

VEB Carl Zeiss JENA

Vertriebsabteilung Feinmeßgeräte
Fernsprecher: Jena 2 70 42 · Fernschreiber: Jena 050 8622
Druckschriften-Nr. 24-G463a-1

V-14-6 0,5 3254 M(p)G-7-209-68

Gebrauchsanleitung

Tastschnittmeßgerät ME 10



Durch ständige Weiterentwicklung unserer Erzeugnisse können Abweichungen von den Bildern und dem Text dieser Druckschrift auftreten. Die Wiedergabe – auch auszugsweise – ist nur mit unserer Genehmigung gestattet. Das Recht der Übersetzung behalten wir uns vor. Für Veröffentlichungen stellen wir Reproduktionen der Bilder, soweit vorhanden, gern zur Verfügung.

1. Inhalt	1
2. Beschreibung des Gerätes	2
3. Anschlüsse	3
4. Bedienung	4
5. Technische Daten	5
6. Anhang	6
7. Zubehör	7
8. Montage	8
9. Wartung	9
10. Sicherheit	10
11. Garantie	11
12. Sonstiges	12
13. Technische Zeichnungen	13
14. Technische Zeichnungen	14
15. Technische Zeichnungen	15
16. Technische Zeichnungen	16
17. Technische Zeichnungen	17
18. Technische Zeichnungen	18
19. Technische Zeichnungen	19
20. Technische Zeichnungen	20
21. Technische Zeichnungen	21
22. Technische Zeichnungen	22
23. Technische Zeichnungen	23
24. Technische Zeichnungen	24
25. Technische Zeichnungen	25
26. Technische Zeichnungen	26
27. Technische Zeichnungen	27
28. Technische Zeichnungen	28
29. Technische Zeichnungen	29
30. Technische Zeichnungen	30
31. Technische Zeichnungen	31
32. Technische Zeichnungen	32
33. Technische Zeichnungen	33
34. Technische Zeichnungen	34
35. Technische Zeichnungen	35
36. Technische Zeichnungen	36
37. Technische Zeichnungen	37
38. Technische Zeichnungen	38
39. Technische Zeichnungen	39
40. Technische Zeichnungen	40
41. Technische Zeichnungen	41
42. Technische Zeichnungen	42
43. Technische Zeichnungen	43
44. Technische Zeichnungen	44
45. Technische Zeichnungen	45
46. Technische Zeichnungen	46
47. Technische Zeichnungen	47
48. Technische Zeichnungen	48
49. Technische Zeichnungen	49
50. Technische Zeichnungen	50
51. Technische Zeichnungen	51
52. Technische Zeichnungen	52
53. Technische Zeichnungen	53
54. Technische Zeichnungen	54
55. Technische Zeichnungen	55
56. Technische Zeichnungen	56
57. Technische Zeichnungen	57
58. Technische Zeichnungen	58
59. Technische Zeichnungen	59
60. Technische Zeichnungen	60
61. Technische Zeichnungen	61
62. Technische Zeichnungen	62
63. Technische Zeichnungen	63
64. Technische Zeichnungen	64
65. Technische Zeichnungen	65
66. Technische Zeichnungen	66
67. Technische Zeichnungen	67
68. Technische Zeichnungen	68
69. Technische Zeichnungen	69
70. Technische Zeichnungen	70
71. Technische Zeichnungen	71
72. Technische Zeichnungen	72
73. Technische Zeichnungen	73
74. Technische Zeichnungen	74
75. Technische Zeichnungen	75
76. Technische Zeichnungen	76
77. Technische Zeichnungen	77
78. Technische Zeichnungen	78
79. Technische Zeichnungen	79
80. Technische Zeichnungen	80
81. Technische Zeichnungen	81
82. Technische Zeichnungen	82
83. Technische Zeichnungen	83
84. Technische Zeichnungen	84
85. Technische Zeichnungen	85
86. Technische Zeichnungen	86
87. Technische Zeichnