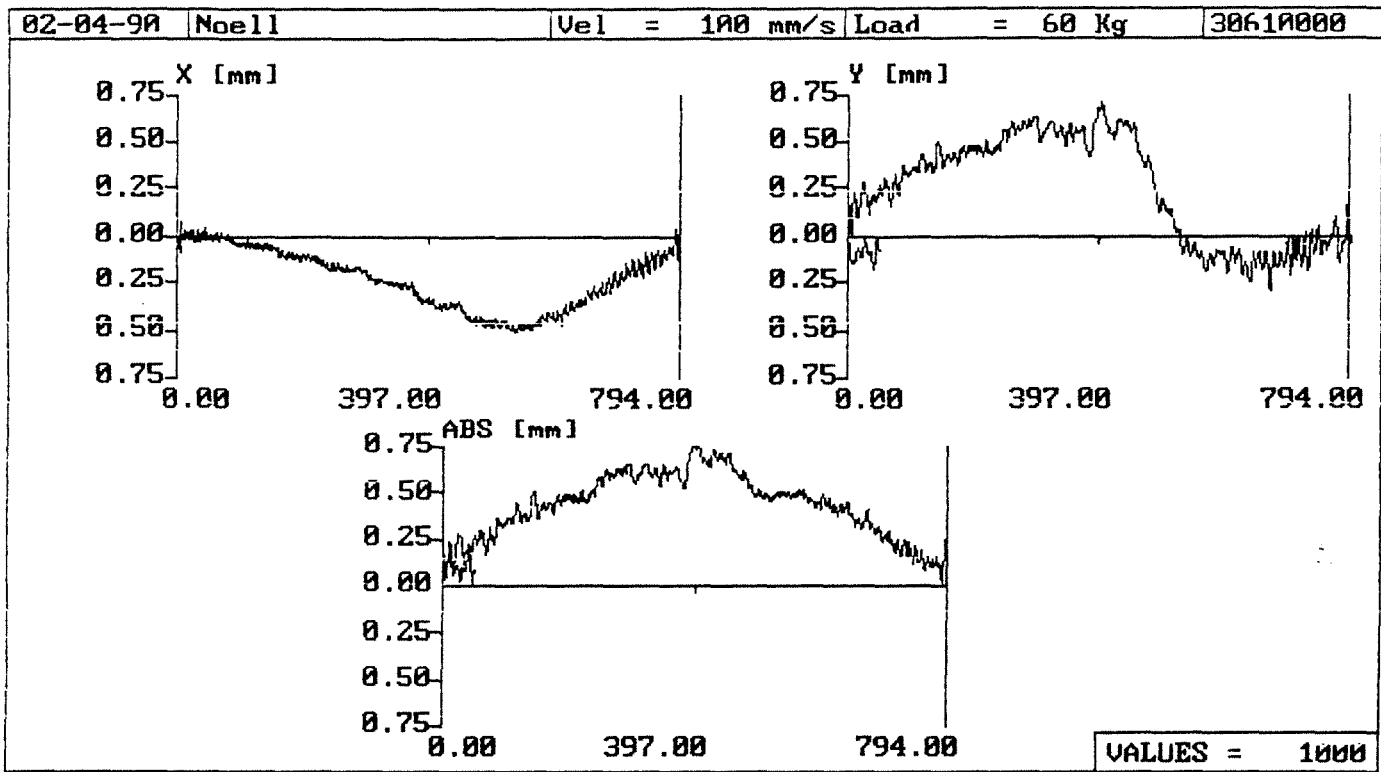
Belastung in kg						Aufzeichnungs frequenz	Verfahr geschwindigkeit	
20	40	50	60	70	80	Hz	%	$\frac{\text{mm}}{\text{s}}$
30210000	30410000	30510000	30610000	30710000	30810000	90	20	
30220000	30420000	30520000	30620000	30720000	30820000	200	50	
30220000	30430000	30530000	30630000	30730000	30830000	300	90	

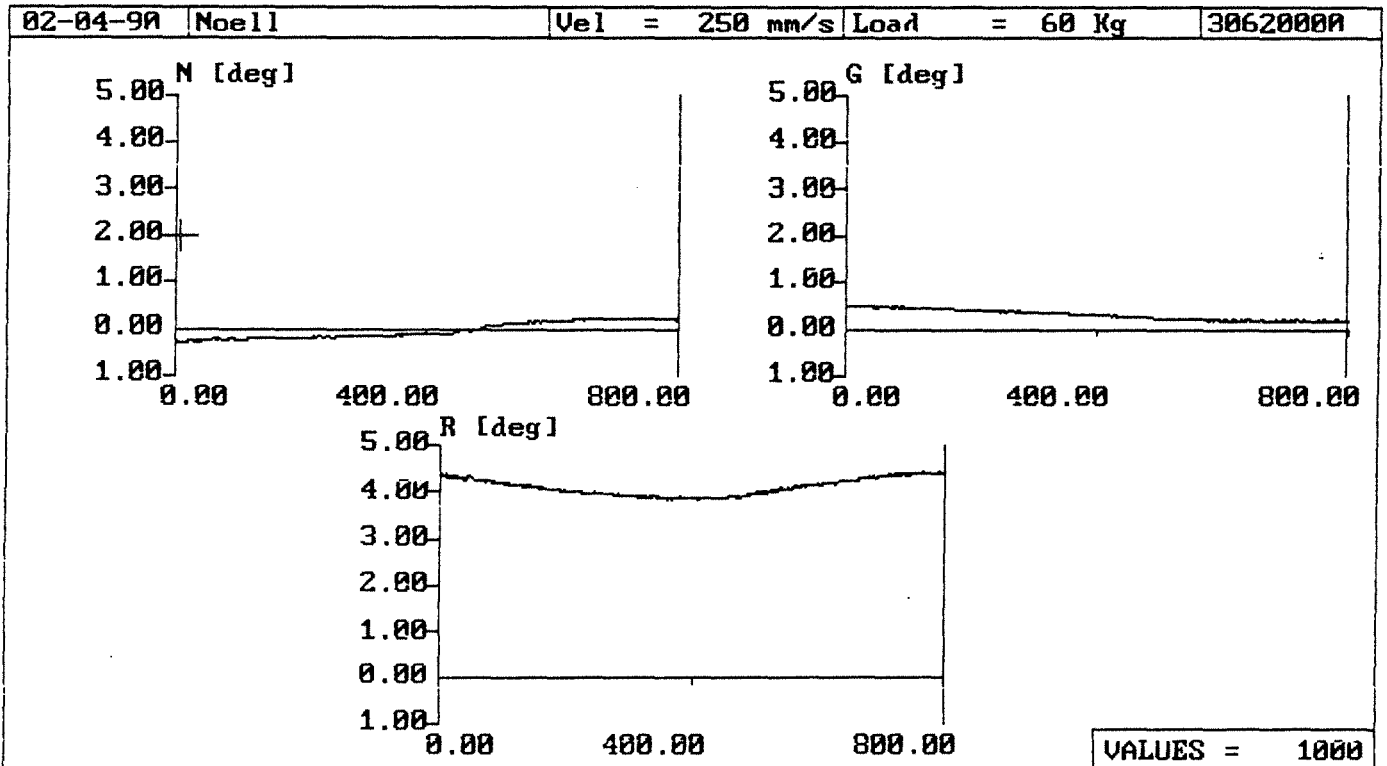
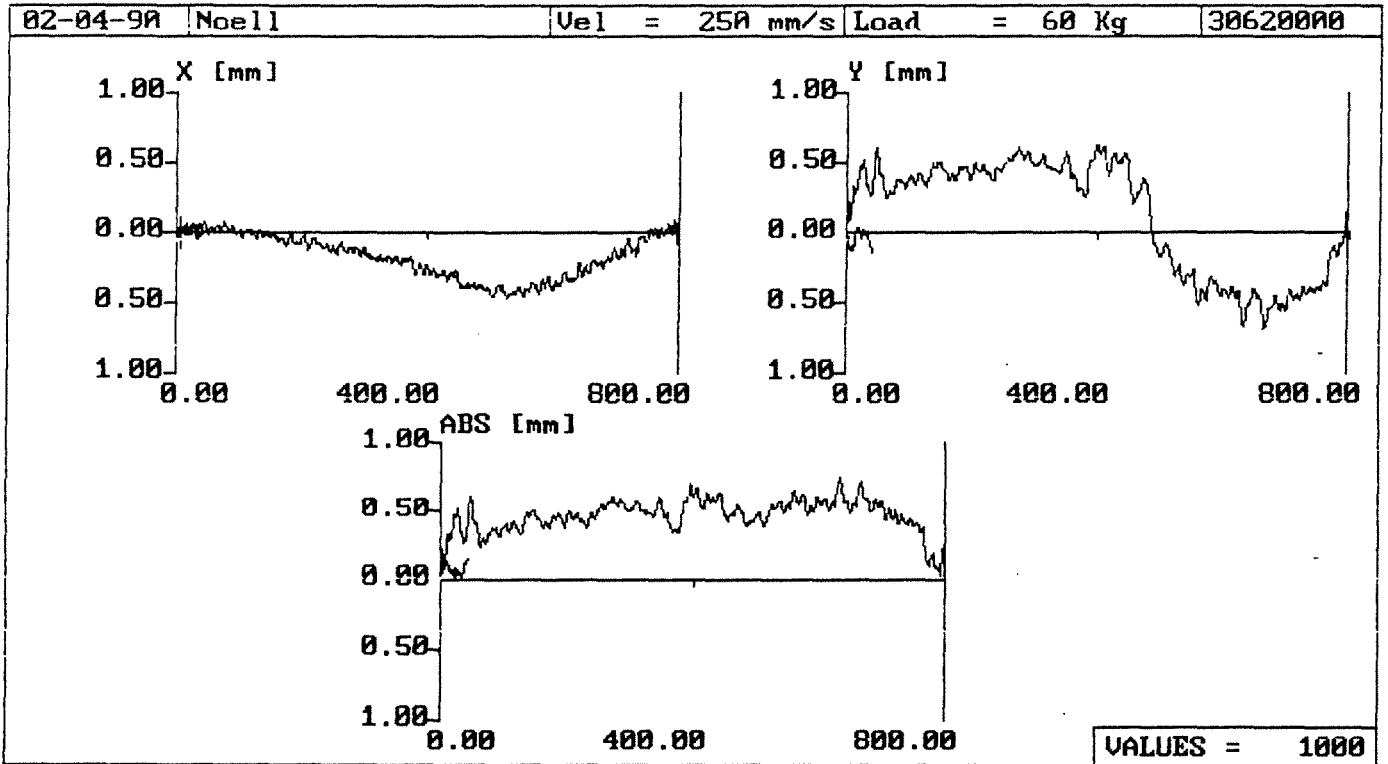
Die relative Lage der Koordinatensysteme zwischen Roboter und des Meßsystem ist Anlage 2.3-4 zu entnehmen.

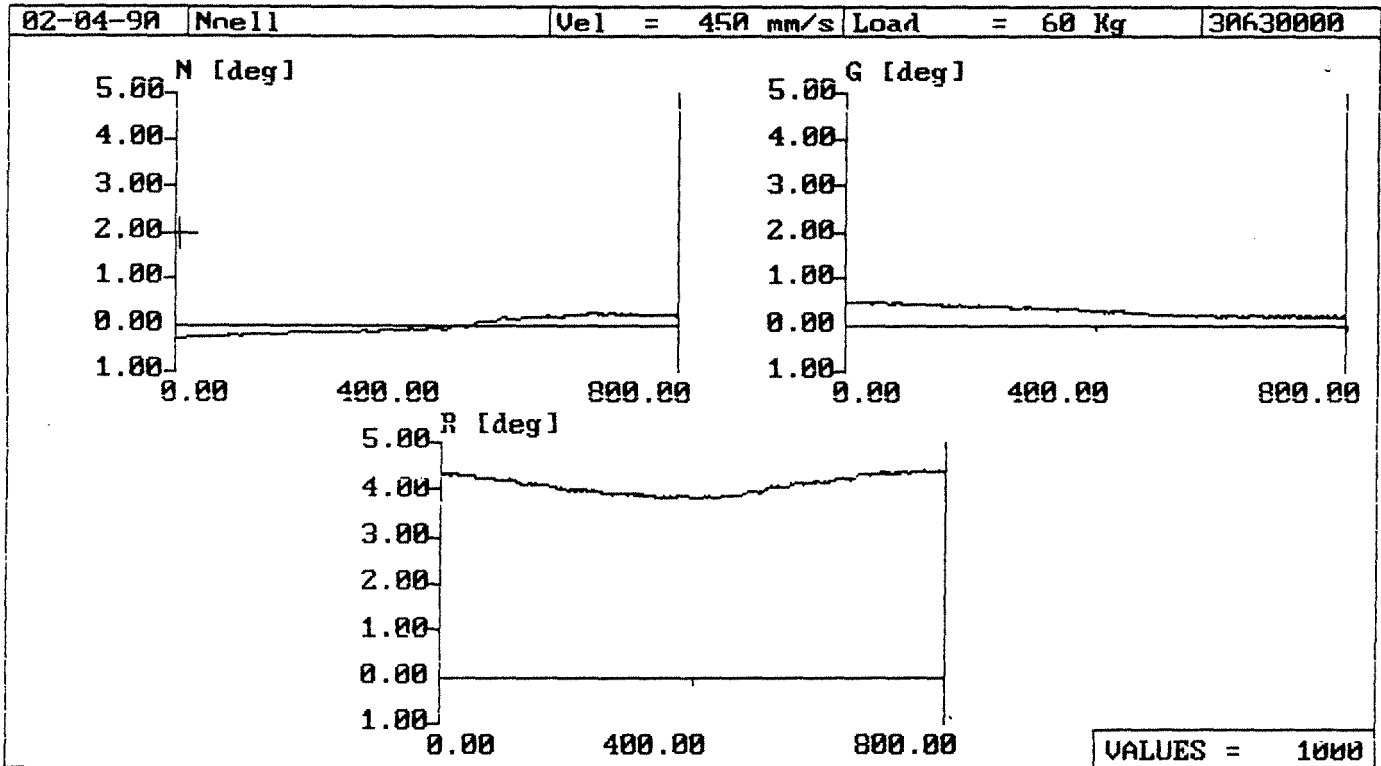
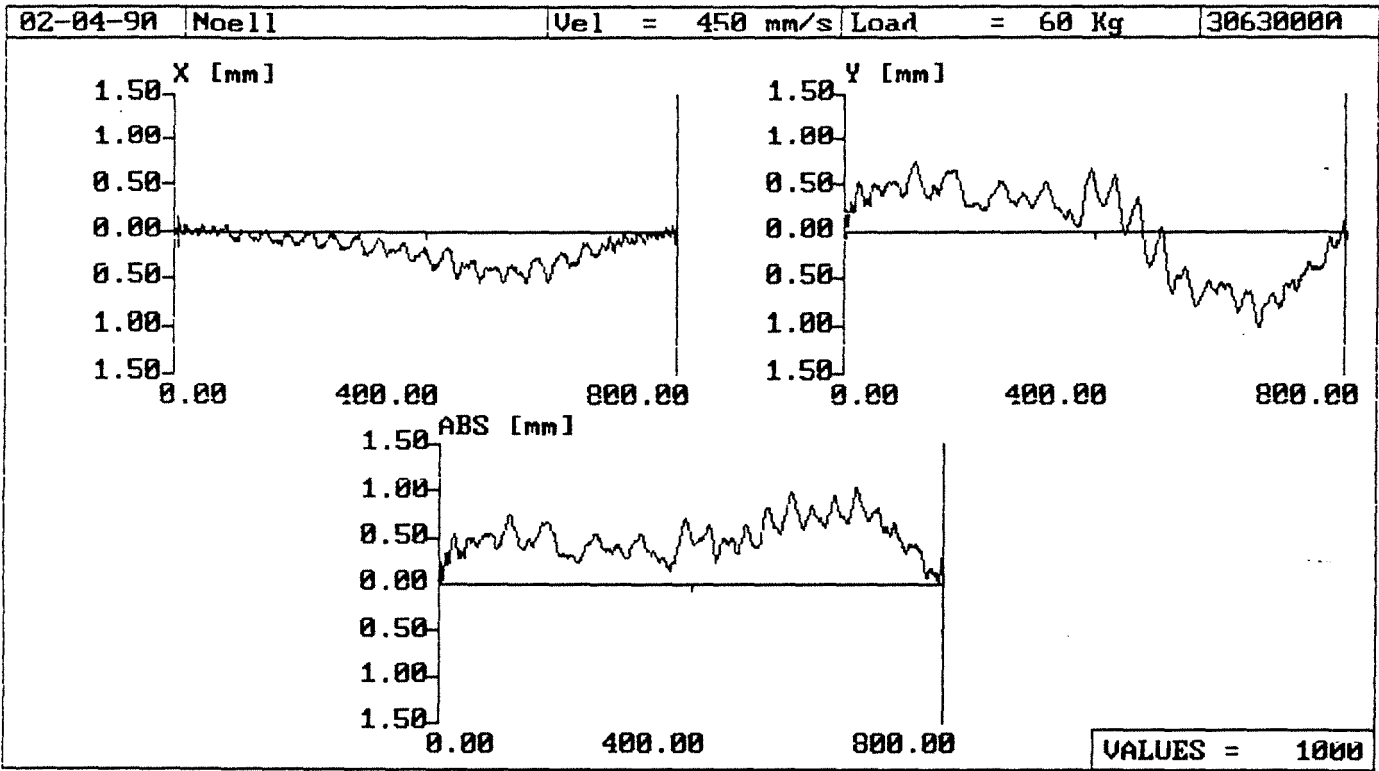


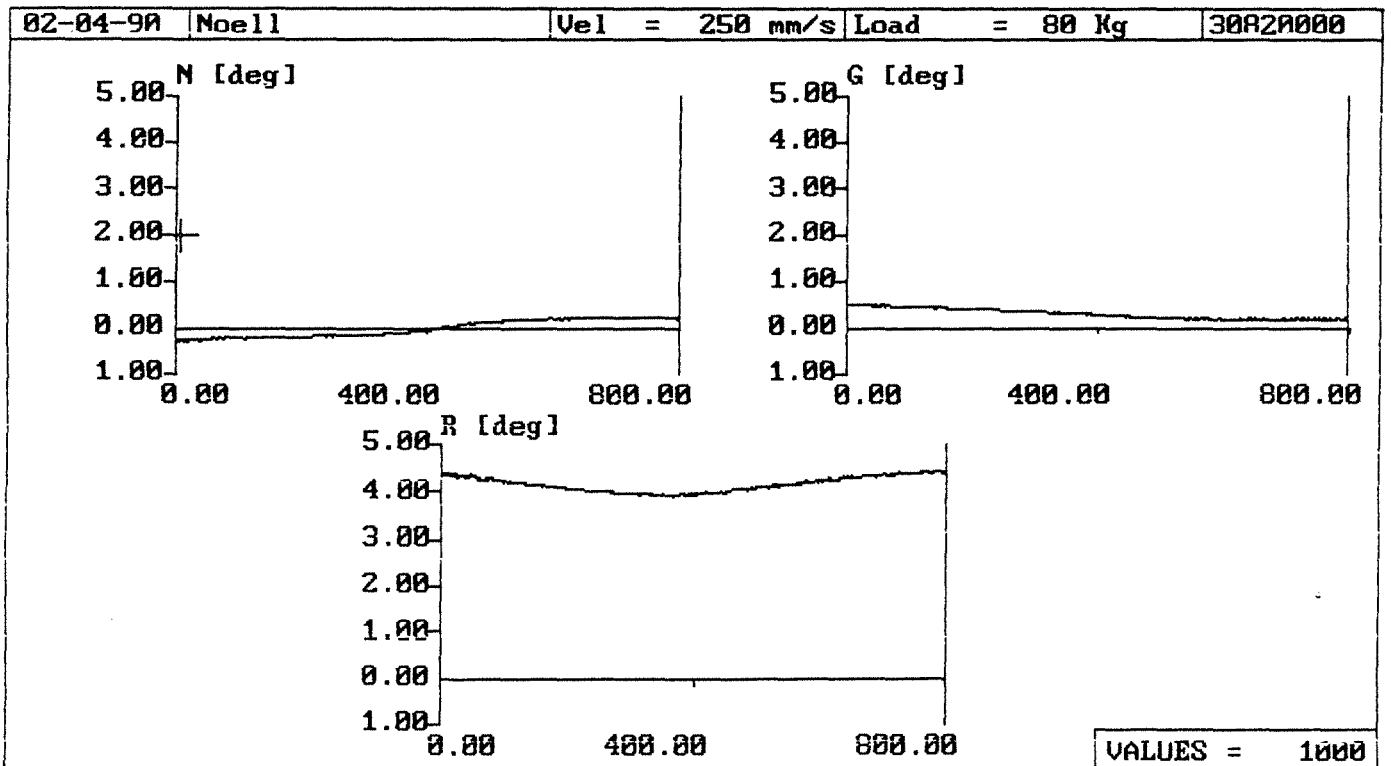
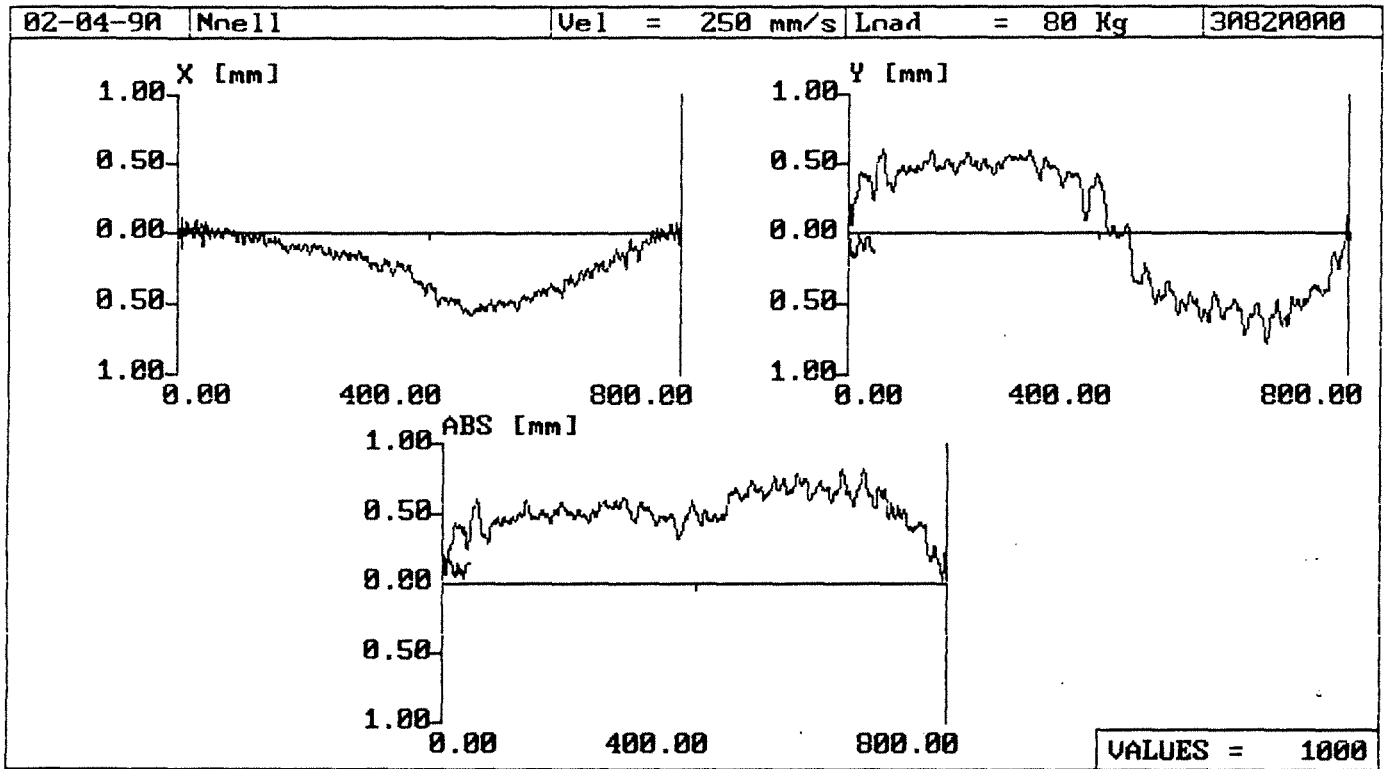


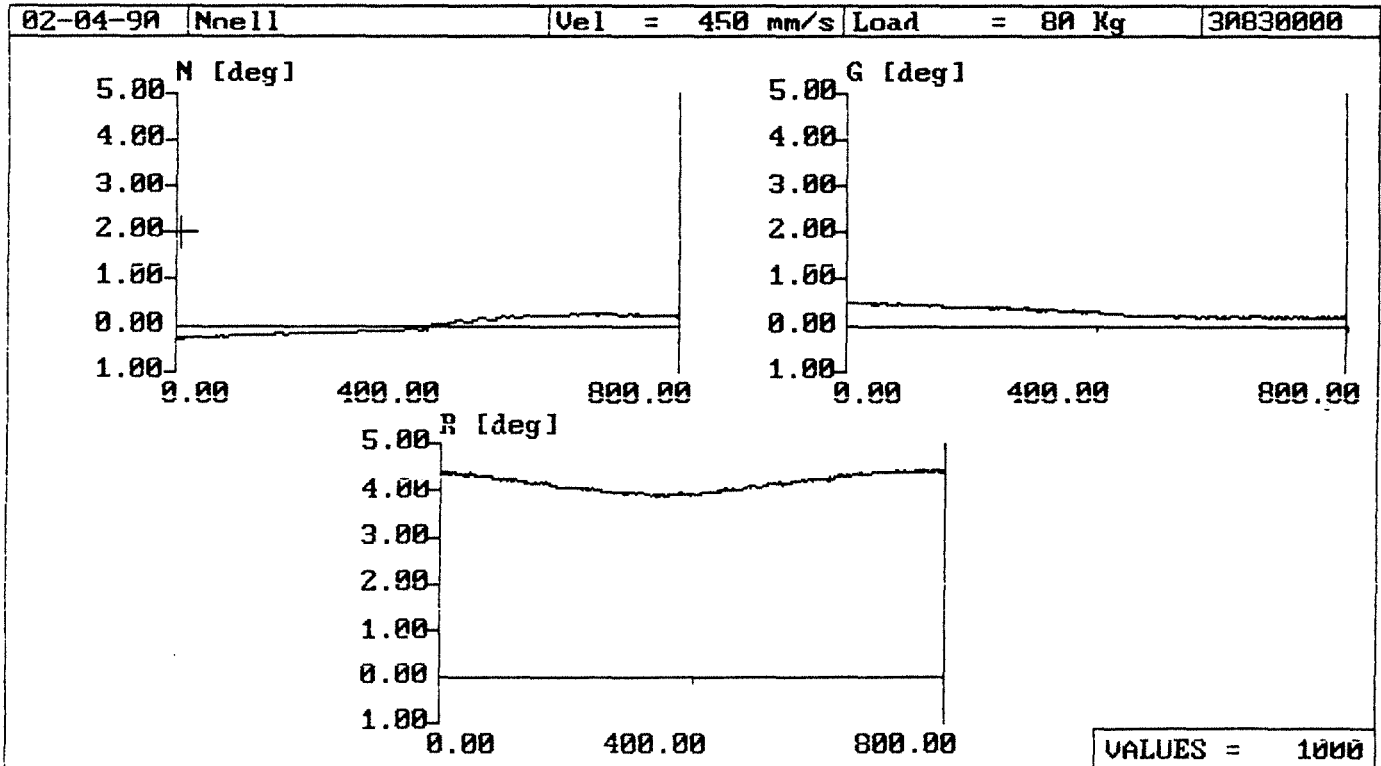
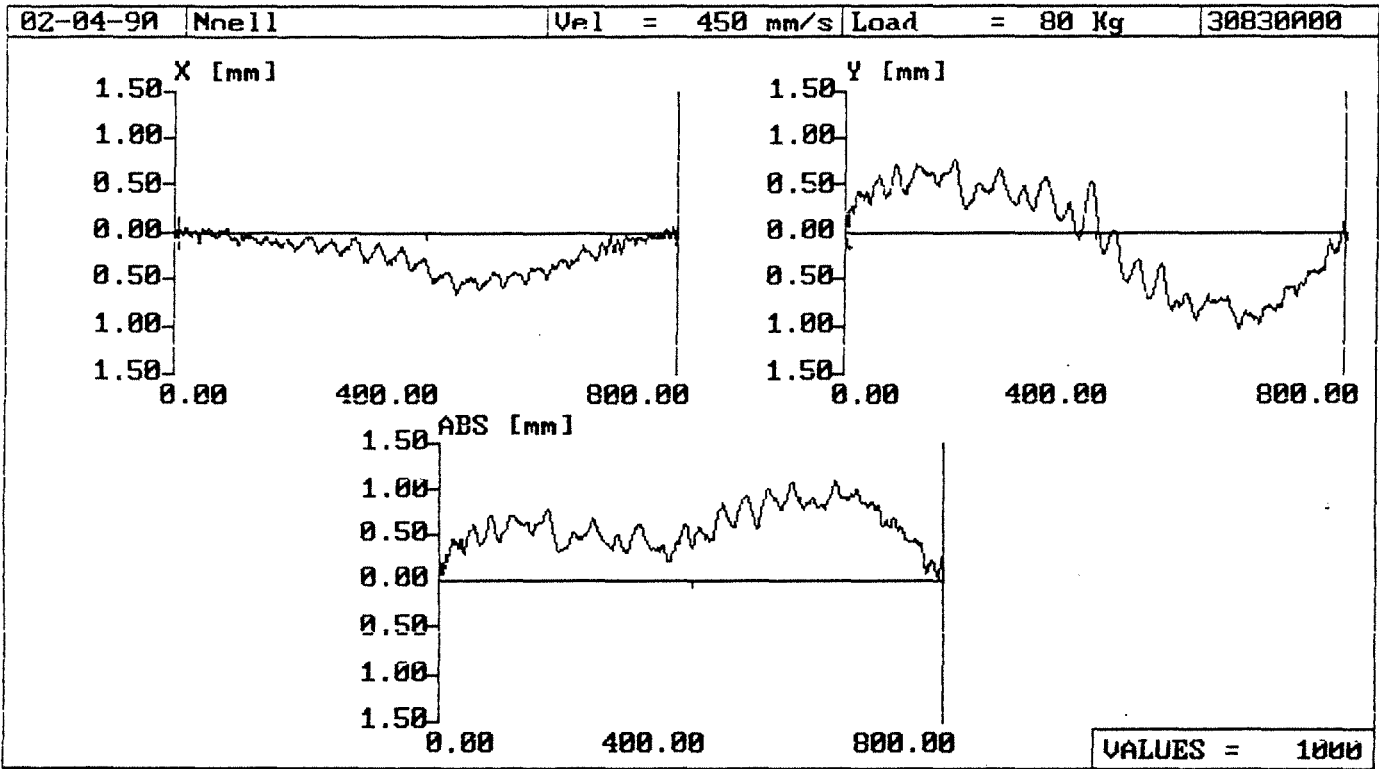












Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30410000.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :40

Z-Anfangswert [mm]:	-800.103	Z-Endwert [mm] :	0.163
X-Min [µm]:	-420.293	X-Max [µm] :	54.671
Y-Min [µm]:	-262.157	Y-Max [µm] :	789.916
Nickw.-Min [grad]:	-0.297	Nickw.-Max [grad]:	0.204
Gierw.-Min [grad]:	0.162	Gierw.-Max [grad]:	0.514
Rollw.-Min [grad]:	3.795	Rollw.-Max [grad]:	4.378
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	800.266		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	474.965	Y-Spannweite [µm]:	1052.073
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.500		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.676		
Rollwinkelspannweite [grad]:	8.172		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	218.766	Y-Abweichung [µm]:	383.856
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.102		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.039		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.283		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1312.598	Y-Streubreite [µm]:	2303.135
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.614		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.233		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	1.696		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30420000.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 40

Z-Anfangswert [mm]:	-799.978	Z-Endwert [mm] :	0.157
X-Min [µm]:	-406.900	X-Max [µm] :	80.625
Y-Min [µm]:	-537.634	Y-Max [µm] :	741.316
Nickw.-Min [grad]:	-0.297	Nickw.-Max [grad]:	0.219
Gierw.-Min [grad]:	0.165	Gierw.-Max [grad]:	0.514
Rollw.-Min [grad]:	3.767	Rollw.-Max [grad]:	4.391
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	800.134		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	487.525	Y-Spannweite [µm]:	1278.949
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.516		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.679		
Rollwinkelspannweite [grad]:	8.158		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	145.428	Y-Abweichung [µm]:	316.740
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.114		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.067		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.280		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	872.570	Y-Streubreite [µm]:	1900.440
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.683		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.402		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	1.681		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30430000.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :40

Z-Anfangswert [mm]:	-800.192	Z-Endwert [mm] :	0.220
X-Min [µm]:	-477.866	X-Max [µm] :	94.716
Y-Min [µm]:	-769.554	Y-Max [µm] :	736.089
Nickw.-Min [grad]:	-0.301	Nickw.-Max [grad]:	0.236
Gierw.-Min [grad]:	0.166	Gierw.-Max [grad]:	0.519
Rollw.-Min [grad]:	3.757	Rollw.-Max [grad]:	4.390
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	800.412		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	572.582	Y-Spannweite [µm]:	1505.643
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.538		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.685		
Rollwinkelspannweite [grad]:	8.147		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	113.001	Y-Abweichung [µm]:	361.548
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.127		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.075		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.240		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	678.003	Y-Streubreite [µm]:	2169.285
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.759		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.451		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	1.438		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30610000.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]:	-794.634	Z-Endwert [mm] :	0.177
X-Min [µm]:	-508.250	X-Max [µm] :	49.597
Y-Min [µm]:	-295.518	Y-Max [µm] :	708.577
Nickw.-Min [grad]:	-0.296	Nickw.-Max [grad]:	0.212
Gierw.-Min [grad]:	0.168	Gierw.-Max [grad]:	0.511
Rollw.-Min [grad]:	3.854	Rollw.-Max [grad]:	4.424
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	794.811		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	557.848	Y-Spannweite [µm]:	1004.096
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.508		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.679		
Rollwinkelspannweite [grad]:	8.278		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	253.857	Y-Abweichung [µm]:	358.261
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.095		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.045		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.271		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1523.139	Y-Streubreite [µm]:	2149.566
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.567		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.272		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	1.628		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30620000.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]:	-800.197	Z-Endwert [mm] :	0.208
X-Min [µm]:	-463.209	X-Max [µm] :	86.375
Y-Min [µm]:	-692.247	Y-Max [µm] :	628.412
Nickw.-Min [grad]:	-0.296	Nickw.-Max [grad]:	0.228
Gierw.-Min [grad]:	0.171	Gierw.-Max [grad]:	0.510
Rollw.-Min [grad]:	3.837	Rollw.-Max [grad]:	4.425
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	800.405		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	549.584	Y-Spannweite [µm]:	1320.660
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.524		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.680		
Rollwinkelspannweite [grad]:	8.262		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	175.381	Y-Abweichung [µm]:	372.674
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.108		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.067		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.241		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1052.287	Y-Streubreite [µm]:	2236.045
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.650		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.399		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	1.447		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30630000.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 60

Z-Anfangswert [mm]: -800.086 Z-Endwert [mm] : 0.239
X-Min [µm]: -546.914 X-Max [µm] : 71.802
Y-Min [µm]: -1020.817 Y-Max [µm] : 754.728
Nickw.-Min [grad]: -0.300 Nickw.-Max [grad]: 0.257
Gierw.-Min [grad]: 0.166 Gierw.-Max [grad]: 0.512
Rollw.-Min [grad]: 3.810 Rollw.-Max [grad]: 4.418
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 800.325

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 618.716 Y-Spannweite [µm]: 1775.544
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.557
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.678
Rollwinkelspannweite [grad]: 8.228

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 144.642 Y-Abweichung [µm]: 371.947
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.128
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.070
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.223

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 867.851 Y-Streubreite [µm]: 2231.683
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.769
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.418
Rollwinkelstreubreite [grad]: 1.340

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30810000.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :80

Z-Anfangswert [mm]: -800.152 Z-Endwert [mm] : 0.191
X-Min [µm]: -618.386 X-Max [µm] : 38.310
Y-Min [µm]: -391.938 Y-Max [µm] : 609.441
Nickw.-Min [grad]: -0.287 Nickw.-Max [grad]: 0.215
Gierw.-Min [grad]: 0.171 Gierw.-Max [grad]: 0.508
Rollw.-Min [grad]: 3.929 Rollw.-Max [grad]: 4.460
Triggerwert [Hz] : 65286
Bahnlaenge [mm] : 800.343

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 656.696 Y-Spannweite [µm]: 1001.378
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.502
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.679
Rollwinkelspannweite [grad]: 8.389

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 303.734 Y-Abweichung [µm]: 326.288
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.087
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.050
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.244

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 1822.404 Y-Streubreite [µm]: 1957.729
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.523
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.303
Rollwinkelstreubreite [grad]: 1.467

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30820000.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :80

Z-Anfangswert [mm]:	-799.989	Z-Endwert [mm] :	0.164
X-Min [µm]:	-579.837	X-Max [µm] :	90.012
Y-Min [µm]:	-781.428	Y-Max [µm] :	610.784
Nickw.-Min [grad]:	-0.283	Nickw.-Max [grad]:	0.235
Gierw.-Min [grad]:	0.165	Gierw.-Max [grad]:	0.505
Rollw.-Min [grad]:	3.888	Rollw.-Max [grad]:	4.444
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	800.153		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	669.849	Y-Spannweite [µm]:	1392.212
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.519		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.670		
Rollwinkelspannweite [grad]:	8.332		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	226.596	Y-Abweichung [µm]:	388.542
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.102		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.065		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.216		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1359.579	Y-Streubreite [µm]:	2331.249
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.610		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.389		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	1.298		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30830000.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :80

Z-Anfangswert [mm]:	-800.048	Z-Endwert [mm] :	0.263
X-Min [µm]:	-656.165	X-Max [µm] :	70.770
Y-Min [µm]:	-1026.920	Y-Max [µm] :	776.024
Nickw.-Min [grad]:	-0.289	Nickw.-Max [grad]:	0.257
Gierw.-Min [grad]:	0.165	Gierw.-Max [grad]:	0.507
Rollw.-Min [grad]:	3.859	Rollw.-Max [grad]:	4.447
Triggerwert [Hz] :	65286		
Bahnlaenge [mm] :	800.311		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	726.935	Y-Spannweite [µm]:	1802.944
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.546		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.672		
Rollwinkelspannweite [grad]:	8.306		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	171.450	Y-Abweichung [µm]:	434.117
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.117		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.071		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.195		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	1028.701	Y-Streubreite [µm]:	2604.705
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.704		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.427		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	1.170		

Versuchsmatrix für alle durchgeführten Bahnfahrten

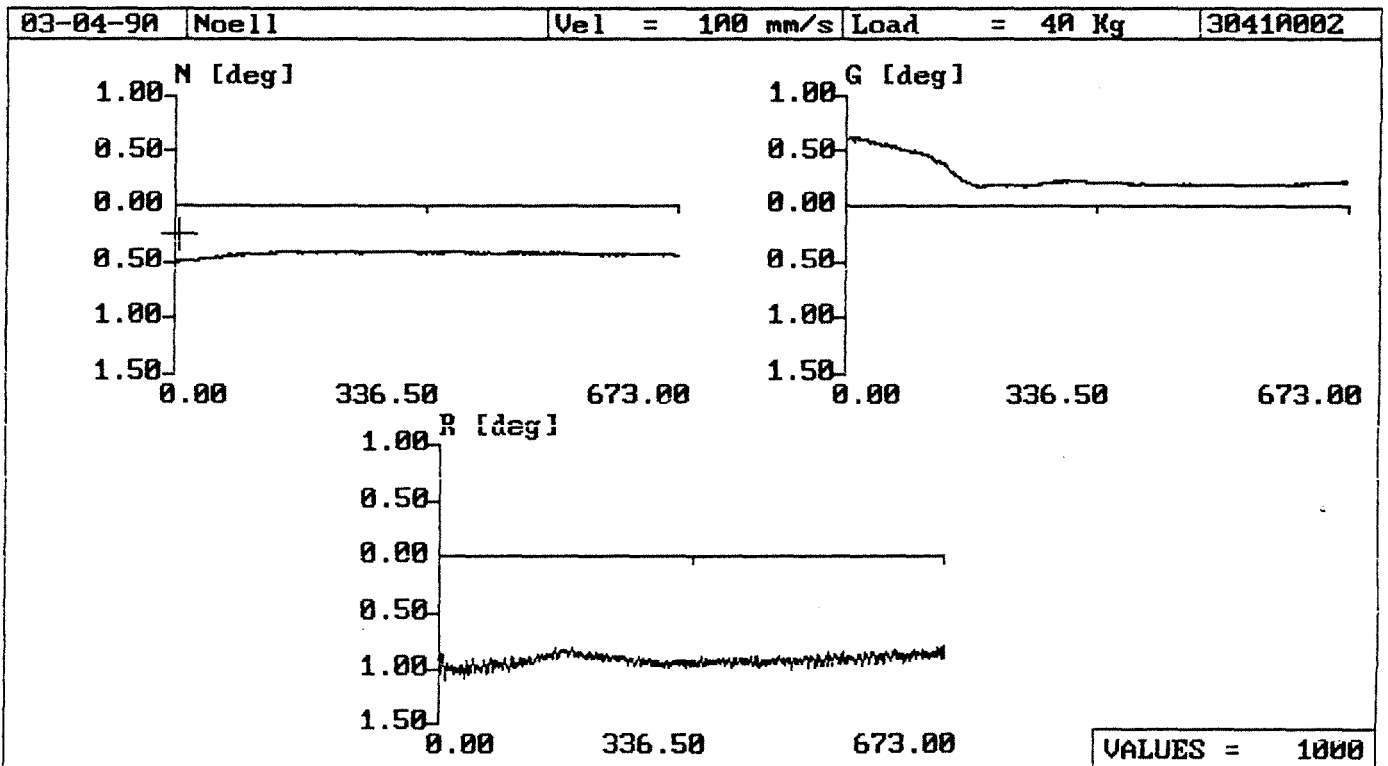
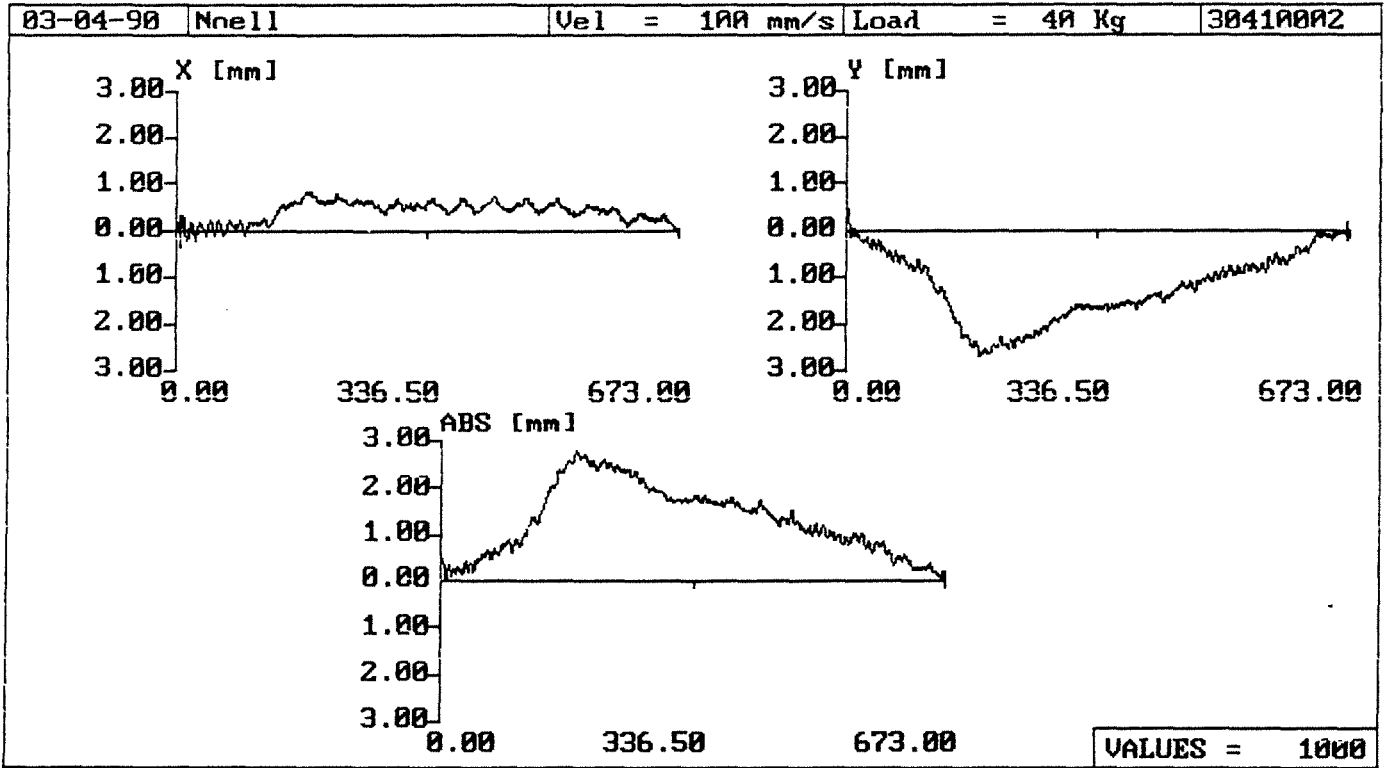
Bahnfahrt in y_R - Richtung

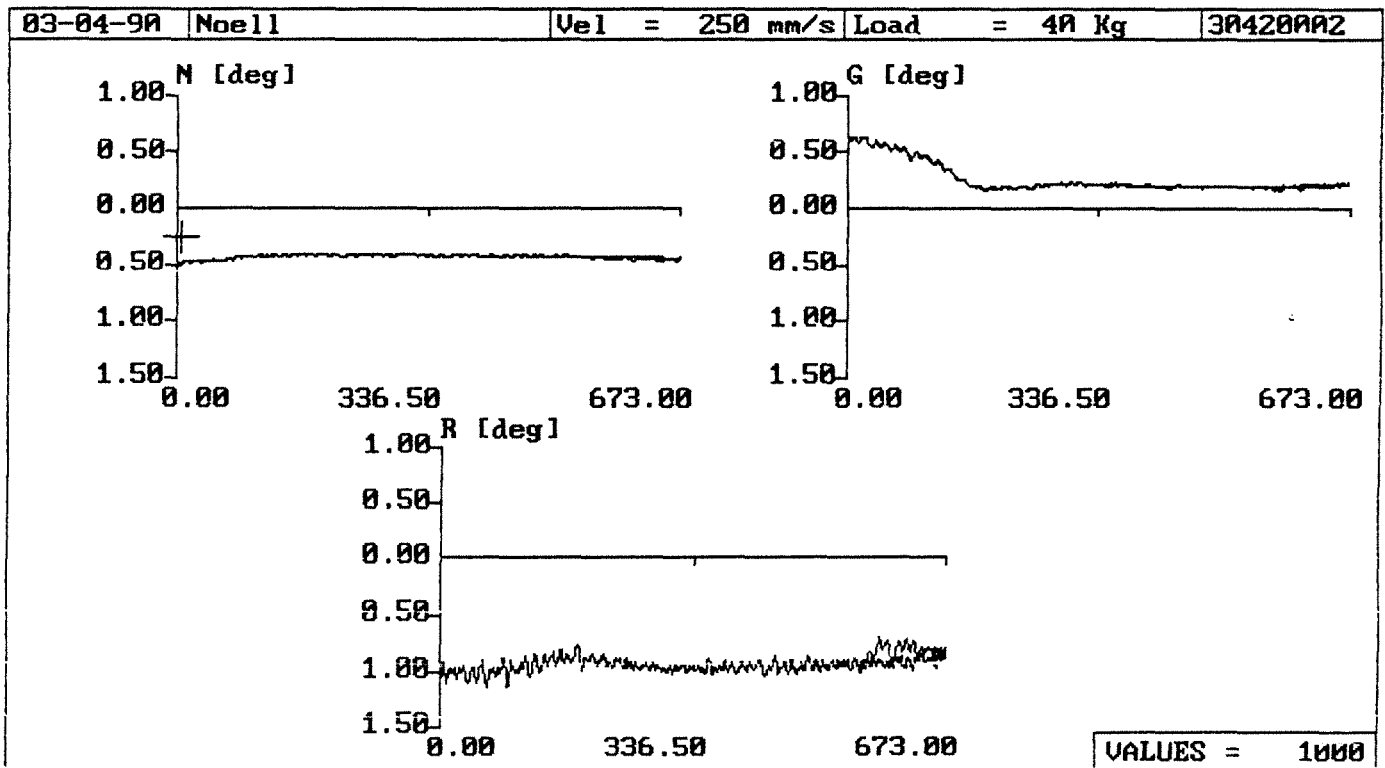
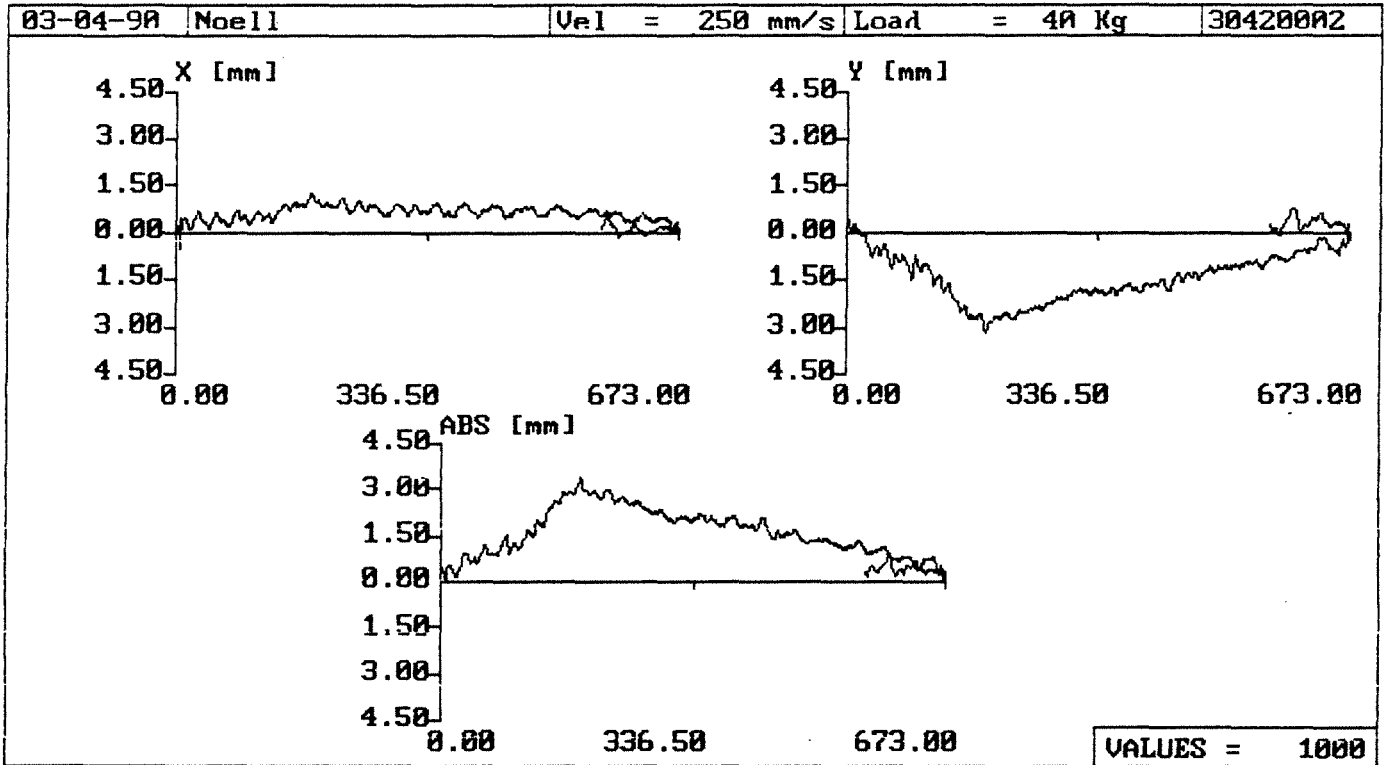
Last in negativer z_R - Richtung

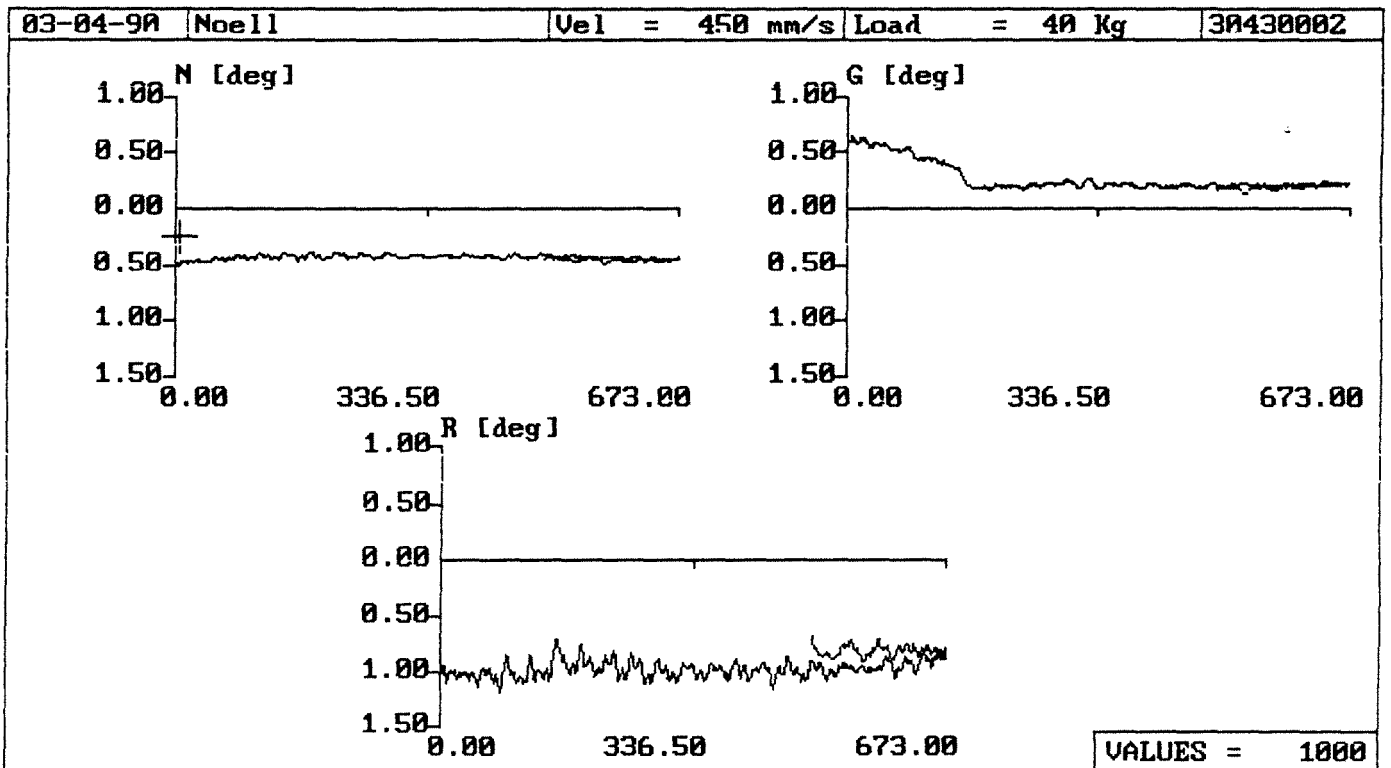
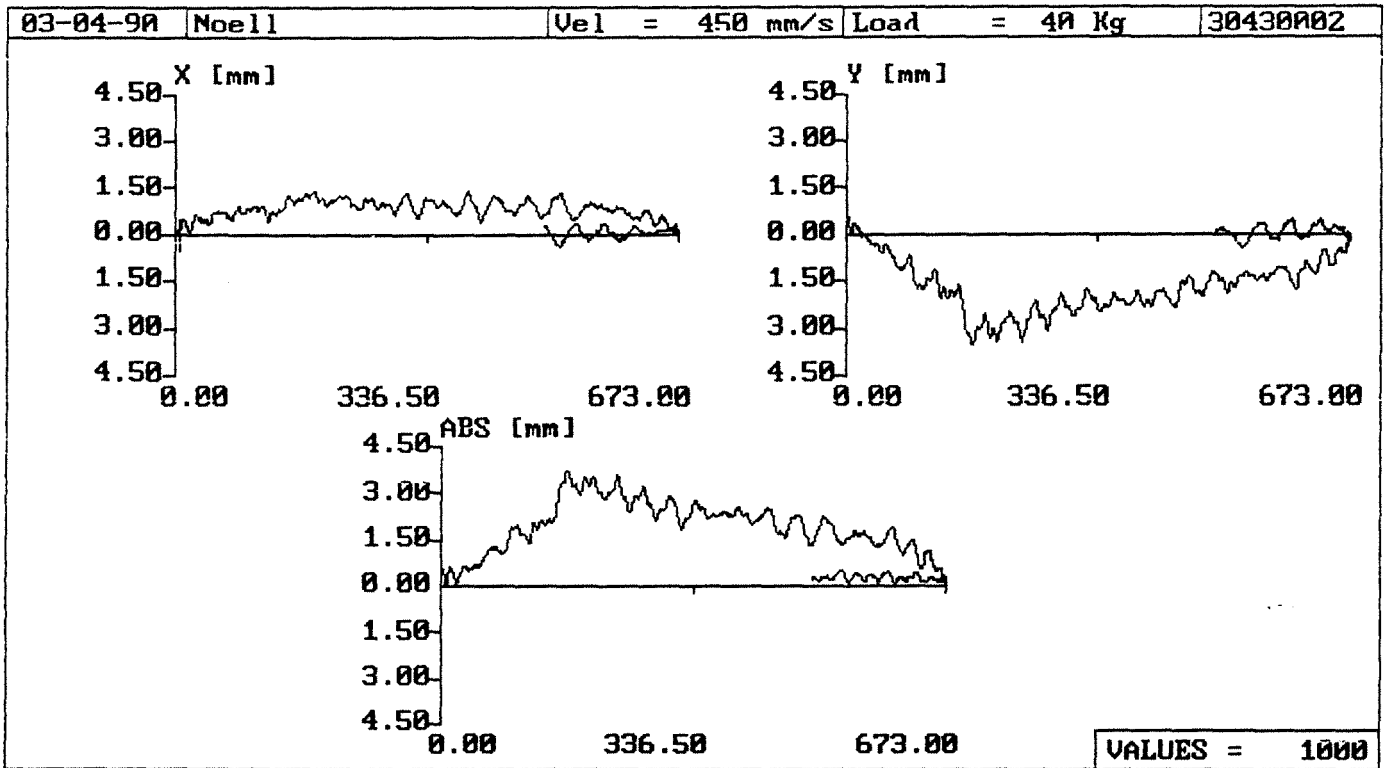
Belastung in kg						Aufzeichnungs frequenz	Verfahr geschwindigkeit	
20	40	50	60	70	80	Hz	%	$\frac{mm}{s}$
30210002	30410002	30510002	30610002	30710002	30810002	90	20	
30220002	30420002	30520002	30620002	30720002	30820002	250	50	
30220002	30430002	30530002	30630002	30730002	30830002	300	90	

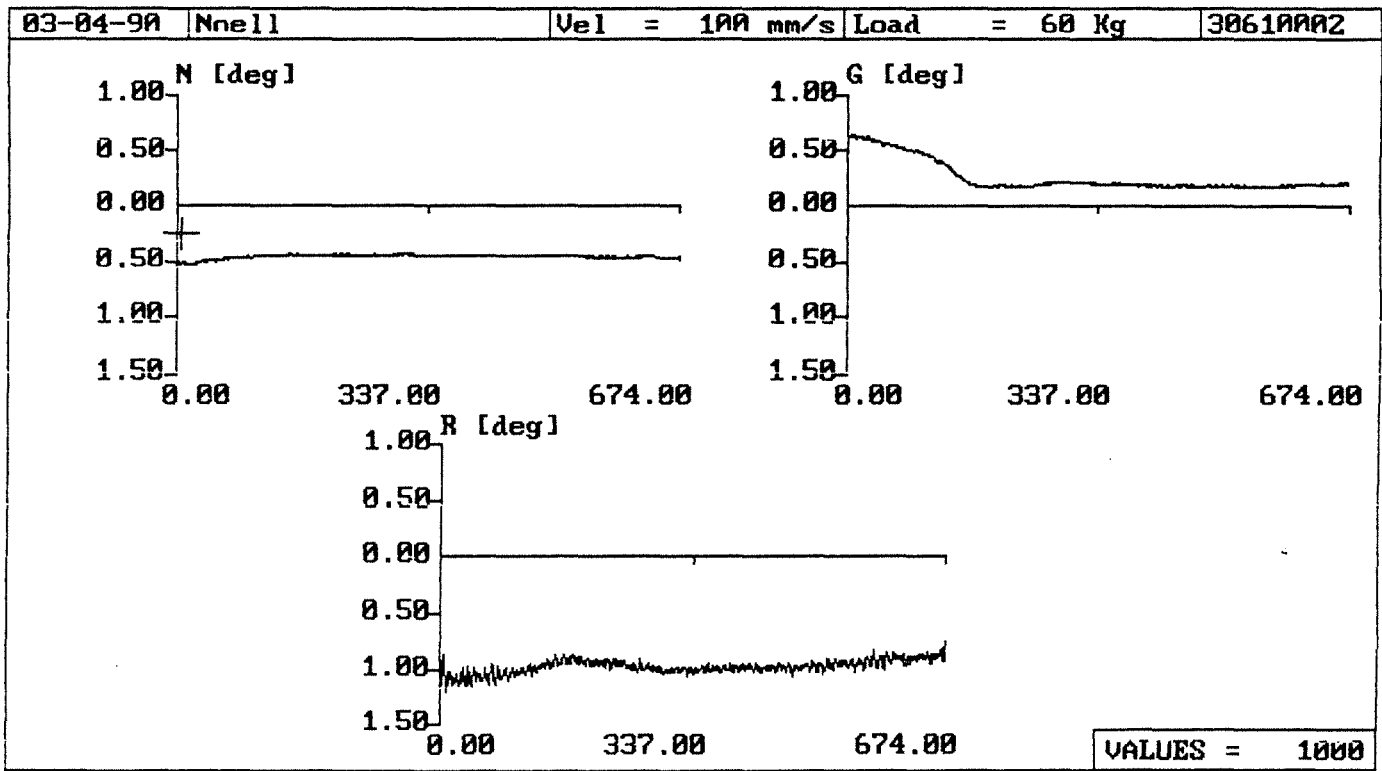
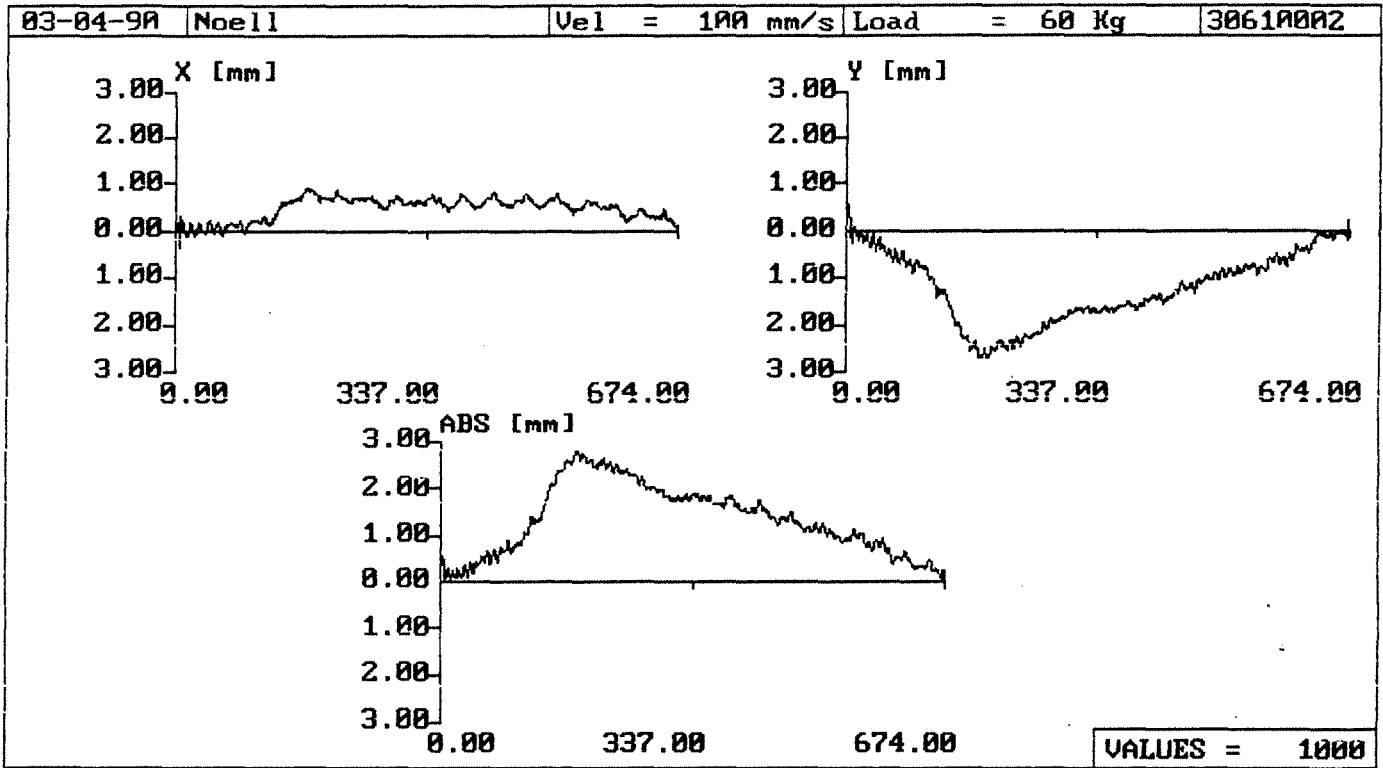
Die relative Lage der Koordinatensysteme zwischen Roboter und des Meßsystem ist Anlage 2.3-2 zu entnehmen.

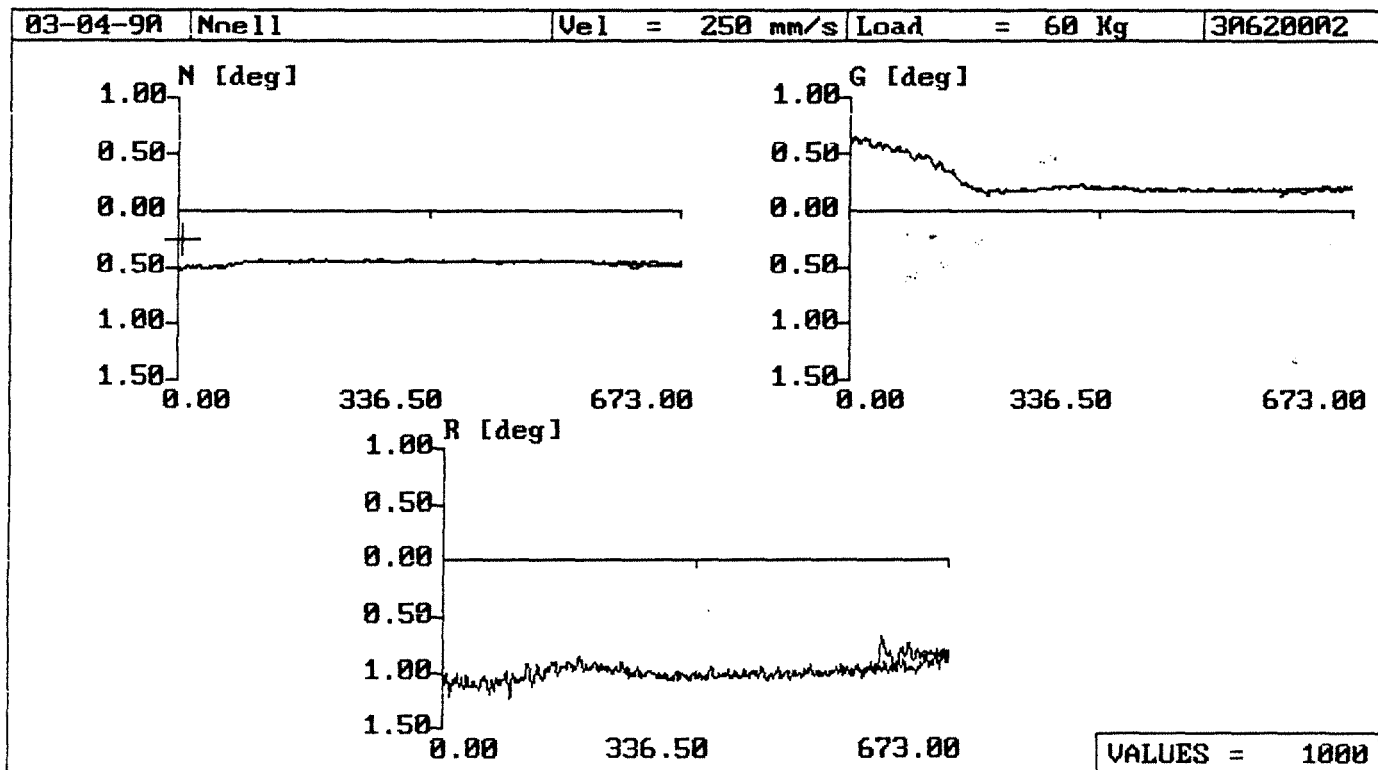
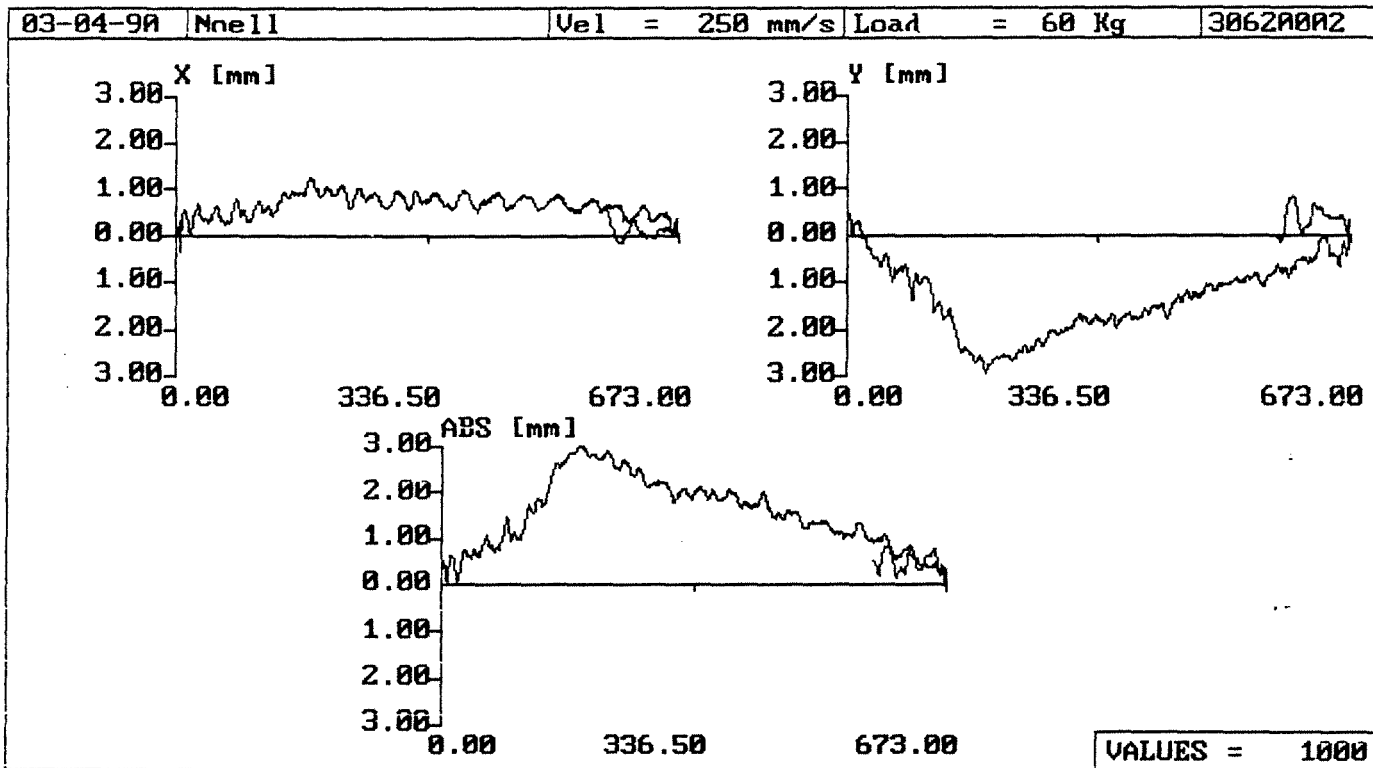
Anlage 2.3-70

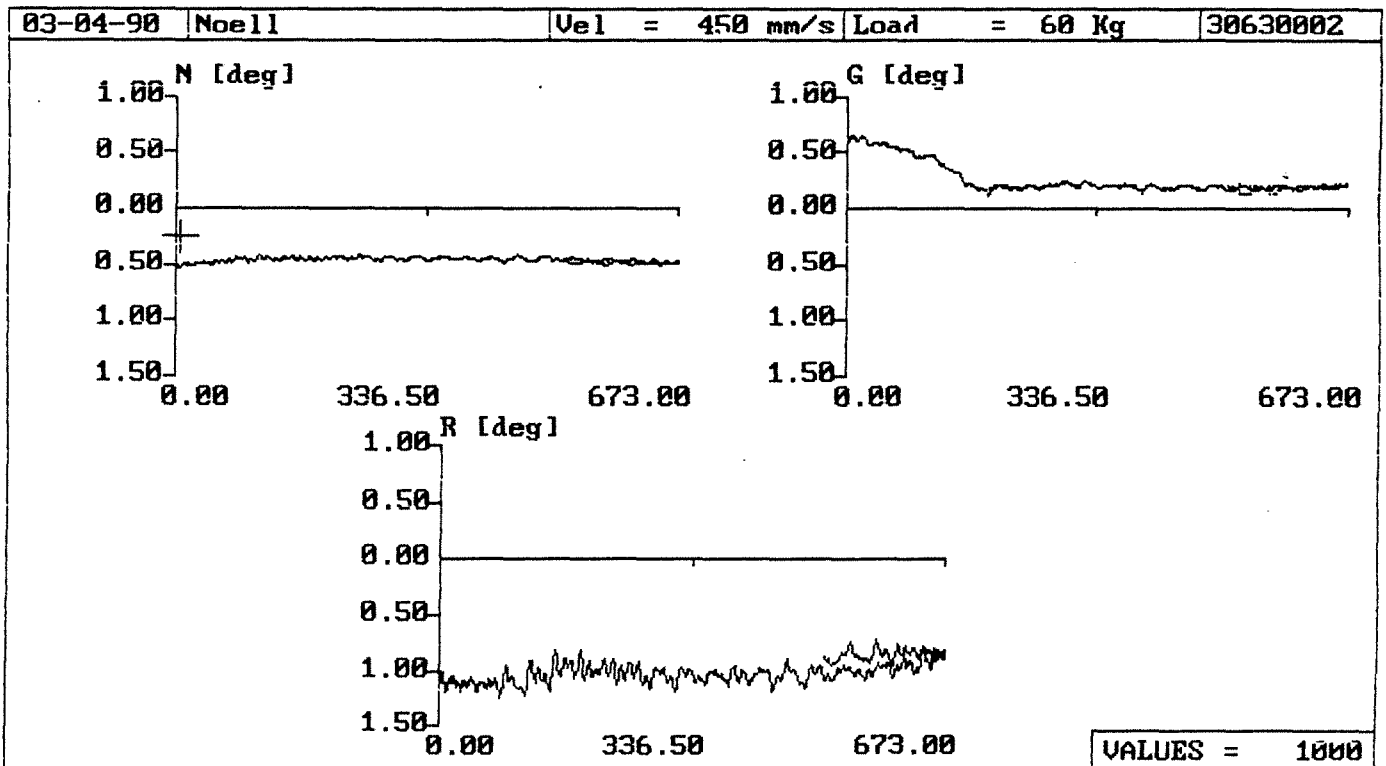
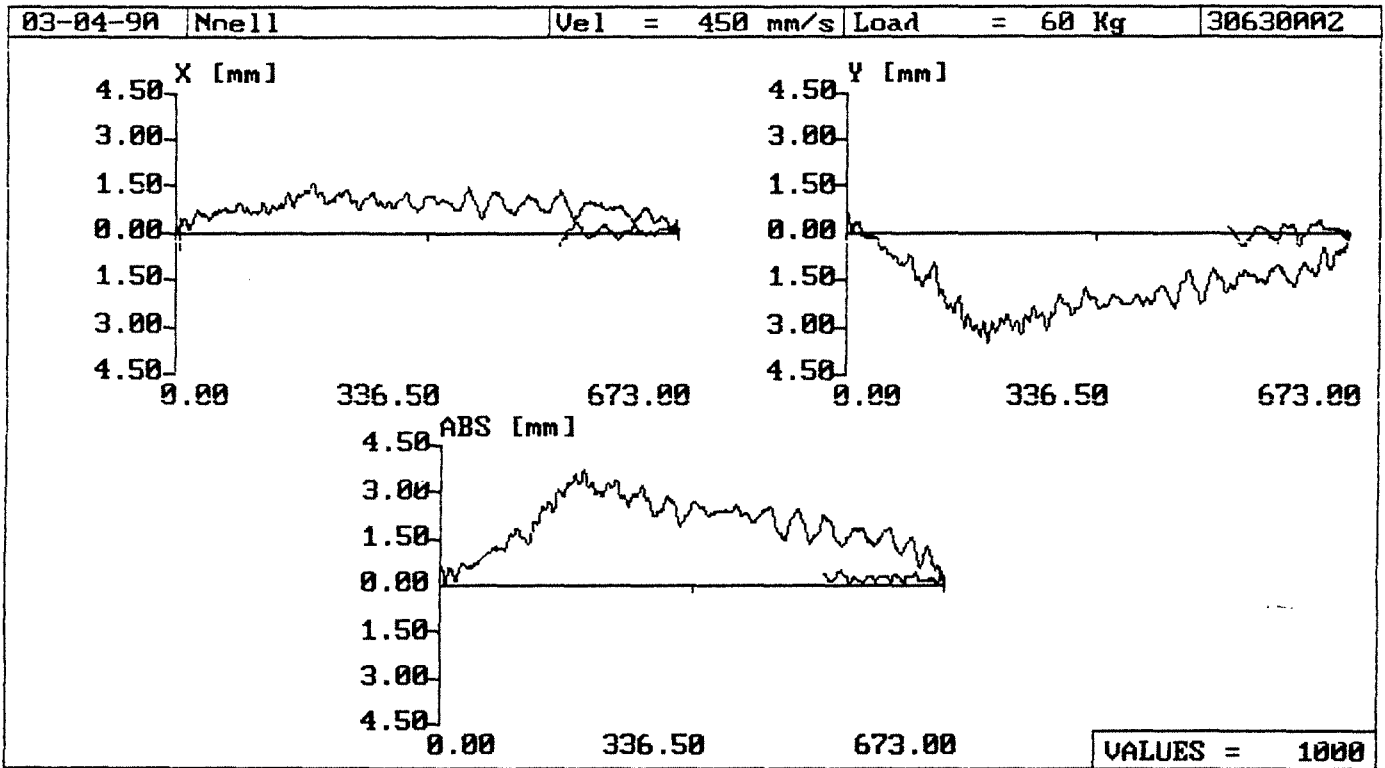


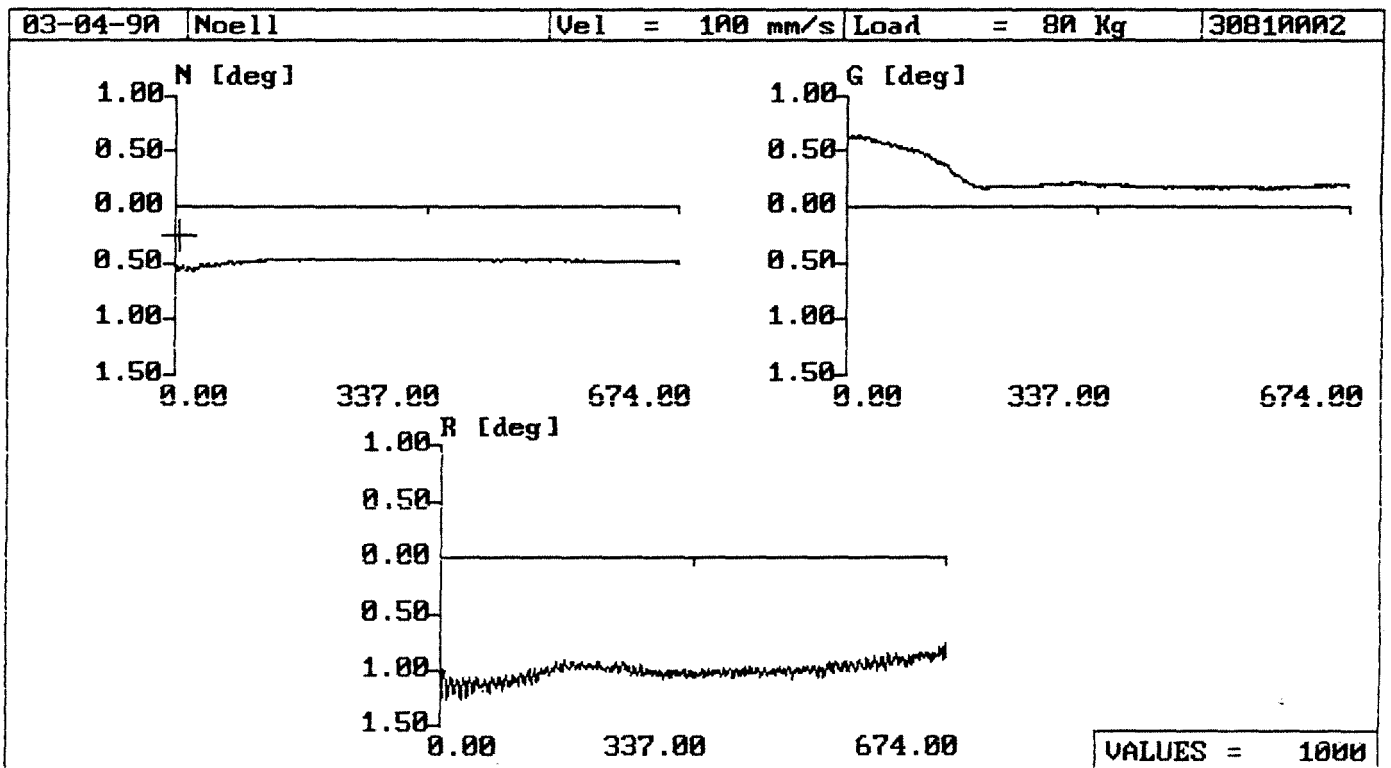
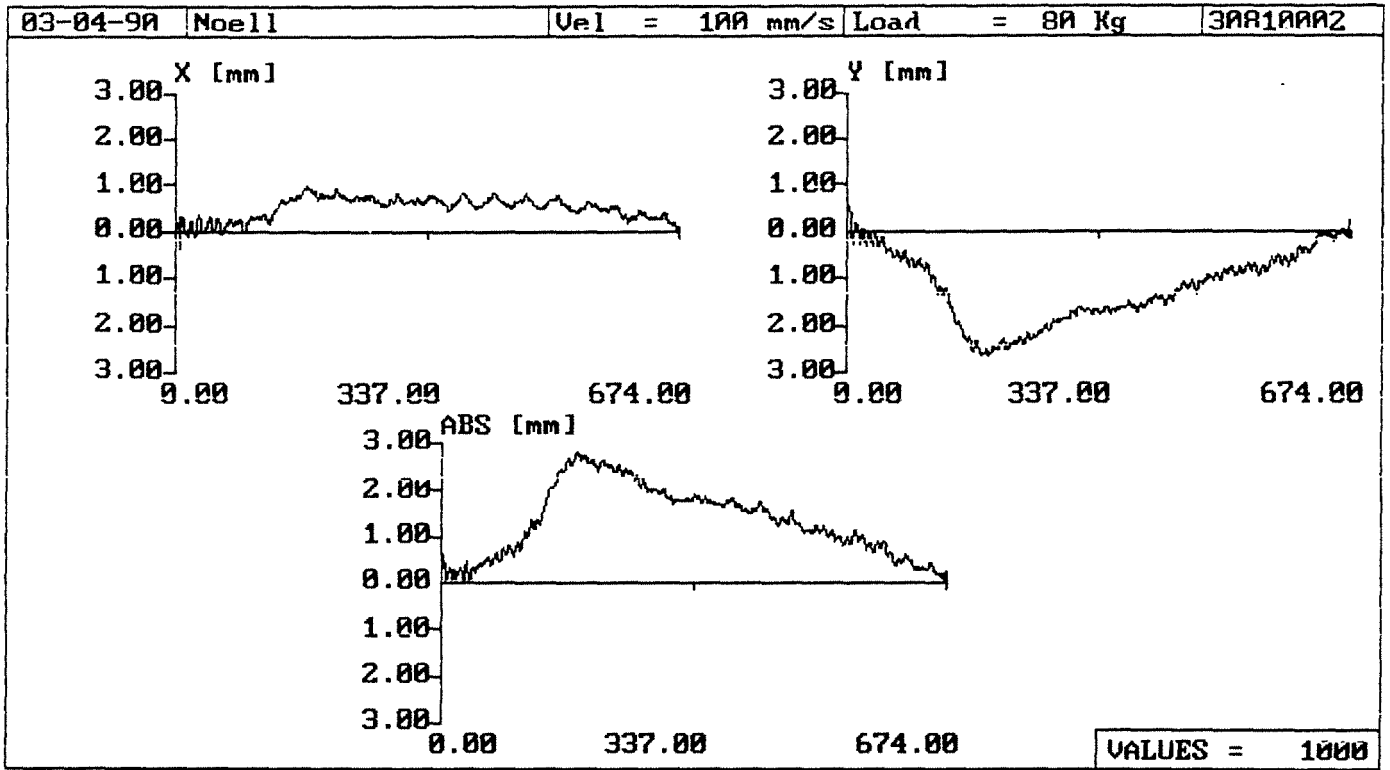


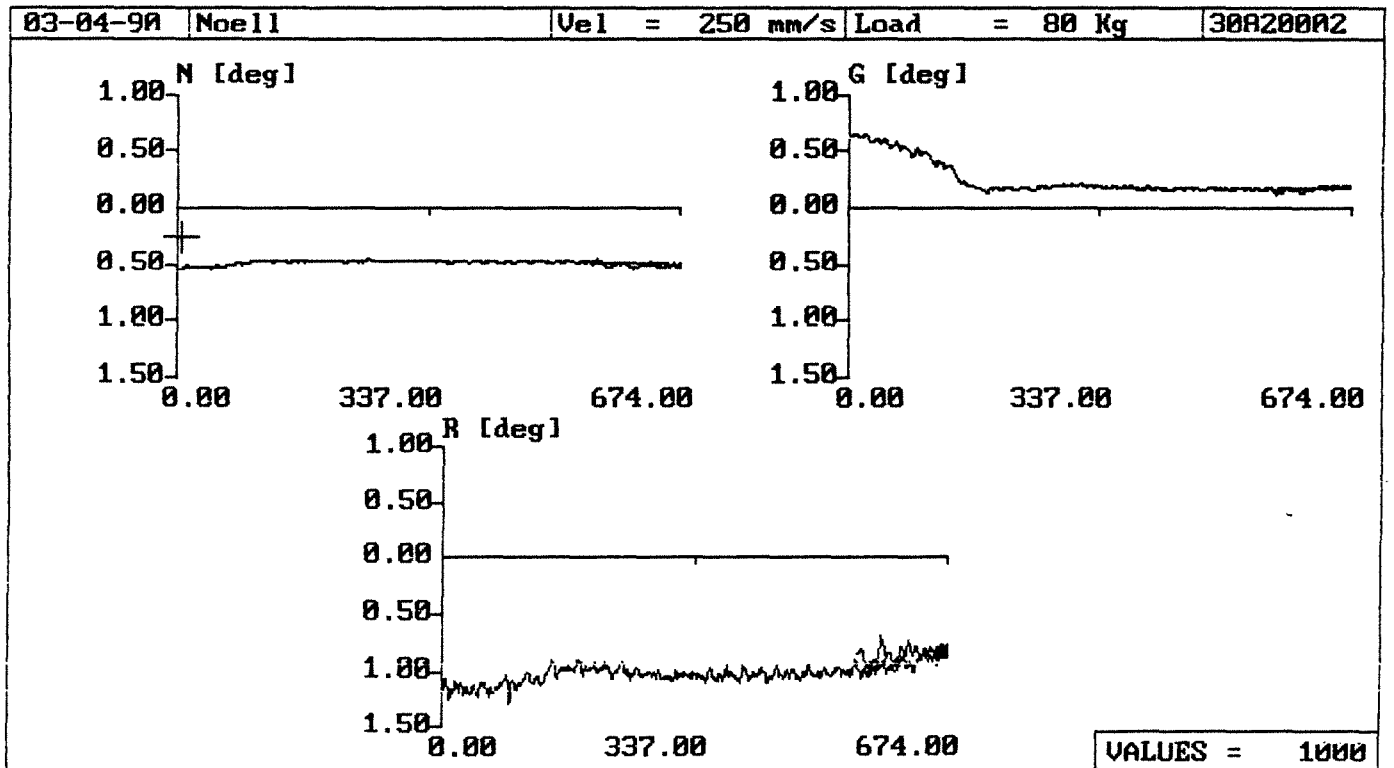
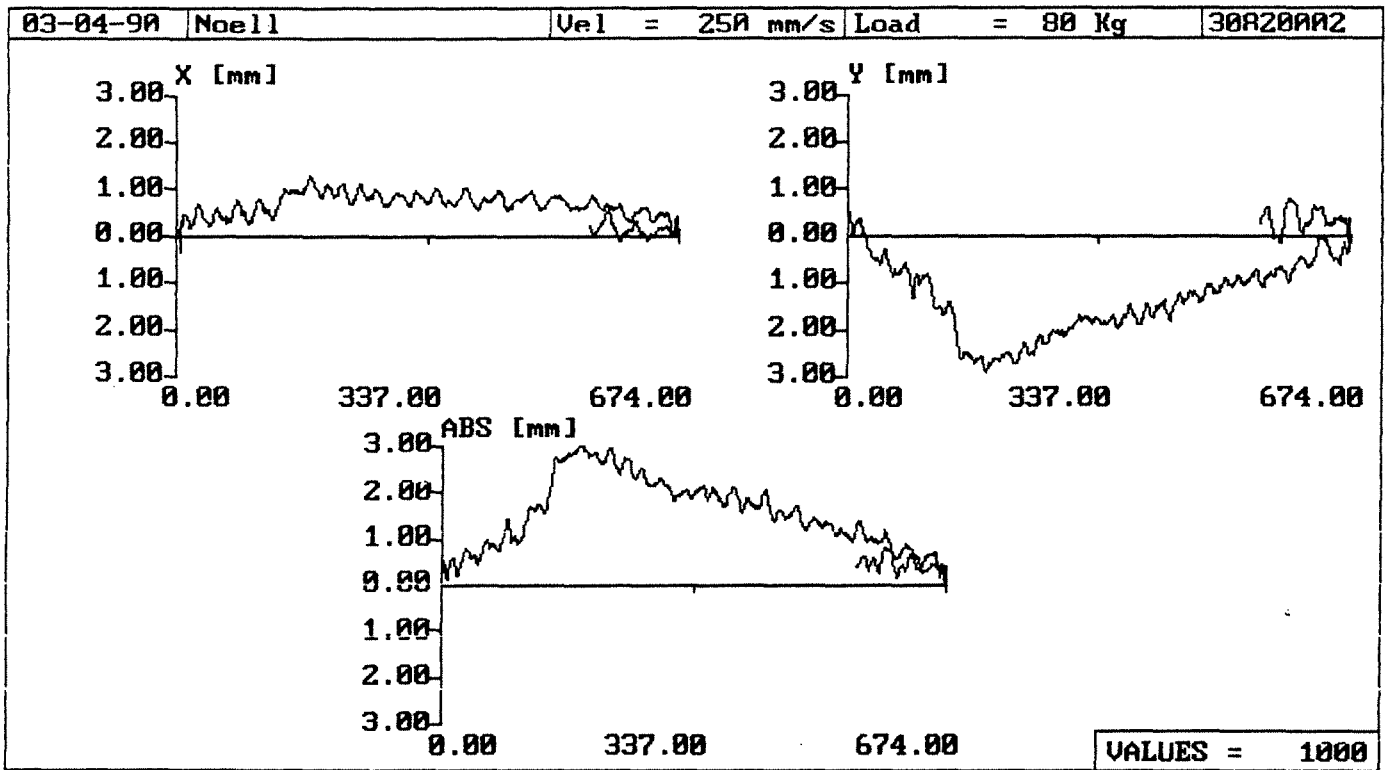


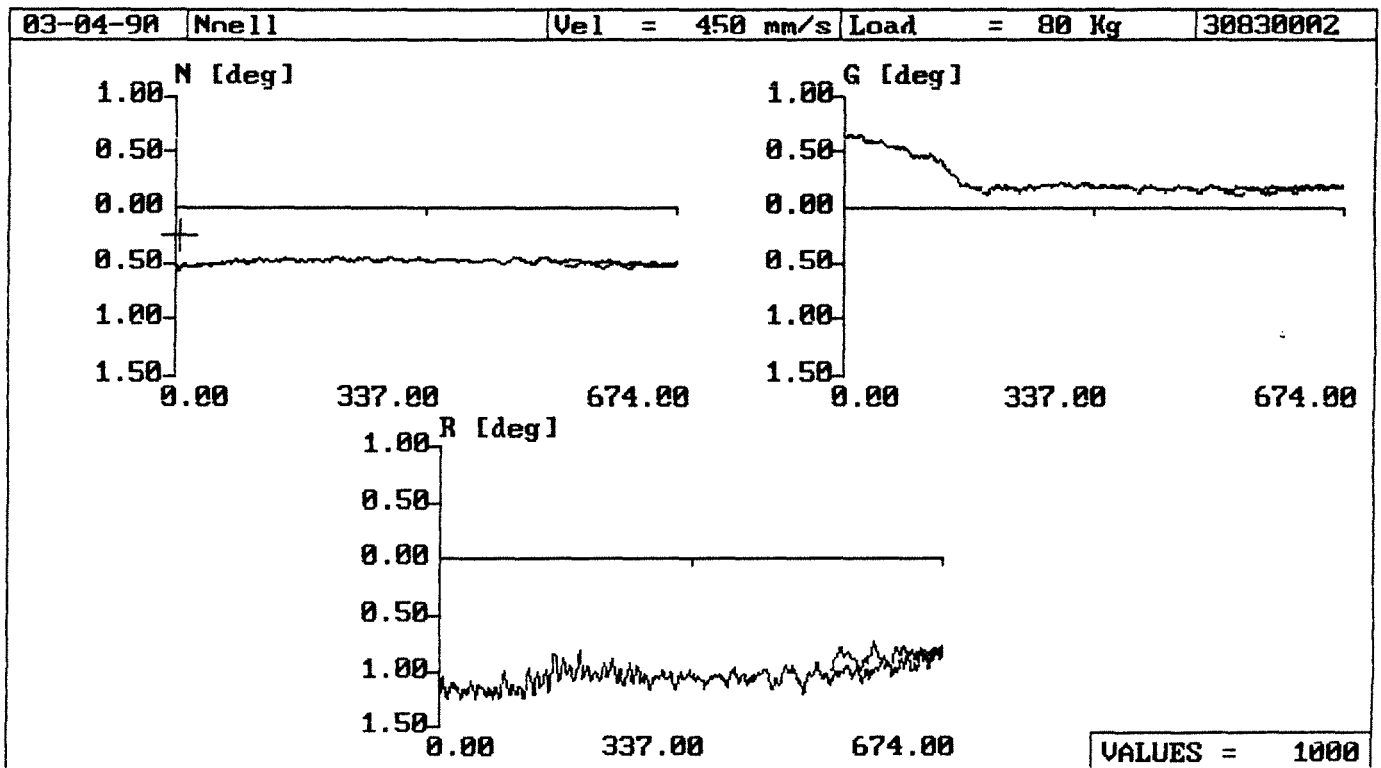
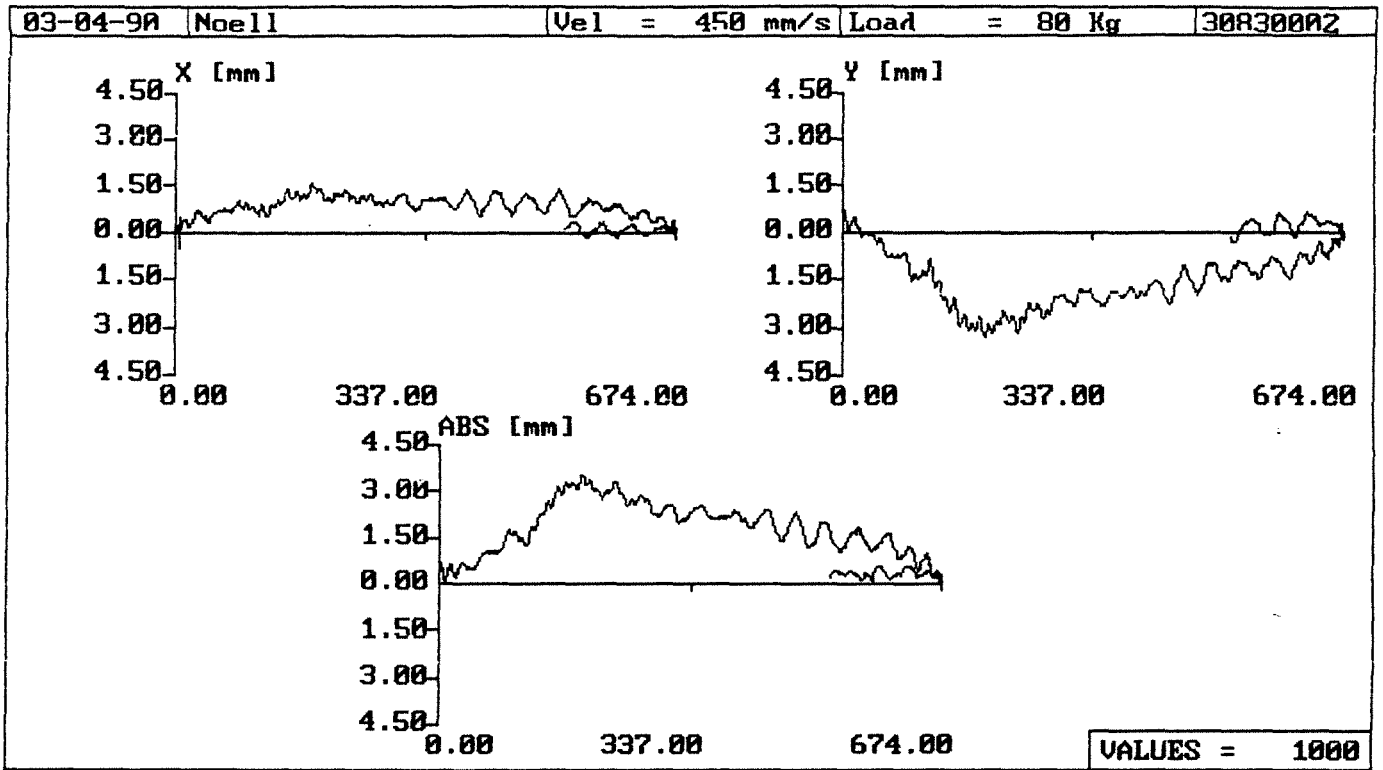












Bahnfahrt in y-Richtung mit Last
Belastungsrichtung in z-Richtung

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30410002.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :40

Z-Anfangswert [mm]:	0.514	Z-Endwert [mm] :	674.412
X-Min [µm]:	-180.867	X-Max [µm] :	833.274
Y-Min [µm]:	-2671.167	Y-Max [µm] :	468.260
Nickw.-Min [grad]:	-0.507	Nickw.-Max [grad]:	-0.409
Gierw.-Min [grad]:	0.176	Gierw.-Max [grad]:	0.634
Rollw.-Min [grad]:	-1.111	Rollw.-Max [grad]:	-0.786
Triggerwert [Hz] :	65535		
Bahnlaenge [mm] :	673.899		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	1014.141	Y-Spannweite [µm]:	3139.427
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.916		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.810		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.897		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	440.903	Y-Abweichung [µm]:	1418.159
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.047		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.160		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.041		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	2645.415	Y-Streubreite [µm]:	8508.957
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.280		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.959		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.244		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30420002.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 40

Z-Anfangswert [mm]: 0.505 Z-Endwert [mm] : 674.347
X-Min [µm]: -129.580 X-Max [µm] : 1236.819
Y-Min [µm]: -3189.826 Y-Max [µm] : 771.178
Nickw.-Min [grad]: -0.508 Nickw.-Max [grad]: -0.405
Gierw.-Min [grad]: 0.150 Gierw.-Max [grad]: 0.633
Rollw.-Min [grad]: -1.152 Rollw.-Max [grad]: -0.698
Triggerwert [Hz] : 65535
Bahnlaenge [mm] : 673.842

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1366.399 Y-Spannweite [µm]: 3961.004
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.914
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.782
Rollwinkelspannweite [grad]: 1.850

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 510.947 Y-Abweichung [µm]: 1355.093
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.039
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.162
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.069

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 3065.679 Y-Streubreite [µm]: 8130.556
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.236
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.972
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.416

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30430002.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 40

Z-Anfangswert [mm]:	0.497	Z-Endwert [mm] :	674.265
X-Min [µm]:	-386.827	X-Max [µm] :	1405.727
Y-Min [µm]:	-3550.562	Y-Max [µm] :	548.217
Nickw.-Min [grad]:	-0.511	Nickw.-Max [grad]:	-0.385
Gierw.-Min [grad]:	0.136	Gierw.-Max [grad]:	0.635
Rollw.-Min [grad]:	-1.195	Rollw.-Max [grad]:	-0.686
Triggerwert [Hz] :	65535		
Bahnlaenge [mm] :	673.768		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	1792.554	Y-Spannweite [µm]:	4098.779
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.896		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.771		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.881		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	546.929	Y-Abweichung [µm]:	1282.378
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.041		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.143		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.105		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	3281.574	Y-Streubreite [µm]:	7694.267
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.244		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.859		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.629		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei : 30610002.BAN
Roboter : Noell
Last [kg] : 60

Z-Anfangswert [mm]: 0.529 Z-Endwert [mm] : 674.599
X-Min [µm]: -129.281 X-Max [µm] : 907.606
Y-Min [µm]: -2677.135 Y-Max [µm] : 551.206
Nickw.-Min [grad]: -0.539 Nickw.-Max [grad]: -0.435
Gierw.-Min [grad]: 0.167 Gierw.-Max [grad]: 0.638
Rollw.-Min [grad]: -1.210 Rollw.-Max [grad]: -0.751
Triggerwert [Hz] : 65535
Bahnlaenge [mm] : 674.071

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1036.887 Y-Spannweite [µm]: 3228.341
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.974
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.805
Rollwinkelspannweite [grad]: 1.961

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 448.729 Y-Abweichung [µm]: 1355.211
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.048
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.175
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.049

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 2692.374 Y-Streubreite [µm]: 8131.269
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.288
Gierwinkelstreubreite [grad]: 1.048
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.294

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30620002.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]: 0.526 Z-Endwert [mm] : 674.521
X-Min [µm]: -168.379 X-Max [µm] : 1279.861
Y-Min [µm]: -2961.766 Y-Max [µm] : 835.581
Nickw.-Min [grad]: -0.539 Nickw.-Max [grad]: -0.429
Gierw.-Min [grad]: 0.146 Gierw.-Max [grad]: 0.643
Rollw.-Min [grad]: -1.225 Rollw.-Max [grad]: -0.677
Triggerwert [Hz] : 65535
Bahnlaenge [mm] : 673.995

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]: 1448.240 Y-Spannweite [µm]: 3797.346
Nickwinkelspannweite [grad]: 0.968
Gierwinkelspannweite [grad]: 0.788
Rollwinkelspannweite [grad]: 1.903

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]: 474.486 Y-Abweichung [µm]: 1263.264
Nickwinkelabweichung [grad]: 0.054
Gierwinkelabweichung [grad]: 0.156
Rollwinkelabweichung [grad]: 0.071

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]: 2846.913 Y-Streubreite [µm]: 7579.584
Nickwinkelstreubreite [grad]: 0.326
Gierwinkelstreubreite [grad]: 0.938
Rollwinkelstreubreite [grad]: 0.427

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30630002.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :60

Z-Anfangswert [mm]:	0.529	Z-Endwert [mm] :	674.438
X-Min [µm]:	-332.566	X-Max [µm] :	1636.139
Y-Min [µm]:	-3495.286	Y-Max [µm] :	630.760
Nickw.-Min [grad]:	-0.542	Nickw.-Max [grad]:	-0.418
Gierw.-Min [grad]:	0.125	Gierw.-Max [grad]:	0.643
Rollw.-Min [grad]:	-1.236	Rollw.-Max [grad]:	-0.725
Triggerwert [Hz] :	65535		
Bahnlaenge [mm] :	673.909		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	1968.705	Y-Spannweite [µm]:	4126.046
Nickwinkelspannweite [grad]:	0.960		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.768		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.961		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	704.667	Y-Abweichung [µm]:	1345.425
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.039		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.169		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.066		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	4228.004	Y-Streubreite [µm]:	8072.548
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.234		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	1.013		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.394		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30810002.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :80

Z-Anfangswert [mm]:	0.537	Z-Endwert [mm] :	674.703
X-Min [µm]:	-109.291	X-Max [µm] :	975.054
Y-Min [µm]:	-2633.298	Y-Max [µm] :	566.687
Nickw.-Min [grad]:	-0.569	Nickw.-Max [grad]:	-0.461
Gierw.-Min [grad]:	0.159	Gierw.-Max [grad]:	0.642
Rollw.-Min [grad]:	-1.257	Rollw.-Max [grad]:	-0.758
Triggerwert [Hz] :	65535		
Bahnlaenge [mm] :	674.166		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	1084.345	Y-Spannweite [µm]:	3199.985
Nickwinkelspannweite [grad]:	1.031		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.801		
Rollwinkelspannweite [grad]:	2.015		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	501.698	Y-Abweichung [µm]:	1341.180
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.050		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.183		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.051		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	3010.187	Y-Streubreite [µm]:	8047.081
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.298		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	1.098		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.305		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30820002.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :80

Z-Anfangswert [mm]:	0.532	Z-Endwert [mm] :	674.664
X-Min [µm]:	-124.898	X-Max [µm] :	1301.950
Y-Min [µm]:	-2911.579	Y-Max [µm] :	785.029
Nickw.-Min [grad]:	-0.571	Nickw.-Max [grad]:	-0.456
Gierw.-Min [grad]:	0.124	Gierw.-Max [grad]:	0.642
Rollw.-Min [grad]:	-1.286	Rollw.-Max [grad]:	-0.701
Triggerwert [Hz] :	65535		
Bahnlaenge [mm] :	674.132		

Spannweiten:

X-Spannweite [µm]:	1426.849	Y-Spannweite [µm]:	3696.608
Nickwinkelspannweite [grad]:	1.027		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.766		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.987		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [µm]:	521.925	Y-Abweichung [µm]:	1326.270
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.042		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.178		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.060		

Streubreiten:

X-Streubreite [µm]:	3131.550	Y-Streubreite [µm]:	7957.622
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.253		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	1.066		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.358		

Bahnabweichungsdaten

Meßdatei :30830002.BAN
Roboter :Noell
Last [kg] :80

Z-Anfangswert [mm]:	0.538	Z-Endwert [mm] :	674.577
X-Min [μm]:	-146.264	X-Max [μm] :	1585.208
Y-Min [μm]:	-3283.988	Y-Max [μm] :	660.718
Nickw.-Min [grad]:	-0.573	Nickw.-Max [grad]:	-0.447
Gierw.-Min [grad]:	0.116	Gierw.-Max [grad]:	0.646
Rollw.-Min [grad]:	-1.250	Rollw.-Max [grad]:	-0.733
Triggerwert [Hz] :	65535		
Bahnlaenge [mm] :	674.038		

Spannweiten:

X-Spannweite [μm]:	1731.472	Y-Spannweite [μm]:	3944.706
Nickwinkelspannweite [grad]:	1.020		
Gierwinkelspannweite [grad]:	0.762		
Rollwinkelspannweite [grad]:	1.983		

Abweichungen bezogen auf Gerade durch Endwerte!

Standardabweichungen:

X-Abweichung [μm]:	598.487	Y-Abweichung [μm]:	1192.267
Nickwinkelabweichung [grad]:	0.050		
Gierwinkelabweichung [grad]:	0.165		
Rollwinkelabweichung [grad]:	0.124		

Streubreiten:

X-Streubreite [μm]:	3590.921	Y-Streubreite [μm]:	7153.603
Nickwinkelstreubreite [grad]:	0.299		
Gierwinkelstreubreite [grad]:	0.992		
Rollwinkelstreubreite [grad]:	0.746		

3. BESTIMMUNG DER WIEDERHOLGENAUIGKEIT (NOELL)

Beim Bearbeitungsroboter (NOELL) wurden ergänzend Messungen der absoluten Wiederholgenauigkeit durchgeführt, um Aussagen über das Genauigkeitsverhalten machen zu können. Basierend auf diesen Ergebnissen läßt sich das Gesamtsystem durch Optimierung bestimmter Steuerungsparameter besser an die gewünschten Anforderungen anpassen.

3.1 Versuchsdurchführung

Der Reflektorkopf wurde an der Roboterhand befestigt und der Laser auf der gespannten Meßpalette im Arbeitsraum des Roboters festgeschraubt. Durch Verfahren der Roboterhand wurde der Reflektorkopf auf den Laser ausgerichtet und die Verfahrogramme auf die Steuerung heruntergeladen.

Die gewünschte Meßposition wurde entlang der Laserachse immer aus der gleichen Richtung angefahren. Beim Erreichen der Meßposition wurde die Messung, d.h. die Aufzeichnung der Koordinaten über ein Triggersignal aufgelöst. Es wurden 3 Punkte im Arbeitsraum des Roboters auf diese Weise vermessen.

Punkt 1	Laserstrahl parallel zur x_R -Achse; Anfahrriichtung aus $+x_R$ Anfahrriichtung aus $-x_R$
Punkt 2	Laserstrahl parallel zur y_R -Achse; Anfahrriichtung aus $+y_R$
Punkt 3	Laserstrahl parallel zur z_R -Achse; Anfahrriichtung aus $+z_R$

3.2 Meßdaten

Die Meßergebnisse sind in Form von

Histogrammen (**Anlage 2.2-1 bis 3.2-9**)

Zahlentabellen mit Statistik (**Anlage 3.2-10 bis 3.2-15**)

zu sehen. Nur beim Anfahren eines Punktes aus der x_R -Richtung konnte das Umkehrspiel des Antriebes des Schlittens erfaßt werden. Bei allen anderen Konstellationen hätte der Schräggelenkarm ummontiert werden müssen. Dieses ließ das Meßsystem nicht zu, weil man dadurch den Reflektor aus dem zulässigen Meßfenster hätte herausfahren müssen.

In den Histogrammen sind auf der horizontalen Achse die Abweichungen x_L und y_L senkrecht zur Verfahrerrichtung und die dazugehörigen Orientierungen Nick-, Gier-, Rollwinkel aufgetragen. Die Vorzeichendefinition dieser Größen ist in **Anlage 2.1-2** zu sehen. Auf der vertikalen Achse ist die Anzahl der Messungen aufgetragen, die in die gewählten Abweichungsklassen fällt. Beispiel: **Anlage 3.2-1**; Abweichungen in z_L -Richtung

3 Meßwerte fielen in die Abweichungsklasse	-(0.09:0.07) mm
5 Meßwerte fielen in die Abweichungsklasse	-(0.07:0.05) mm
1 Meßwert fiel in die Abweichungsklasse	-(0.05:0.03) mm
7 Meßwerte fielen in die Abweichungsklasse	-(0.05:0.03) mm
4 Meßwerte fielen in die Abweichungsklasse	-(0.07:0.05) mm

Jeder Meßpunkt wurde 20 bzw. 40 mal angefahren. Die Position der Koordinatensysteme wie sie bei den Versuchen definiert war ist **Anlage 2.3-1** zu entnehmen.

Da diese Verteilfunktion von der Wahl der Abweichungsklassen abhängt, lassen sich aus den Histogrammen begrenzt quantitative Aussagen herleiten. Diese sollten den statischen Auswertungen aus **Anlage 3.2-10 bis 3.2-15** entnommen werden.

Im Folgenden werden die wichtigsten Aussagen stichpunktartig zusammengestellt:

- Der Nick-, und Gierwinkel zeigt bei allen Versuchen keine oder vernachlässigbar kleine Standardabweichungen. Damit ist ein Einfluß der Geschwindigkeit und der unterschiedlichen Position der Meßpunkte im Arbeitsraum des Roboters nicht zu erkennen.
- Da der Rollwinkel aus den Größen der Verschiebung berechnet wird, ist eine deutliche Streuung der Meßwerte zu erkennen. Aufgrund der indirekten Berechnung und der großen Streuung der Standardabweichung lassen sich keine eindeutigen Aussagen herleiten.
- Das Umlenkspiel in Antrieb 1 (Schlitten) ist in folgender Tabelle in Abhängigkeit der Verfahrgeschwindigkeit zusammengefaßt.

Verfahrgeschwindigkeit [mm] s	Umlenkspiel [mm]
100	0.08
250	0.10
450	0.10

- Die entscheidende Größe zur Beurteilung der Positionsabweichung ist die Standardabweichung. In folgender Tabelle sind die Standardabweichungen für drei Punkte im Arbeitsraum des Roboters mit unterschiedlichen Koordinaten zusammengestellt.

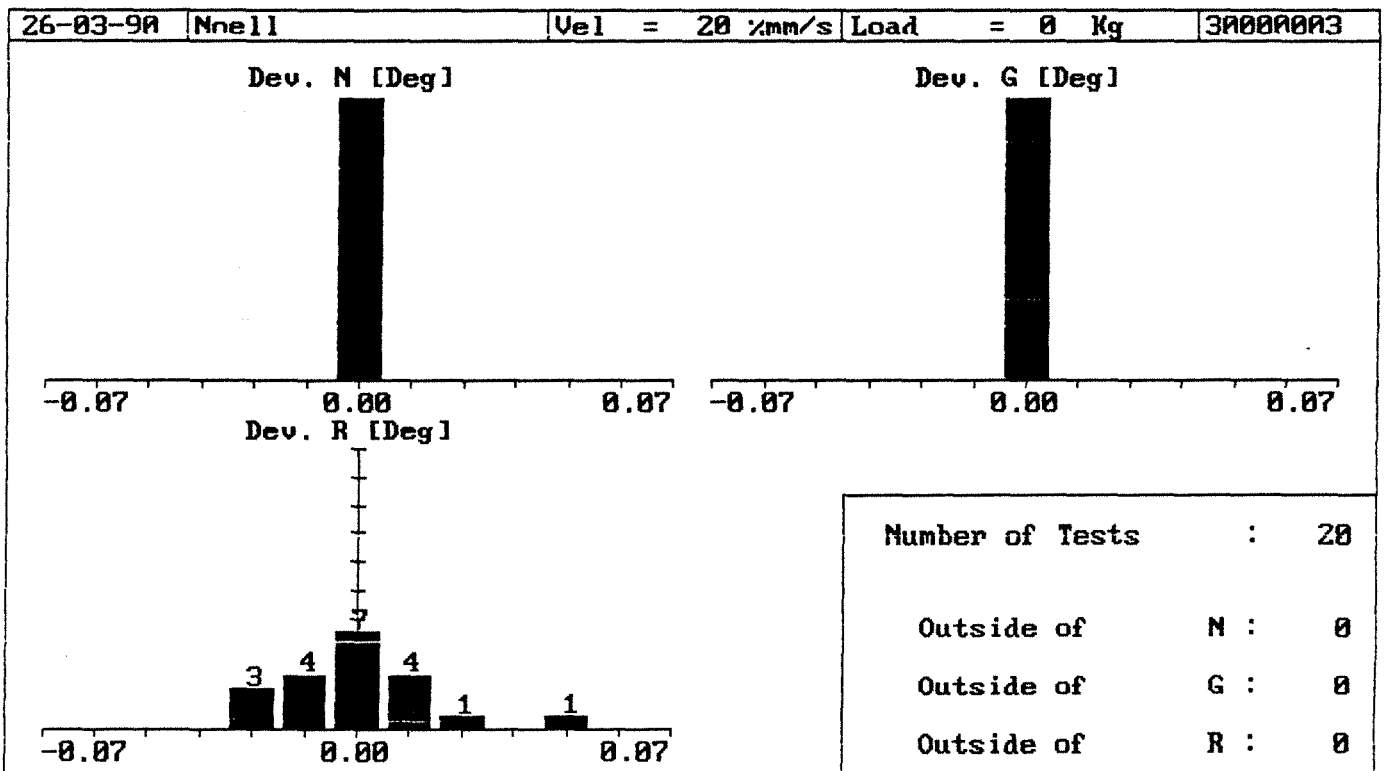
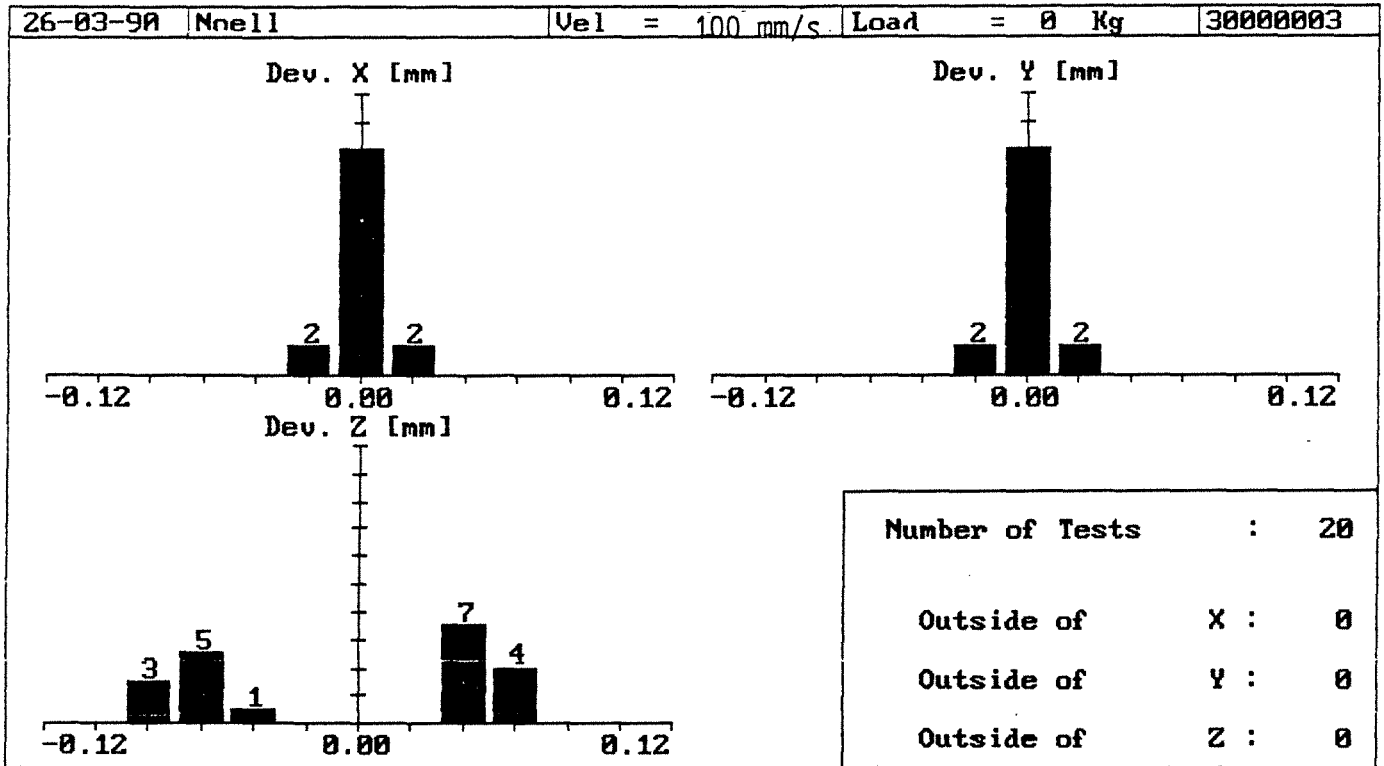
Punkt 1 angefahren aus +x _R			
S _{XL}	S _{YL}	S _{ZL}	Verfahrgeschwindigkeit
	[mm]		[mm/sec]
0.08	0.10	0.58	100
0.011	0.017	0.009	250

Punkt 2 angefahren aus +y _R			
S _{XL}	S _{YL}	S _{ZL}	Verfahrgeschwindigkeit
	[mm]		[mm/sec]
0.014	0.028	0.021	250
0.013	0.008	0.001	450

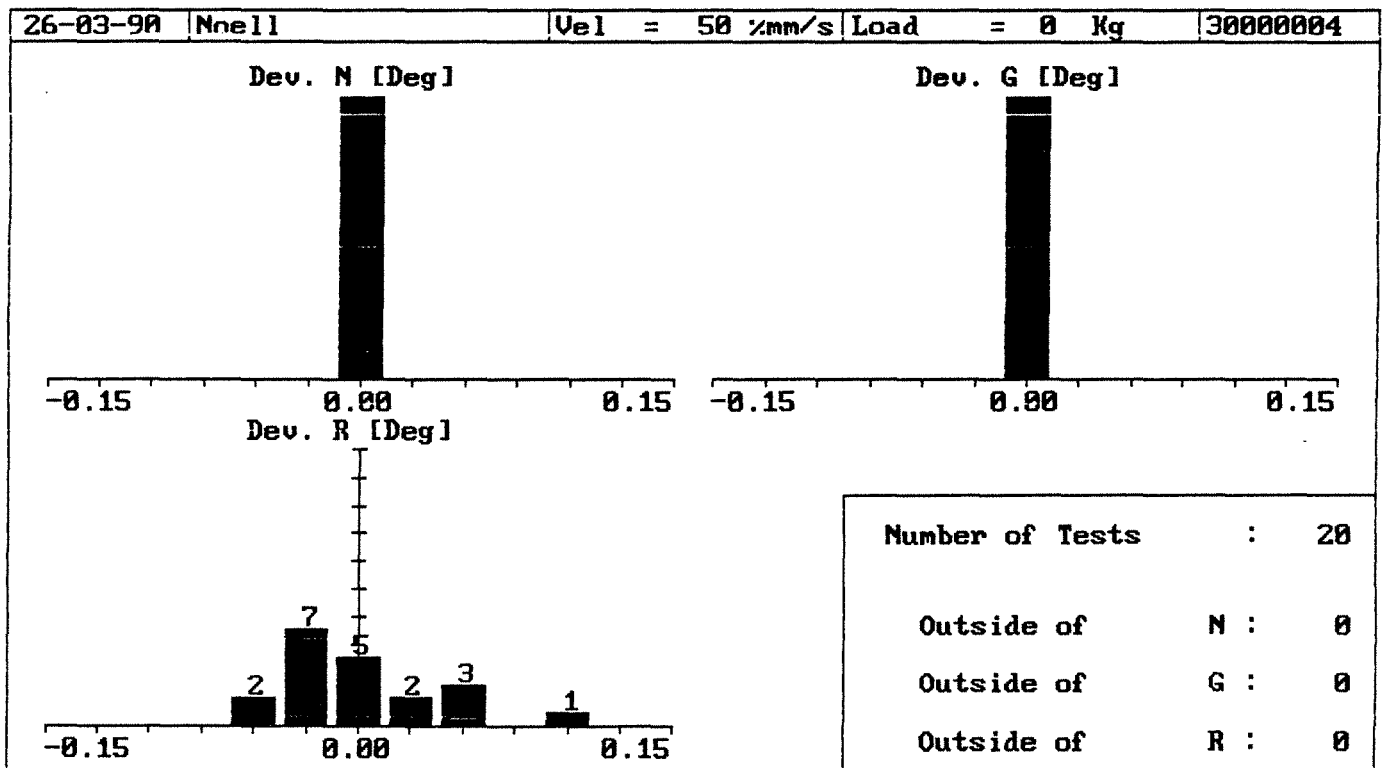
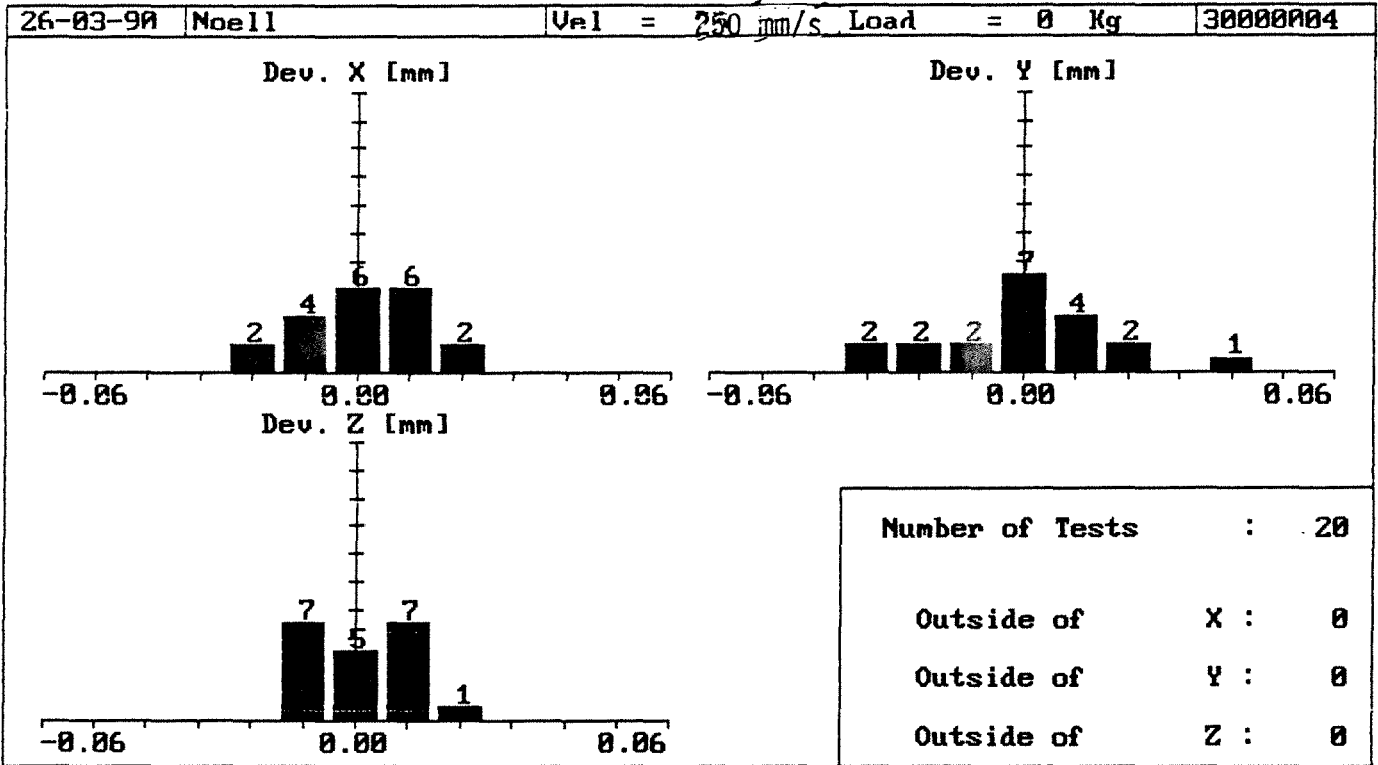
Punkt 3 angefahren aus +z _R			
S _{XL}	S _{YL}	S _{ZL}	Verfahrgeschwindigkeit
	[mm]		
0.07	0.011	0.007	250
0.004	0.007	0.012	450

Erklärung:

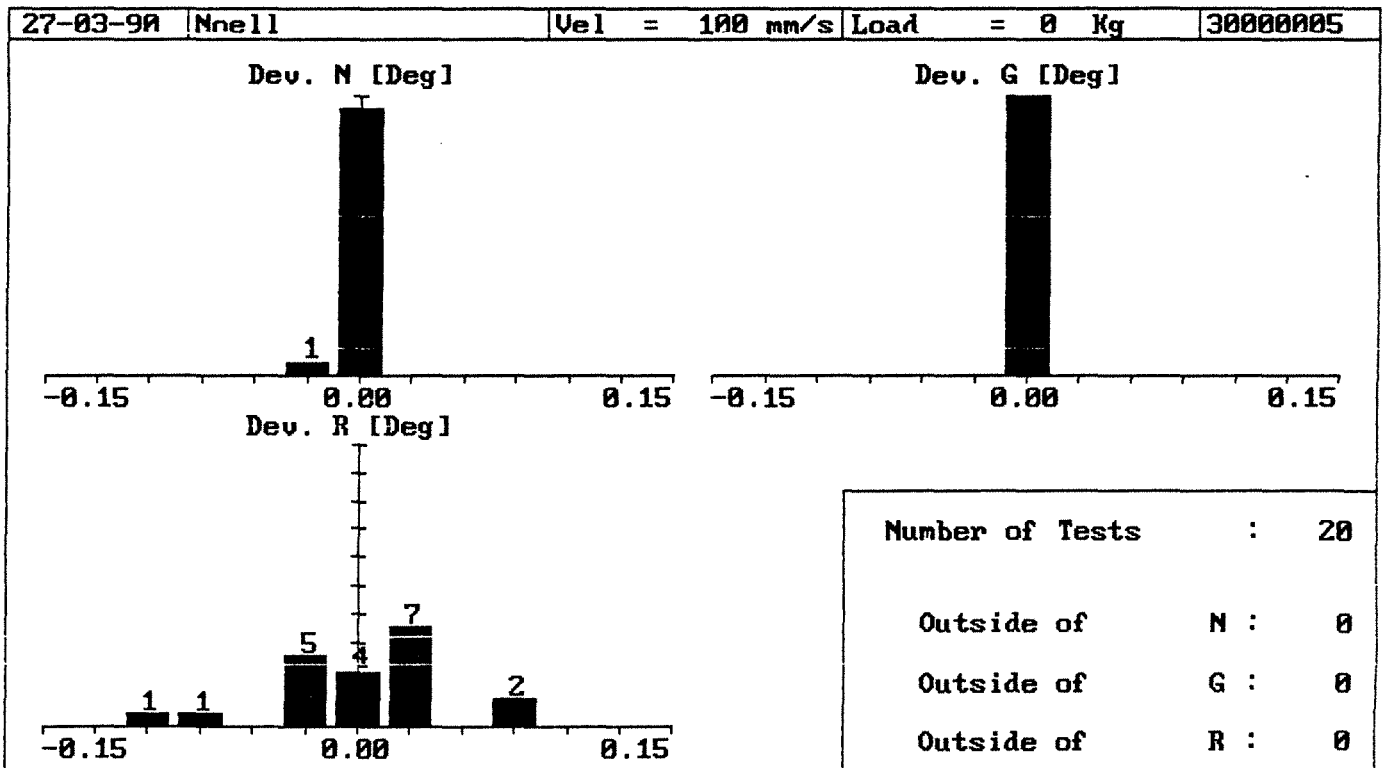
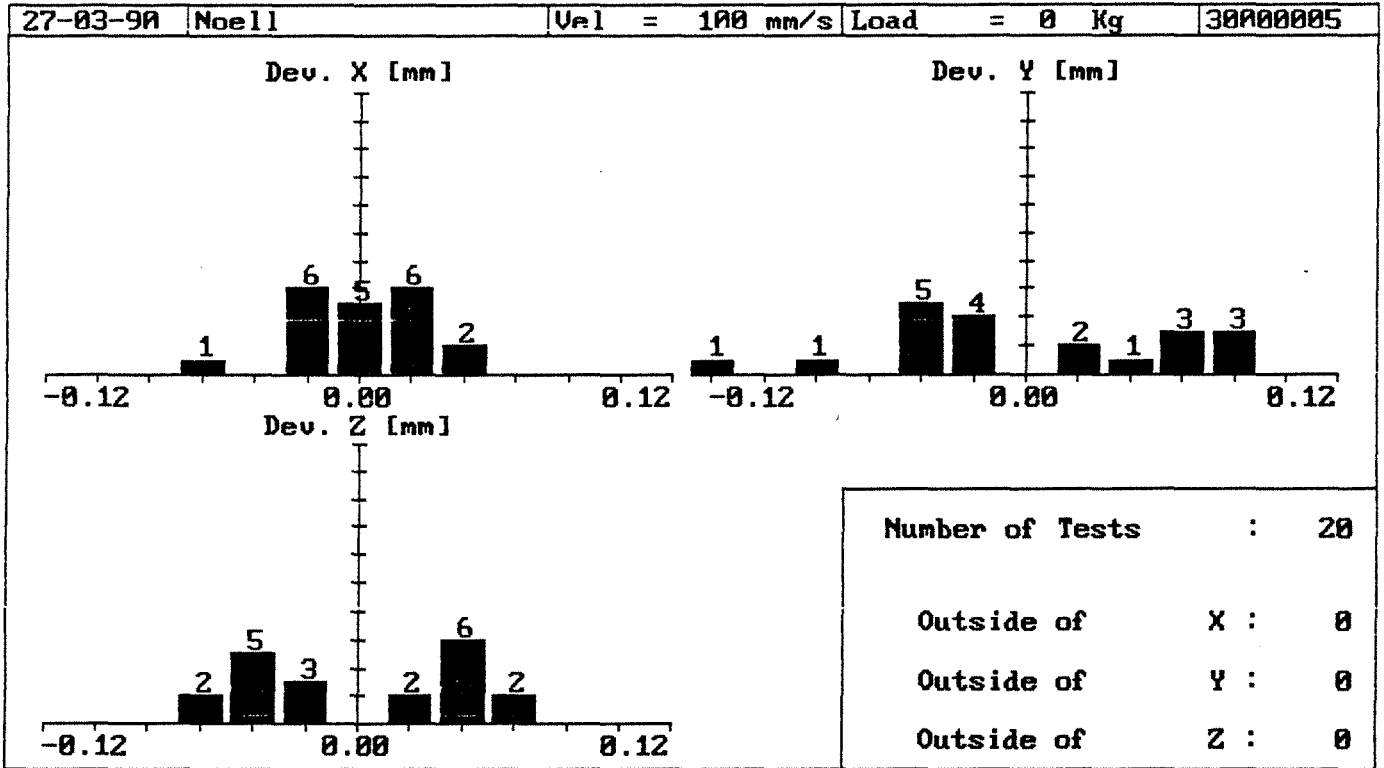
S_{x2} - Abweichung in x_L - Richtung
 S_{y2} - Abweichung in y_L - Richtung
 S_{z2} - Abweichung in z_L - Richtung



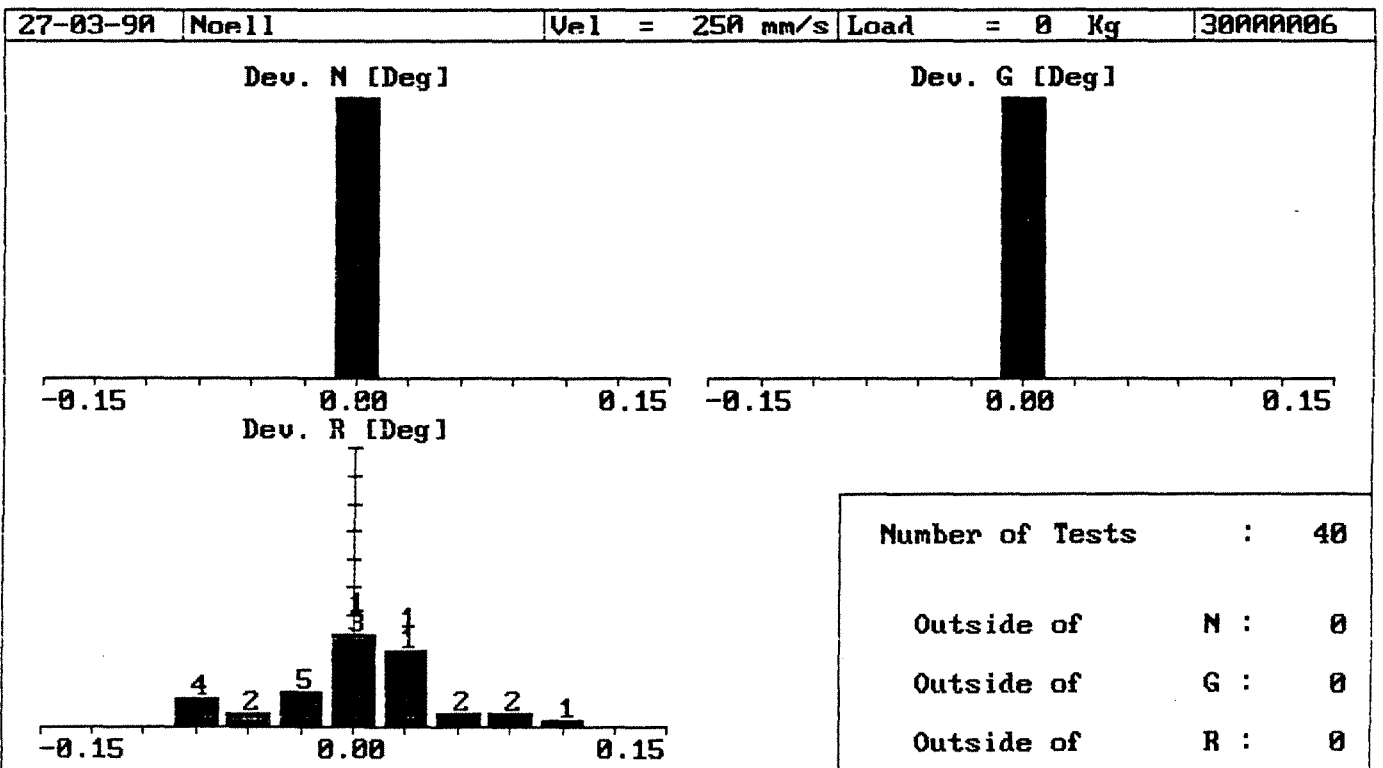
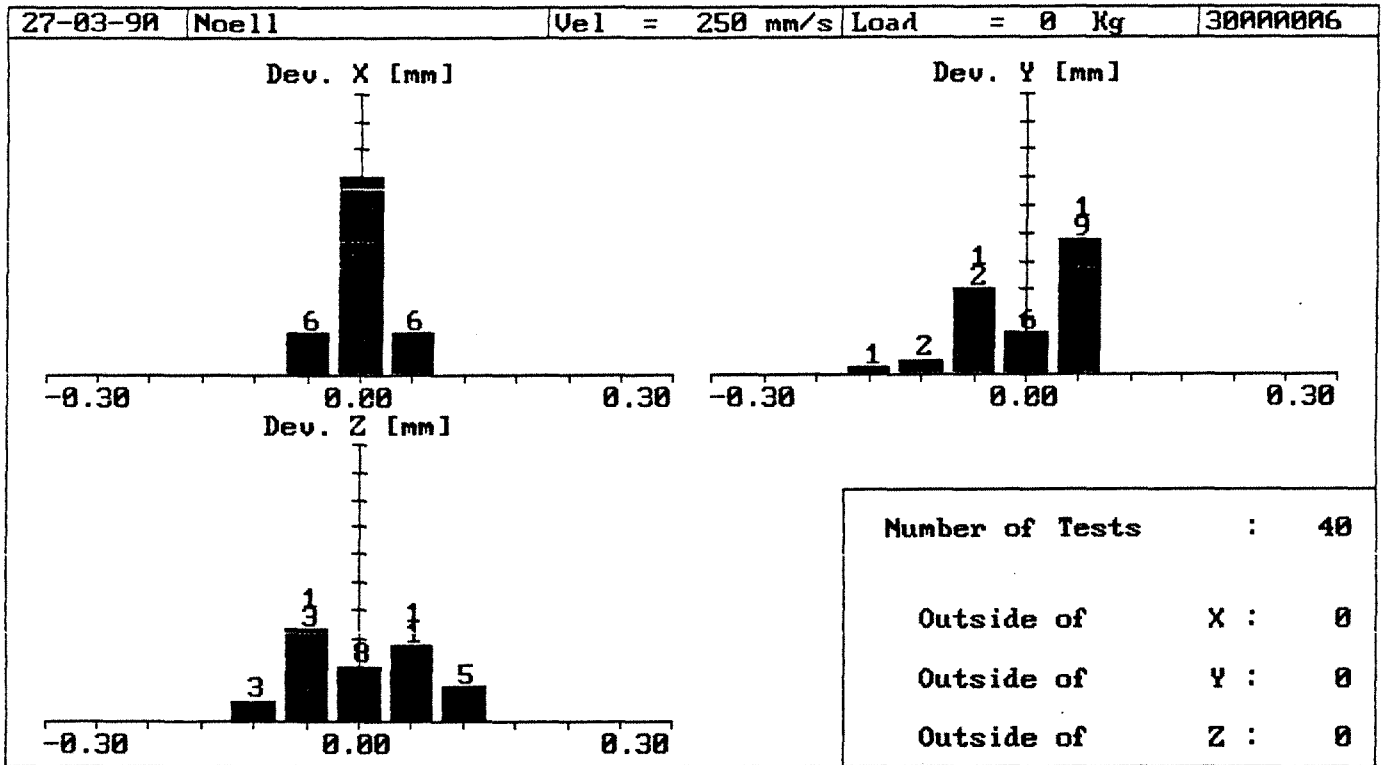
Anlage 3.2-1: Wiederholgenauigkeit Punkt 1
 angefahren aus positiver x_R -Richtung (100 mm/s)



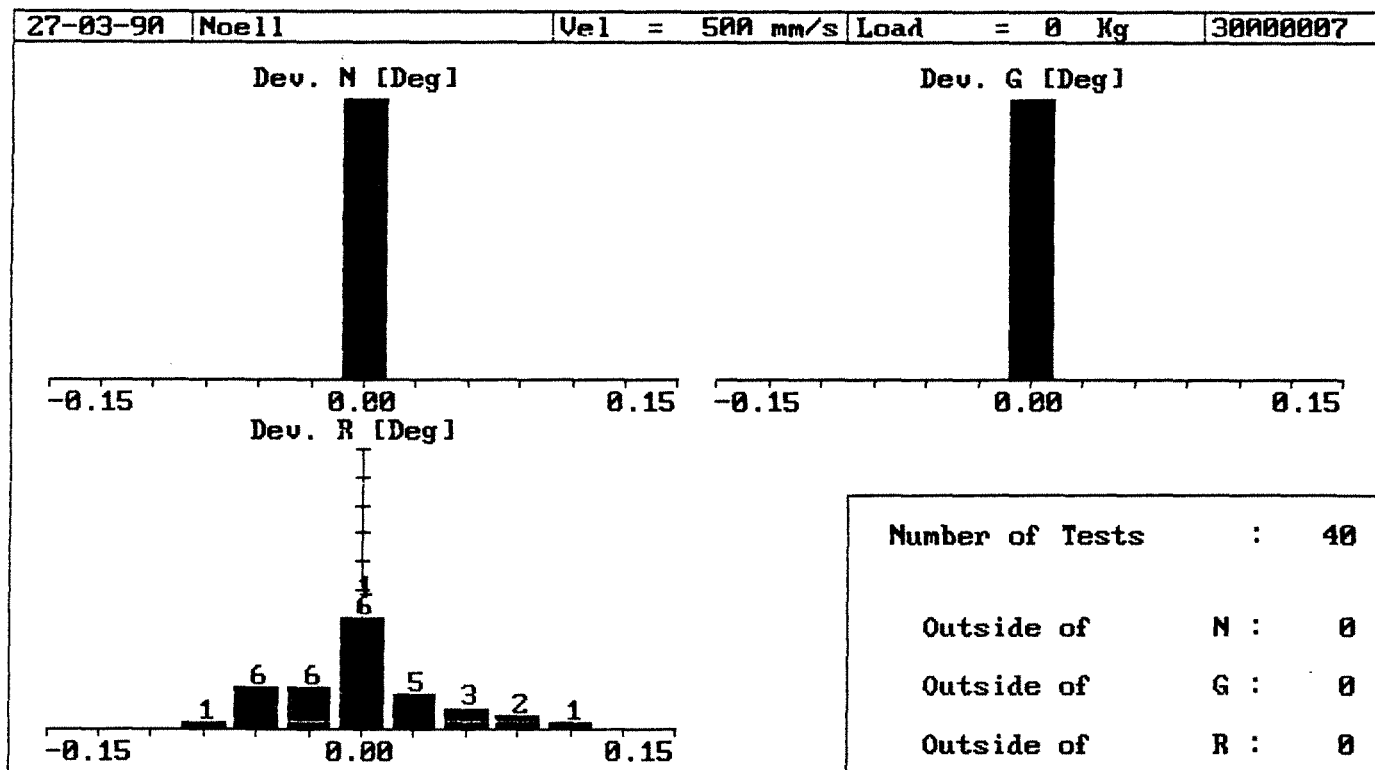
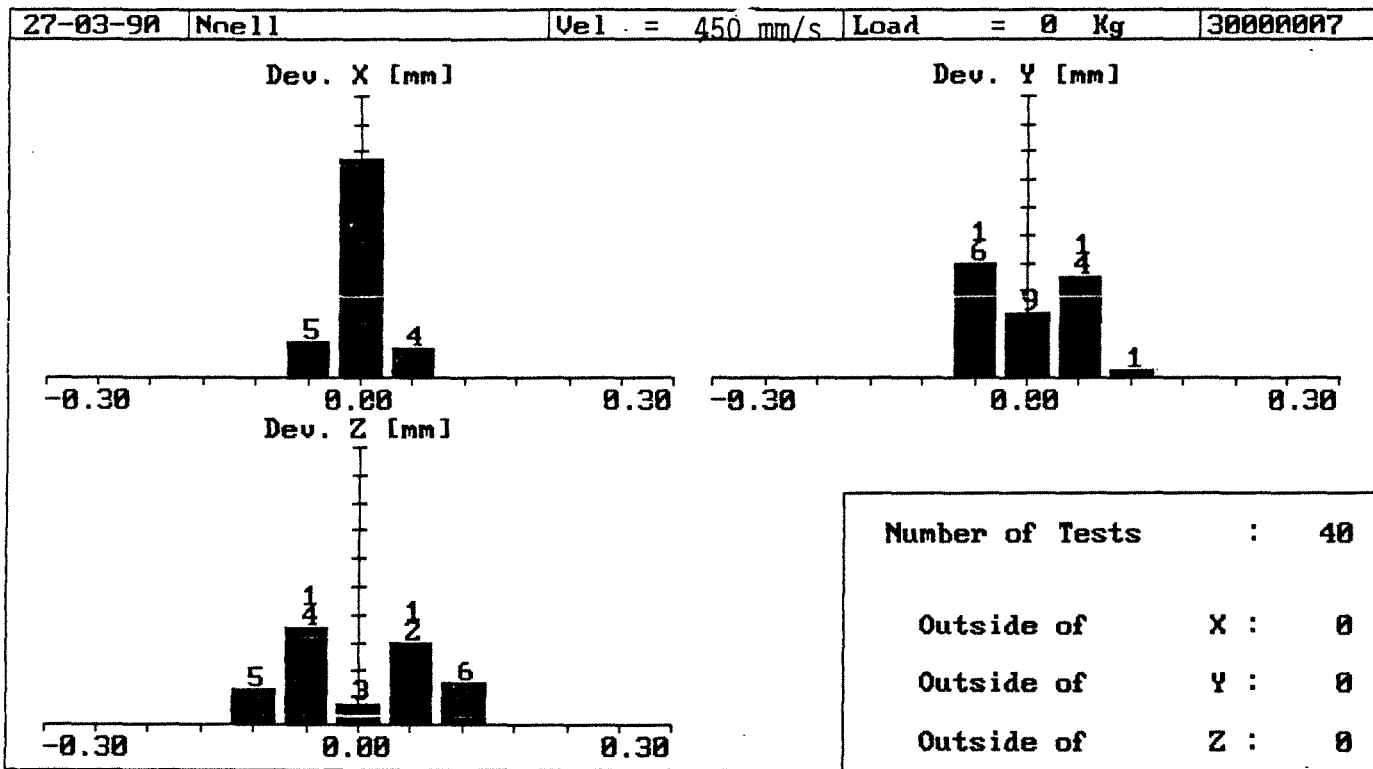
Anlage 3.2-2: Wiederholgenauigkeit Punkt 1
 angefahren aus positiver x_R -Richtung (250 mm/s)



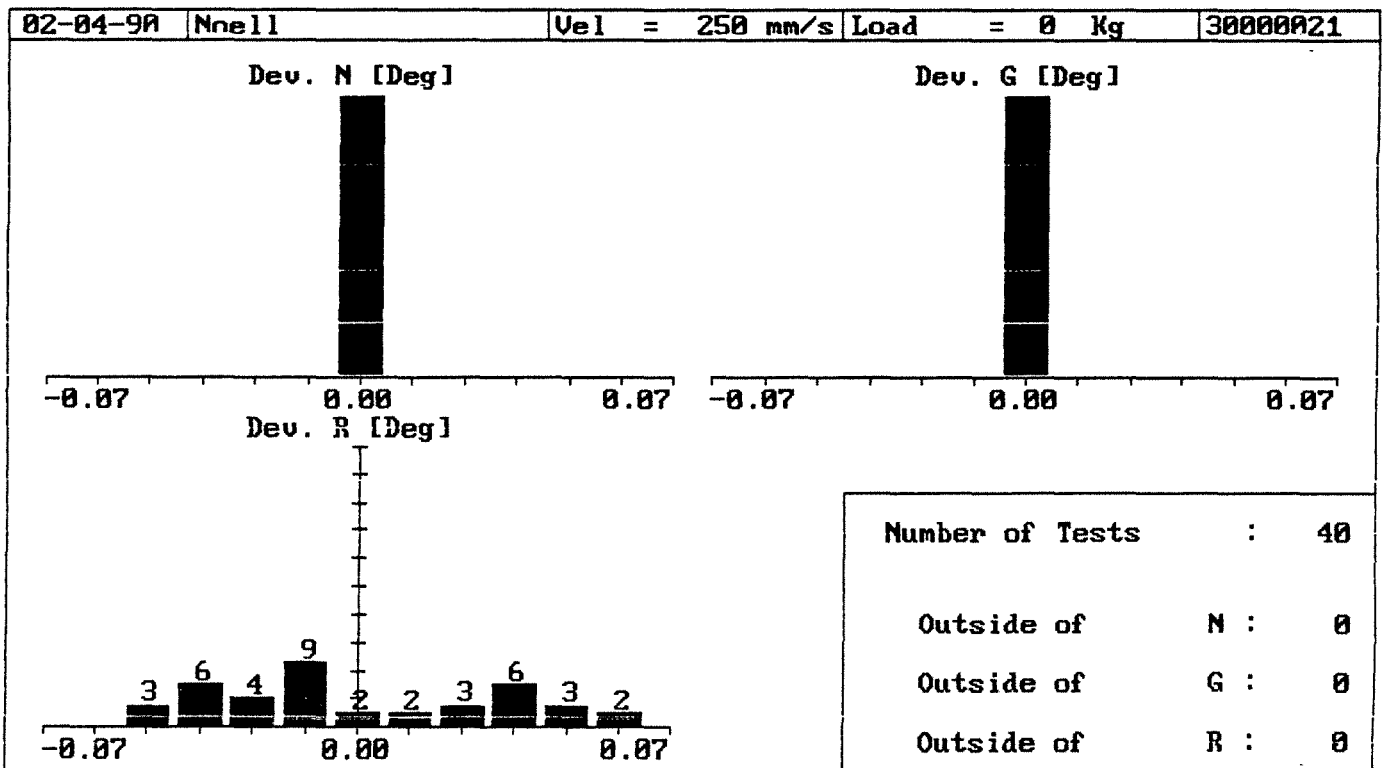
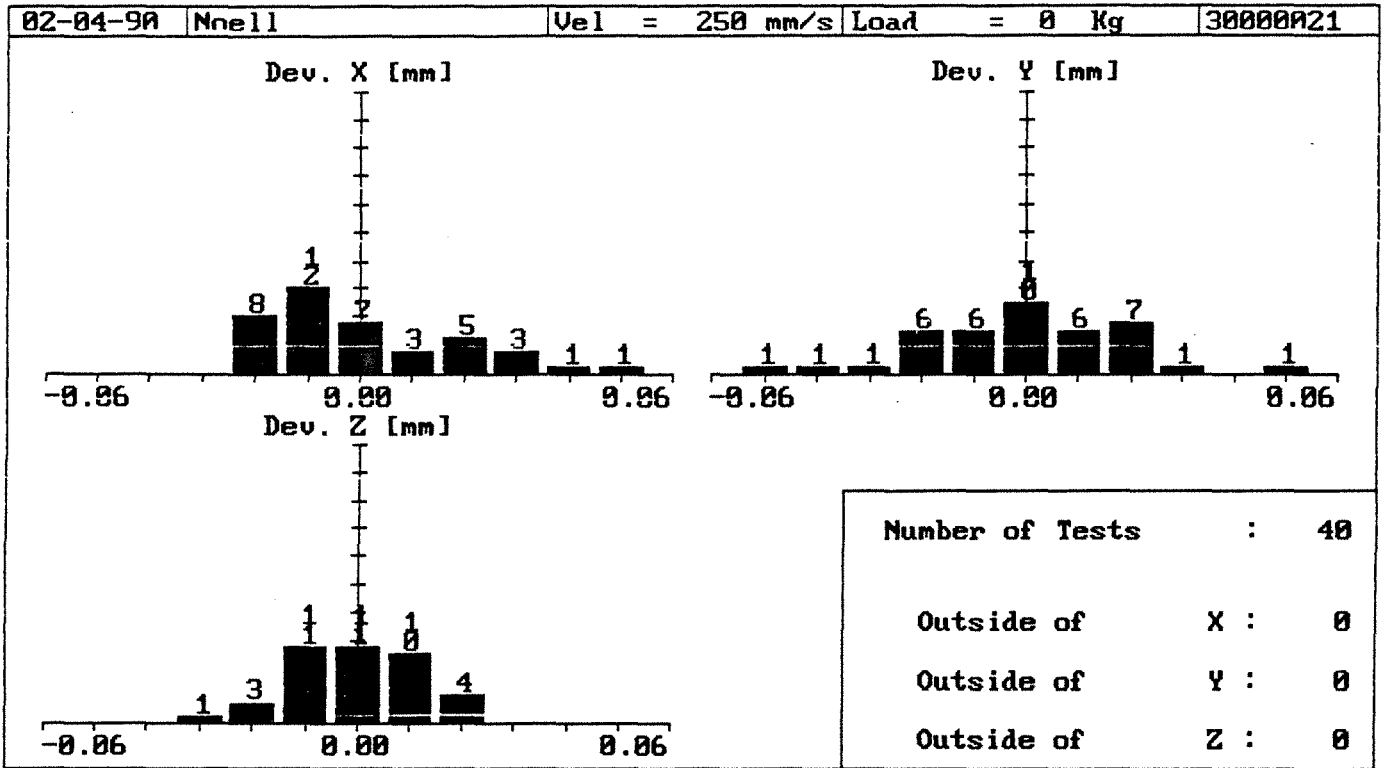
Anlage 3.2-3: Wiederholgenauigkeit Punkt 1
 angefahren aus positiver und negativer x_R -Richtung
 (100 mm/s)



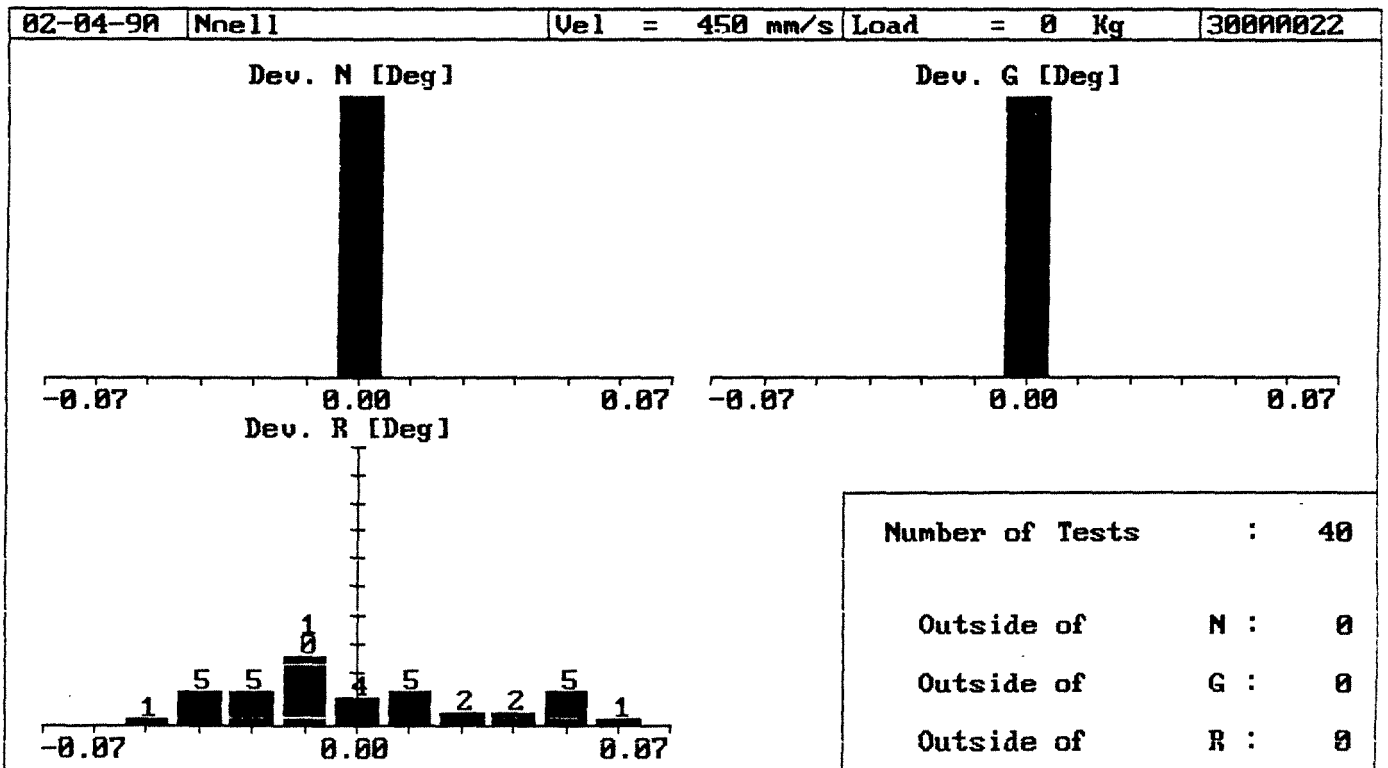
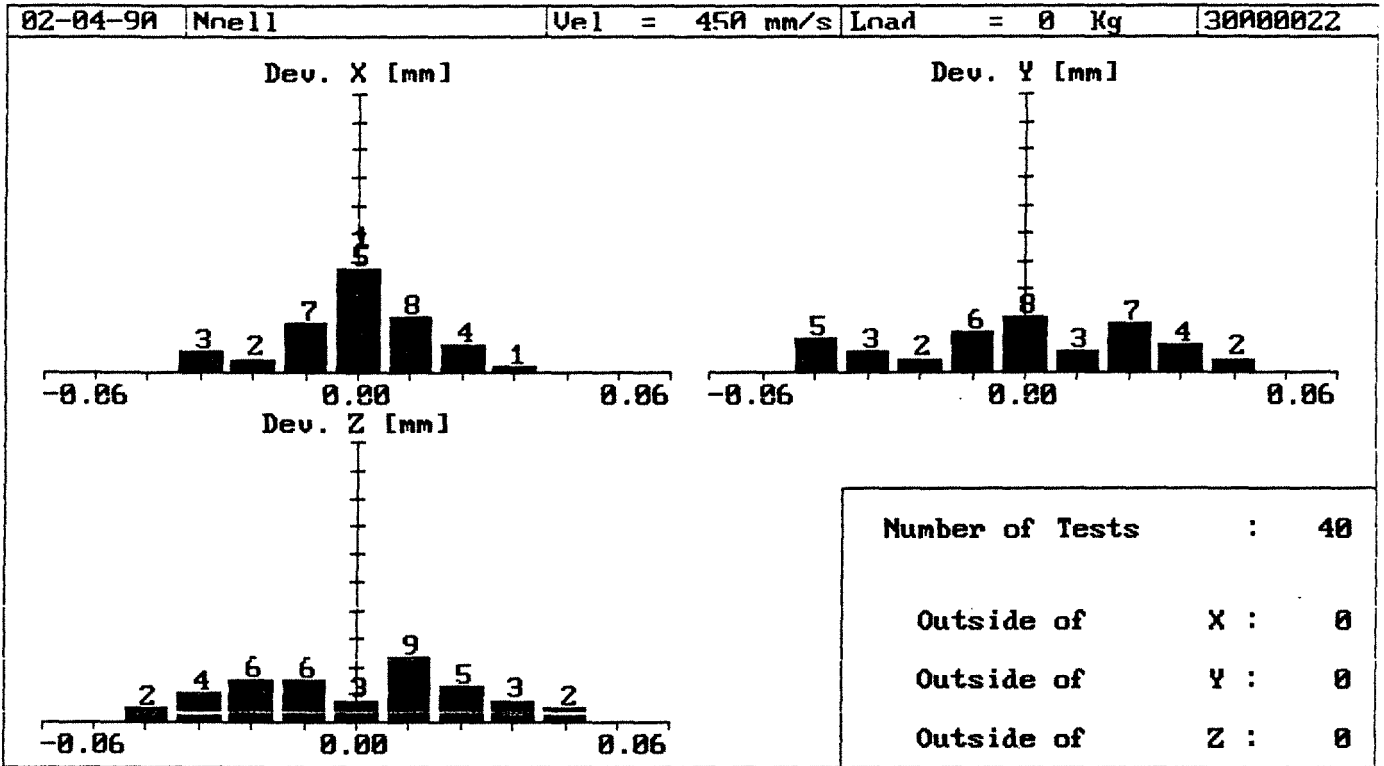
Anlage 3.2-4: Wiederholgenauigkeit Punkt 1
 angefahren aus positiver und negativer x_R -Richtung
 (250 mm/s)



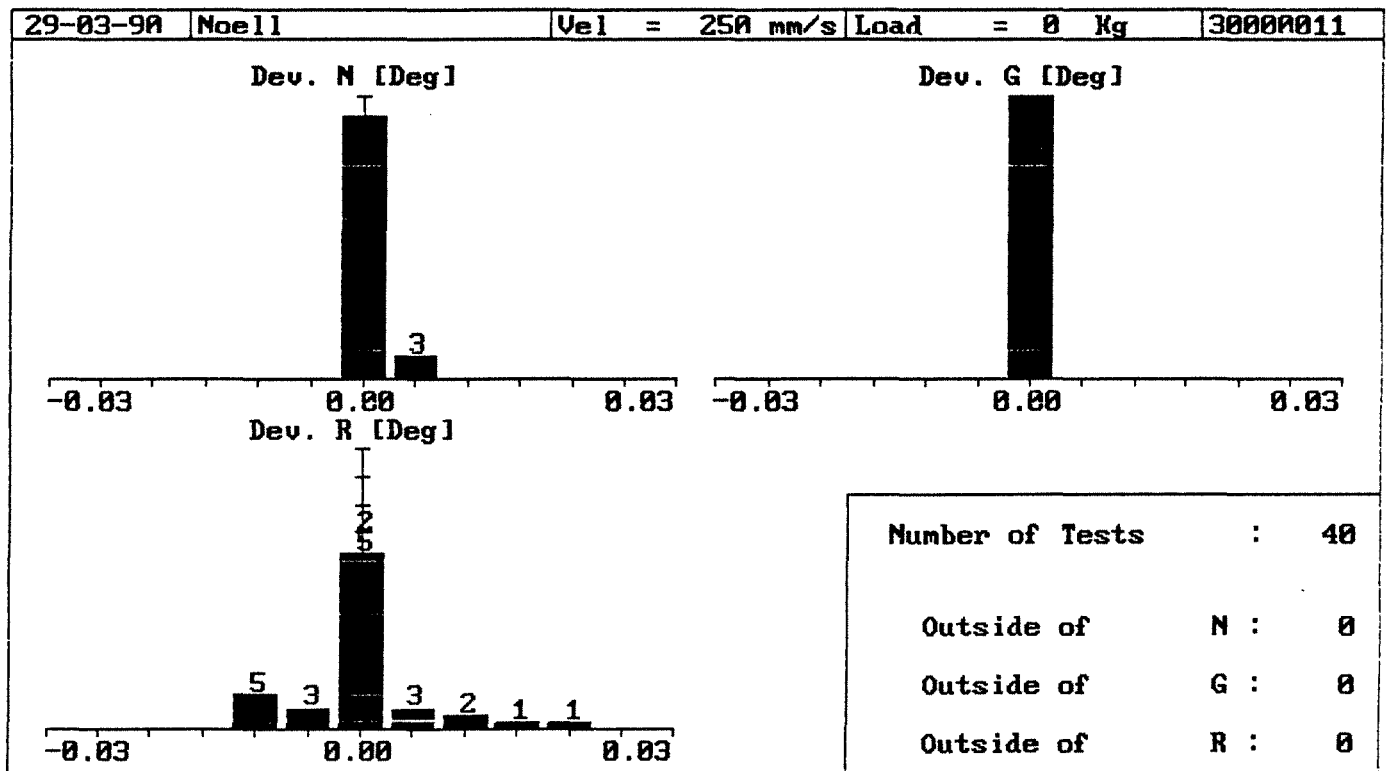
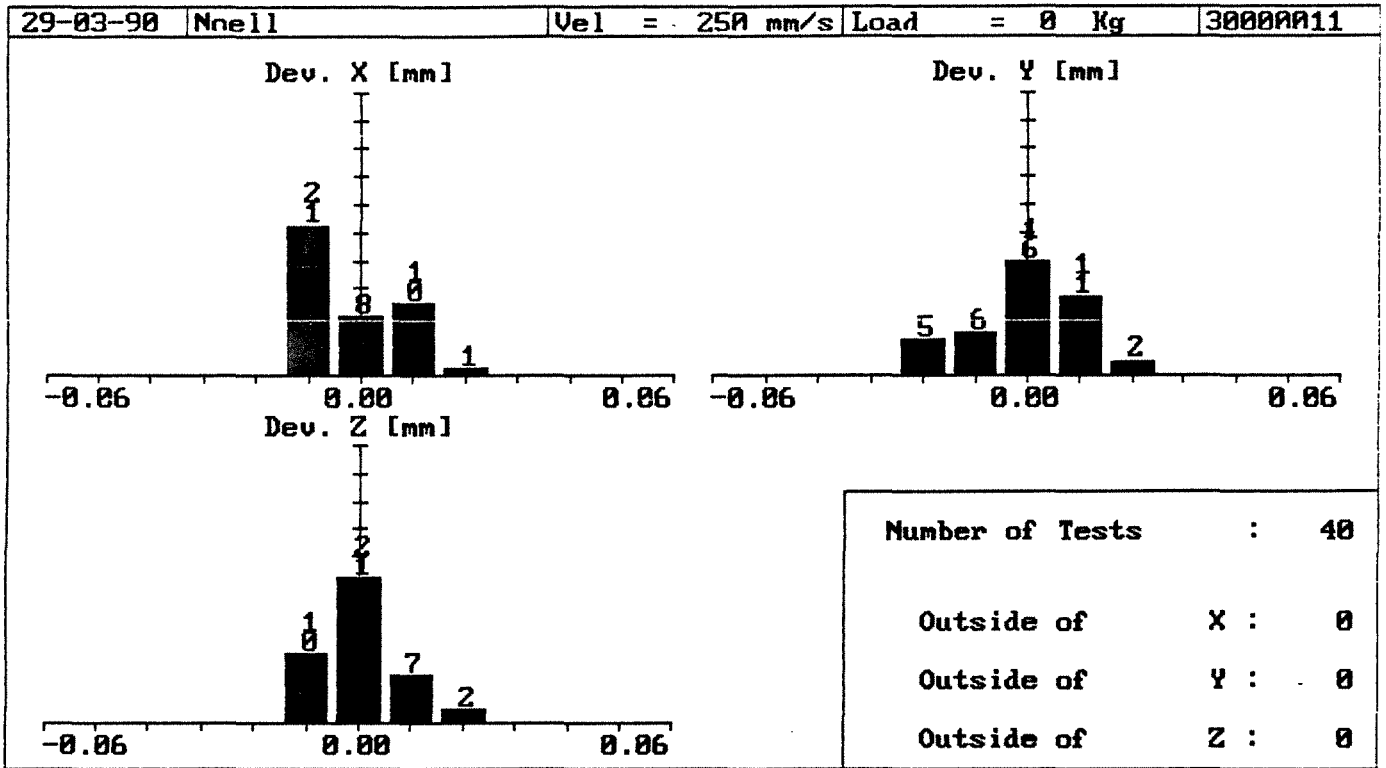
Anlage 3.2-5: Wiederholgenauigkeit Punkt 1
 angefahren aus positiver und negativer x_R -Richtung
 (450 mm/s)



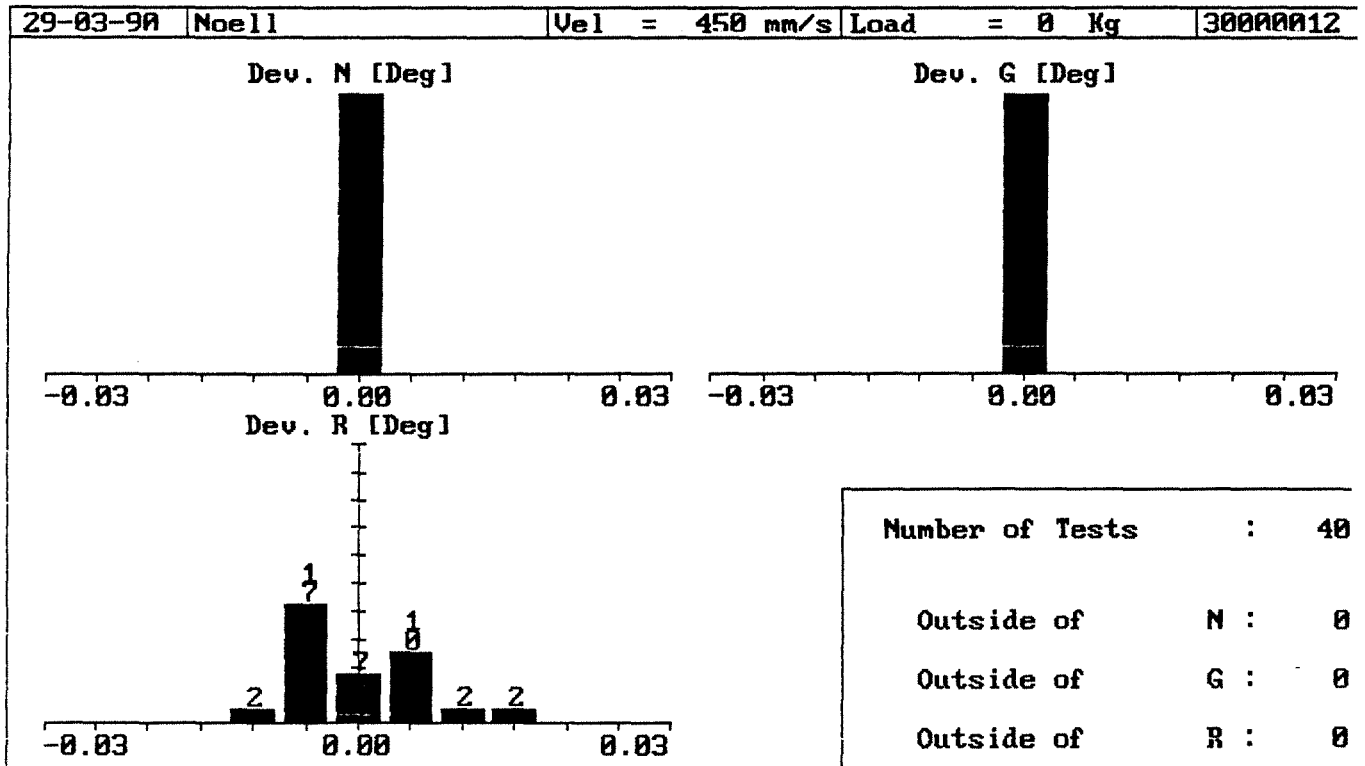
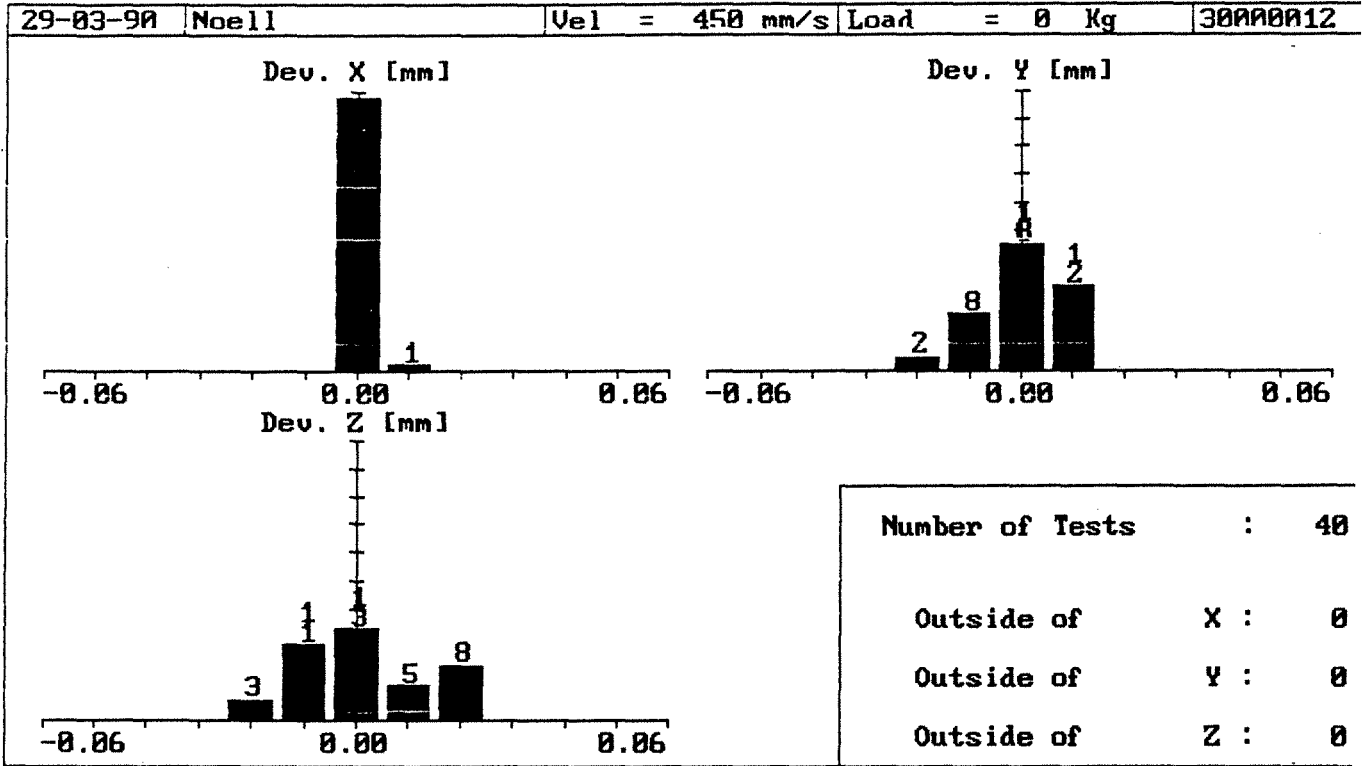
Anlage 3.2-6: Wiederholgenauigkeit Punkt 2
 angefahren aus positiver y_R -Richtung (250 mm/s)



Anlage 3.2-7: Wiederholgenauigkeit Punkt 2
 angefahren aus positiver y_R -Richtung (450 mm/s)



Anlage 3.2-8: Wiederholgenauigkeit Punkt 3
 angefahren aus positiver z_R-Richtung (250 mm/s)



Anlage 3.2-9: Wiederholgenauigkeit Punkt 3
 angefahren aus positiver z_R-Richtung (450 mm/s)

Positionsabweichungsdaten

Meßdatei : 30000003
 Roboter : Noell
 Datum : 26-03-90
 Anzahl der Messwerte : 20
 Geschwindigkeit [%] : 20 %
 Last [kg] : 0

Mittelwerte (in mm bzw. Grad):
 Mittlerer X-Wert: .010
 Mittlerer Y-Wert: .008
 Mittlerer Z-Wert: -.040
 Mittlerer Nickwinkel : .000
 Mittlerer Gierwinkel : .001
 Mittlerer Rollwinkel : .013

Standardabweichungen (in mm bzw. Grad):
 X-Abweichung: .008
 Y-Abweichung: .010
 Z-Abweichung: .058
 Nickwinkel : .002
 Gierwinkel : .001
 Rollwinkel : .018

Spannweiten und Streubreiten: x/y/z/Nick/Gier/Roll

Spannweiten : .032 .045 .138 .007 .005 .072
 Streubreiten: .049 .061 .347 .011 .008 .105

Nr	X-Abweichung [mm]	Y-Abweichung [mm]	Z-Abweichung [mm]	Nickwinkel [Grad]	Gierwinkel [Grad]	Rollwinkel [Grad]
1	-.010	-.008	.04	.000	-.001	-.013
2	-.010	-.008	.05	.000	-.001	-.013
3	.005	-.001	.05	.000	.000	.010
4	.004	.001	.05	-.004	.002	-.016
5	.005	.005	.05	-.001	.000	.010
6	.004	.004	.05	-.002	.001	.016
7	.011	.004	.05	-.002	.002	.002
8	.020	.030	.05	.000	.000	.045
9	.005	.005	.06	-.001	.000	-.004
10	-.004	-.007	.06	.001	.000	-.003
11	-.002	.007	.05	.000	-.001	.005
12	-.004	.002	-.07	.002	.000	.028
13	-.003	-.009	-.08	.000	.000	-.026
14	-.011	-.008	-.07	.000	.000	.002
15	-.010	-.013	-.06	.002	-.002	-.018
16	-.004	.002	-.06	.002	.000	.000
17	.004	.005	-.06	-.001	.001	.011
18	-.004	-.006	-.05	.002	.000	-.009
19	.009	.011	-.06	-.002	.003	-.003
20	-.005	-.015	-.05	.001	.001	-.026

Positionsabweichungsdaten

Meßdatei :30000004
Roboter :Noell
Datum :26-03-90
Anzahl der Messwerte :20
Geschwindigkeit [%] :50 %
Last [kg] :0

Mittelwerte (in mm bzw. Grad):
Mittlerer X-Wert: -.006
Mittlerer Y-Wert: -.003
Mittlerer Z-Wert: .006
Mittlerer Nickwinkel : .001
Mittlerer Gierwinkel : .002
Mittlerer Rollwinkel : -.025

Standardabweichungen (in mm bzw. Grad):
X-Abweichung: .011
Y-Abweichung: .017
Z-Abweichung: .009
Nickwinkel : .002
Gierwinkel : .002
Rollwinkel : .036

Spannweiten und Streubreiten: x/y/z/Nick/Gier/Roll

Spannweiten : .037 .074 .031 .007 .008 .147
Streubreiten: .065 .105 .056 .011 .012 .219

Nr	X-Abweichung [mm]	Y-Abweichung [mm]	Z-Abweichung [mm]	Nickwinkel [Grad]	Gierwinkel [Grad]	Rollwinke [Grad]
1	.006	.003	-.01	-.001	-.002	.025
2	.010	.022	-.01	-.004	.002	.012
3	-.008	-.002	-.01	.001	-.004	-.009
4	-.019	-.025	.00	.001	-.002	-.020
5	.004	.012	-.01	.000	-.001	.044
6	-.005	.003	-.01	-.001	.001	-.016
7	-.004	-.027	.00	.000	-.001	-.029
8	-.005	-.010	-.01	.001	-.001	-.031
9	-.005	-.002	.00	.001	-.001	.006
10	.018	.001	-.01	-.002	.002	.017
11	-.005	.006	.00	.001	-.001	-.013
12	-.019	-.031	.01	.003	-.002	-.034
13	.002	.009	.01	-.002	.002	-.002
14	-.006	-.002	.01	.002	.001	-.007
15	.006	.007	.01	.003	-.003	.052
16	.012	.020	.00	.000	-.001	.038
17	.007	.000	.01	-.003	.004	-.034
18	.009	-.016	.01	-.003	.003	-.038
19	.018	.043	.01	.000	.001	.093
20	-.014	-.011	.02	.000	.001	-.054

Positionsabweichungsdaten

 Meßdatei :30000005
 Roboter :Noell
 Datum :27-03-90
 Anzahl der Messwerte :20
 Geschwindigkeit [%] :100
 Last [kg] :0

Mittelwerte (in mm bzw. Grad):
 Mittlerer X-Wert: .055
 Mittlerer Y-Wert: .081
 Mittlerer Z-Wert: -.013
 Mittlerer Nickwinkel : -.009
 Mittlerer Gierwinkel : .010
 Mittlerer Rollwinkel : .091

Standardabweichungen (in mm bzw. Grad):
 X-Abweichung: .024
 Y-Abweichung: .055
 Z-Abweichung: .044
 Nickwinkel : .007
 Gierwinkel : .007
 Rollwinkel : .040

Spannweiten und Streubreiten: x/y/z/Nick/Gier/Roll

Spannweiten : .093 .196 .134 .022 .020 .160
 Streubreiten: .145 .331 .263 .041 .044 .239

Nr	X-Abweichung [mm]	Y-Abweichung [mm]	Z-Abweichung [mm]	Nickwinkel [Grad]	Gierwinkel [Grad]	Rollwinkel [Grad]
1	-.055	-.081	.01	.009	-.010	-.091
2	.000	.022	-.07	.000	.000	.069
3	-.010	-.040	.01	.006	-.006	.019
4	.005	.020	-.06	-.001	.002	.019
5	-.025	-.118	.05	.001	-.006	-.030
6	.015	-.031	-.04	-.013	.010	-.063
7	-.007	-.029	.04	.002	-.007	.064
8	.011	.045	-.04	-.005	.005	.032
9	-.009	-.013	.03	.008	-.007	.022
10	.038	.056	-.04	-.007	.009	-.009
11	-.018	-.046	.04	.007	-.006	-.036
12	.016	.052	-.03	-.005	.007	-.028
13	-.023	-.021	.04	.008	-.009	.000
14	.038	.072	-.04	-.007	.009	.023
15	-.016	-.032	.05	.006	-.007	-.014
16	.023	.079	-.03	-.008	.008	.036
17	-.013	-.010	.05	.005	-.004	.005
18	.028	.072	-.03	-.007	.010	.023
19	-.022	-.048	.07	.006	-.004	-.031
20	.024	.051	-.03	-.006	.007	-.009

Positionsabweichungsdaten

Meßdatei : 30000006
 Roboter : Noell
 Datum : 27-03-90
 Anzahl der Messwerte : 40
 Geschwindigkeit [%] : 250
 Last [kg] : 0

Mittelwerte (in mm bzw. Grad):
 Mittlerer X-Wert: .040
 Mittlerer Y-Wert: .137
 Mittlerer Z-Wert: -.022
 Mittlerer Nickwinkel : -.004
 Mittlerer Gierwinkel : .010
 Mittlerer Rollwinkel : .057

Standardabweichungen (in mm bzw. Grad):
 X-Abweichung: .021
 Y-Abweichung: .053
 Z-Abweichung: .059
 Nickwinkel : .006
 Gierwinkel : .007
 Rollwinkel : .038

Spannweiten und Streubreiten: x/y/z/Nick/Gier/Roll

Spannweiten : .075 .205 .186 .018 .020 .168
 Streubreiten: .129 .318 .352 .038 .044 .230

Nr	X-Abweichung [mm]	Y-Abweichung [mm]	Z-Abweichung [mm]	Nickwinkel [Grad]	Gierwinkel [Grad]	Rollwinkel [Grad]
1	-.040	-.137	.02	.004	-.010	-.057
2	.027	.065	-.02	-.001	.002	.058
3	-.026	-.080	.02	.005	-.009	-.067
4	.030	.048	-.09	-.008	.007	.024
5	-.013	-.058	.03	.004	-.006	-.007
6	.006	.036	-.08	-.006	.005	-.018
7	-.016	-.031	.02	.006	-.010	.038
8	.011	.025	-.07	-.008	.008	-.044
9	-.026	-.039	.03	.006	-.009	.015
10	.009	.031	-.07	-.003	.003	.005
11	-.001	-.018	.03	.005	-.009	.088
12	.004	.028	-.06	-.006	.007	-.012
13	-.029	-.045	.02	.008	-.008	-.026
14	.019	.049	-.09	-.007	.008	-.009
15	-.021	-.036	.04	.009	-.008	-.009
16	.020	.068	-.07	-.004	.006	.068
17	-.012	-.015	.04	.008	-.008	.065
18	.012	.060	-.07	-.004	.006	.032
19	-.017	-.081	.05	.005	-.004	-.080
20	.014	.045	-.06	-.004	.005	.014
21	-.015	-.024	.05	.007	-.005	.019
22	.029	.051	-.06	-.006	.007	.014
23	-.022	-.047	.06	.007	-.006	-.007
24	.028	.049	-.06	-.007	.008	.019
25	-.017	-.065	.06	.005	-.004	-.076
26	.016	.048	-.05	-.008	.010	.011
27	-.025	-.057	.07	.005	-.004	-.025
28	.011	.049	-.05	-.007	.008	-.022

29	-.012	-.055	.07	.006	-.008	-.003
30	.035	.061	-.05	-.009	.009	.005
31	-.030	-.024	.08	.007	-.006	-.009
32	.020	.045	-.03	-.004	.006	.000
33	-.011	-.024	.08	.006	-.008	.019
34	.012	.051	-.02	-.006	.007	.028
35	-.005	-.032	.08	.007	-.006	.024
36	.029	.042	-.03	-.007	.007	-.018
37	-.031	-.064	.09	.005	-.005	-.076
38	.025	.054	-.02	-.009	.010	-.003
39	-.015	-.025	.10	.005	-.005	.024
40	.025	.054	-.02	-.009	.010	-.003

Positionsabweichungsdaten

Meßdatei :30000007
 Roboter :Noell
 Datum :27-03-90
 Anzahl der Messwerte :40
 Geschwindigkeit [%] :500
 Last [kg] :0

Mittelwerte (in mm bzw. Grad):
 Mittlerer X-Wert: .018
 Mittlerer Y-Wert: .037
 Mittlerer Z-Wert: -.023
 Mittlerer Nickwinkel : -.006
 Mittlerer Gierwinkel : .007
 Mittlerer Rollwinkel : -.007

Standardabweichungen (in mm bzw. Grad):
 X-Abweichung: .019
 Y-Abweichung: .043
 Z-Abweichung: .062
 Nickwinkel : .006
 Gierwinkel : .007
 Rollwinkel : .038

Spannweiten und Streubreiten: x/y/z/Nick/Gier/Roll

Spannweiten : .065 .156 .183 .017 .019 .169
 Streubreiten: .113 .259 .371 .036 .041 .226

Nr	X-Abweichung [mm]	Y-Abweichung [mm]	Z-Abweichung [mm]	Nickwinkel [Grad]	Gierwinkel [Grad]	Rollwinke [Grad]
1	-.018	-.037	.02	.006	-.007	.007
2	.011	.032	-.09	-.005	.004	-.011
3	-.009	.007	.02	.004	-.007	.098
4	-.001	.014	-.09	-.006	.006	-.052
5	.004	-.074	.03	.003	-.005	-.042
6	.011	.032	-.09	-.005	.004	.002
7	-.035	-.061	.03	.006	-.007	-.034
8	.030	.082	-.09	-.008	.008	.066
9	-.012	-.006	.03	.006	-.006	.071
10	.011	.018	-.08	-.008	.009	-.061
11	-.023	-.051	.05	.007	-.009	.012
12	.006	.022	-.07	-.006	.007	-.029
13	-.015	-.057	.05	.004	-.004	-.029
14	.011	.042	-.07	-.004	.004	.034
15	-.020	-.031	.05	.005	-.006	.007
16	.018	.035	-.06	-.003	.004	.007
17	-.013	-.033	.05	.004	-.005	.040
18	.006	.046	-.06	-.006	.007	.012
19	.013	-.019	.05	.003	-.005	.049
20	.026	.039	-.05	-.005	.005	.025
21	-.026	-.061	.06	.006	-.007	-.047
22	.030	.050	-.06	-.008	.008	.003
23	-.013	-.031	.06	.005	-.005	-.007
24	.023	.044	-.06	-.007	.007	-.011
25	-.013	-.041	.07	.004	-.005	-.025
26	.009	.040	-.05	-.005	.005	.012
27	-.008	-.021	.07	.006	-.008	.039
28	.022	-.061	-.05	-.006	.007	.016

29	-.027	-.051	.08	.007	-.007	-.071
30	.014	.047	-.04	-.005	.007	.035
31	-.024	-.049	.08	.008	-.009	-.020
32	.019	.045	-.03	-.006	.009	-.002
33	-.008	-.045	.08	.006	-.008	.026
34	.019	.052	-.03	-.007	.009	.012
35	-.028	-.053	.08	.006	-.006	-.052
36	.029	.036	-.03	-.007	.008	-.006
37	-.025	-.034	.09	.008	-.008	.012
38	.014	.022	-.03	-.006	.007	-.029
39	-.018	-.029	.09	.006	-.007	-.012
40	.009	.018	-.01	-.004	.005	-.048

Positionsabweichungsdaten

 Meßdatei :30000011
 Roboter :Noell
 Datum :29-03-90
 Anzahl der Messwerte :40
 Geschwindigkeit [%] :250
 Last [kg] :0

Mittelwerte (in mm bzw. Grad):
 Mittlerer X-Wert: -.002
 Mittlerer Y-Wert: .020
 Mittlerer Z-Wert: .001
 Mittlerer Nickwinkel : -.004
 Mittlerer Gierwinkel : .001
 Mittlerer Rollwinkel : .001

Standardabweichungen (in mm bzw. Grad):
 X-Abweichung: .007
 Y-Abweichung: .011
 Z-Abweichung: .007
 Nickwinkel : .002
 Gierwinkel : .000
 Rollwinkel : .007

Spannweiten und Streubreiten: x/y/z/Nick/Gier/Roll

Spannweiten : .031 .045 .035 .008 .002 .036
 Streubreiten: .044 .068 .044 .011 .003 .041

Nr	X-Abweichung [mm]	Y-Abweichung [mm]	Z-Abweichung [mm]	Nickwinkel [Grad]	Gierwinkel [Grad]	Rollwinkel [Grad]
1	.002	-.020	.00	.004	-.001	-.001
2	.002	-.020	-.01	.004	-.001	-.001
3	.002	-.014	-.01	.003	-.001	-.001
4	.002	-.022	.00	.003	-.001	-.010
5	.009	-.008	-.01	.002	.000	-.001
6	.010	-.009	-.01	.000	.000	-.010
7	.002	-.025	-.01	.000	.000	.000
8	-.007	-.008	-.01	.002	.000	.000
9	.009	.000	.00	.002	.000	.008
10	.010	.006	.00	.000	.000	.022
11	.010	-.002	.00	.000	.000	-.001
12	-.007	-.008	.00	.002	.000	.000
13	.009	-.016	.00	.002	.000	.004
14	-.006	-.001	.00	.000	.000	.000
15	.010	-.002	.00	.000	.000	.013
16	.010	-.002	.01	.000	.000	.000
17	-.006	-.003	.00	-.001	.000	-.009
18	-.006	.005	-.01	-.001	.000	-.014
19	.011	.011	-.01	-.002	.000	-.001
20	-.006	.005	-.01	-.001	.000	-.001
21	-.006	.005	.00	-.001	.000	-.001
22	-.006	.013	.00	-.001	.000	.008
23	-.005	.011	-.01	-.002	.000	-.001
24	.002	-.011	.00	-.001	.000	-.005
25	-.006	.020	.00	-.001	.000	.017
26	-.006	.005	.00	-.001	.000	-.001
27	-.006	.005	.00	-.001	.000	-.001
28	.011	.011	.01	-.002	.000	-.001

29	-.006	.005	.01	-.001	.000	-.001
30	-.014	-.003	.00	-.001	.000	-.009
31	-.005	.011	.01	-.002	.000	-.001
32	-.005	.011	.01	-.002	.000	-.001
33	-.005	-.004	.00	-.002	.000	-.005
34	-.005	.011	.00	-.002	.000	-.001
35	-.005	-.004	.01	-.002	.000	-.004
36	-.005	.011	.02	-.002	.000	.000
37	-.005	.011	.00	-.002	.000	-.001
38	-.005	.017	.00	-.003	.000	-.001
39	.003	.011	.01	-.002	.000	-.001
40	.017	-.004	.02	.005	-.001	.011

Positionsabweichungsdaten

 Meßdatei : 30000012
 Roboter : Noell
 Datum : 29-03-90
 Anzahl der Messwerte : 40
 Geschwindigkeit [%] : 450
 Last [kg] : 0

Mittelwerte (in mm bzw. Grad):
 Mittlerer X-Wert: .002
 Mittlerer Y-Wert: -.004
 Mittlerer Z-Wert: .020
 Mittlerer Nickwinkel : -.002
 Mittlerer Gierwinkel : .002
 Mittlerer Rollwinkel : -.012

Standardabweichungen (in mm bzw. Grad):
 X-Abweichung: .004
 Y-Abweichung: .007
 Z-Abweichung: .012
 Nickwinkel : .001
 Gierwinkel : .001
 Rollwinkel : .007

Spannweiten und Streubreiten: x/y/z/Nick/Gier/Roll

Spannweiten : .016 .033 .039 .003 .003 .031
 Streubreiten: .024 .044 .070 .006 .004 .045

Nr	X-Abweichung [mm]	Y-Abweichung [mm]	Z-Abweichung [mm]	Nickwinkel [Grad]	Gierwinkel [Grad]	Rollwinkel [Grad]
----	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

1	-.002	.004	-.02	.002	-.002	.012
2	-.002	.010	-.01	.001	-.002	.012
3	-.004	-.019	-.01	.002	-.001	.000
4	-.003	.002	-.02	.001	-.001	.003
5	-.003	.002	-.02	.001	-.001	.003
6	.003	-.013	.01	.001	.000	-.001
7	.003	-.004	.01	.002	.000	-.011
8	-.003	.009	-.01	.000	-.001	.003
9	.003	-.006	.00	.001	.000	-.005
10	-.004	.001	-.01	.000	.000	-.005
11	-.003	.001	-.01	.000	-.001	-.006
12	.003	-.006	-.01	.001	.000	-.005
13	-.005	-.005	-.01	.001	.000	-.005
14	.004	.001	-.01	.000	.000	-.006
15	-.004	-.007	-.01	.000	.000	-.014
16	.011	.002	.01	.001	.000	.017
17	.004	.001	.00	.000	.000	.008
18	-.003	.007	-.01	-.001	-.001	-.006
19	.003	-.006	.01	.001	.000	-.005
20	-.004	.001	.00	.000	.000	.008
21	-.003	.007	-.01	-.001	-.001	-.006
22	.004	.007	.00	-.001	.000	-.006
23	.002	.001	.00	.000	.001	-.005
24	.004	.001	.00	.000	.000	.008
25	.004	.007	.00	-.001	.000	-.006
26	-.004	-.001	.00	-.001	.000	-.001
27	-.003	.001	.02	.000	-.001	-.006
28	.004	.001	.02	.000	.000	.008

29	-.003	.007	.00	-.001	-.001	-.006
30	.004	-.007	.02	.000	.000	-.001
31	-.004	-.001	.00	-.001	.000	-.001
32	-.003	.001	.02	.000	-.001	-.006
33	-.004	-.007	.02	.000	.000	.000
34	-.004	-.022	.02	.000	.000	-.005
35	-.004	.007	.00	-.001	.000	.008
36	.004	.007	.02	-.001	.000	.008
37	.004	.007	.00	-.001	.000	.008
38	.004	.008	.02	.000	.000	.017
39	.004	.007	.01	-.001	.000	-.006
40	.004	-.001	.00	-.001	.000	-.001

Positionsabweichungsdaten

 Meßdatei : 30000022
 Roboter : Noell
 Datum : 02-04-90
 Anzahl der Messwerte : 40
 Geschwindigkeit [%] : 450
 Last [kg] : 0

Mittelwerte (in mm bzw. Grad):
 Mittlerer X-Wert: -.015
 Mittlerer Y-Wert: .028
 Mittlerer Z-Wert: -.008
 Mittlerer Nickwinkel : .000
 Mittlerer Gierwinkel : .001
 Mittlerer Rollwinkel : -.002

Standardabweichungen (in mm bzw. Grad):
 X-Abweichung: .014
 Y-Abweichung: .023
 Z-Abweichung: .021
 Nickwinkel : .001
 Gierwinkel : .002
 Rollwinkel : .028

Spannweiten und Streubreiten: x/y/z/Nick/Gier/Roll

Spannweiten : .060 .087 .078 .004 .005 .100
 Streubreiten: .084 .137 .126 .005 .010 .169

Nr	X-Abweichung [mm]	Y-Abweichung [mm]	Z-Abweichung [mm]	Nickwinkel [Grad]	Gierwinkel [Grad]	Rollwinkel [Grad]
1	.015	-.028	.01	.000	-.001	.002
2	.023	-.014	-.04	-.001	-.001	-.016
3	-.002	-.006	.00	-.001	.000	.048
4	.010	-.044	-.03	-.001	-.003	-.039
5	.011	-.038	-.02	-.002	-.003	-.025
6	-.015	-.021	-.02	-.001	-.002	.003
7	.007	-.035	-.03	.000	-.001	-.034
8	-.003	-.027	-.03	.000	.000	-.037
9	-.011	-.019	-.01	.000	.000	-.014
10	.004	-.004	-.01	.000	.001	.003
11	.013	.003	-.01	.000	.000	.011
12	.007	-.035	-.02	.000	-.001	-.034
13	.003	.005	-.01	.001	.001	.020
14	-.011	.004	-.02	.000	.000	-.015
15	.021	.003	-.02	.000	.000	-.003
16	-.022	.043	-.02	.000	.002	.044
17	-.014	.012	-.04	.000	.002	-.019
18	.003	.036	-.01	.001	.001	.056
19	-.012	.004	-.03	.000	.001	-.028
20	.002	.028	-.01	.001	.002	.034
21	.023	-.006	.01	-.001	-.001	-.008
22	.002	-.036	.02	-.001	-.003	-.044
23	.007	-.013	.01	-.001	-.001	-.016
24	.001	-.015	.01	-.002	-.002	-.025
25	.004	.011	.00	.000	.001	-.007
26	-.014	-.028	.01	-.001	-.003	-.034
27	.020	.002	.01	-.001	.001	-.012
28	-.024	.018	.03	-.001	.000	.049

29	-.012	.019	.03	.000	.001	.044
30	.002	.027	.01	.000	.002	.011
31	.011	.019	.02	.000	.001	.015
32	-.025	.020	.04	.000	-.001	.043
33	-.001	-.006	.02	-.001	-.001	-.008
34	-.003	.004	.01	.000	.000	-.015
35	.002	.027	.01	.000	.002	.011
36	.004	.004	.00	.000	.001	-.029
37	-.027	.028	.04	.000	.000	.039
38	-.006	.021	.02	.001	.002	.012
39	.026	.018	.02	.000	.002	-.013
40	-.005	.021	.03	.001	.001	.025

Positionsabweichungsdaten

```

Meßdatei           :30000023

Roboter            :Noell
Datum              :03-04-90
Anzahl der Messwerte :40
Geschwindigkeit [%] :100
Last [kg]          :0
    
```

```

Mittelwerte (in mm bzw. Grad):
Mittlerer X-Wert:   .013
Mittlerer Y-Wert:   .019
Mittlerer Z-Wert:   -.001
Mittlerer Nickwinkel :   .002
Mittlerer Gierwinkel :   -.001
Mittlerer Rollwinkel :   -.012
    
```

```

Standardabweichungen (in mm bzw. Grad):
X-Abweichung:      .015
Y-Abweichung:      .008
Z-Abweichung:      .001
Nickwinkel   :     .001
Gierwinkel   :     .001
Rollwinkel   :     .010
    
```

Spannweiten und Streubreiten: x/y/z/Nick/Gier/Roll

```
Spannweiten :      .049      .034      .002      .003      .002      .035
```

```
Streubreiten:      .091      .049      .004      .004      .004      .060
```

Nr	X-Abweichung [mm]	Y-Abweichung [mm]	Z-Abweichung [mm]	Nickwinkel [Grad]	Gierwinkel [Grad]	Rollwinkel [Grad]
1	-.013	-.019	.00	-.002	.001	.012
2	-.014	-.009	.00	-.001	.001	.016
3	-.012	-.009	.00	-.001	.000	.016
4	.004	-.016	.00	.000	.000	.001
5	.004	-.016	.00	.000	.000	.001
6	-.002	-.010	.00	-.001	-.001	.001
7	-.002	-.002	.00	-.001	-.001	-.004
8	-.021	.000	.00	.000	.000	.005
9	-.012	.000	.00	.000	.000	.005
10	-.010	-.002	.00	-.001	-.001	-.004
11	-.006	.000	.00	.000	.001	.005
12	.014	-.009	.00	.000	-.001	-.018
13	-.021	.008	.00	.000	.000	.014
14	.014	-.009	.00	.000	-.001	-.019
15	.003	.001	.00	.001	.000	.000
16	-.020	.006	.00	-.001	.000	.005
17	-.021	.008	.00	.000	.000	.014
18	.011	.001	.00	.001	.000	.000
19	-.002	.006	.00	-.001	-.001	-.010
20	.014	-.001	.00	.000	-.001	-.010
21	.020	-.001	.00	.000	.000	-.010
22	-.014	.008	.00	.000	.001	.014
23	-.010	.014	.00	-.001	-.001	.013
24	.003	.001	.00	.001	.000	.000
25	-.021	.008	.00	.000	.000	.013
26	.020	-.001	.00	.000	.000	-.010
27	-.021	.015	.00	.000	.000	.009
28	.014	-.001	.00	.000	-.001	-.010

29	-.021	.008	.00	.000	.000	.000	.000
30	.006	.006	.00	-.001	-.001	-.001	-.010
31	-.012	.008	.00	.000	.000	.000	.013
32	.022	-.001	.00	.000	-.001	-.001	-.010
33	.020	-.007	.00	.001	.000	.000	-.009
34	.020	.007	.00	.000	.000	.000	-.001
35	.014	-.001	.00	.000	-.001	-.001	-.010
36	.014	-.001	.00	.000	-.001	-.001	-.010
37	-.013	.015	.00	.000	.000	.000	.009
38	.028	-.001	.00	.000	.000	.000	-.010
39	.004	.007	.00	.000	.000	.000	.000
40	.020	-.007	.00	.001	.000	.000	-.010

Literaturverzeichnis

- /1/ R. Lehr; Unveröffentlichter Bericht; März 1989

- /2/ U. Schygulla; COMETOS Teil I;
Messungen Palettenlage; Verformungsmessungen unter statischer
Last; KfK-Bericht 4855; April 1991

- /3/ E. Kreyszig; Statistische Methoden und ihre Anwendungen;
Vandenhoeck & Ruprecht; Göttingen; 7. Auflage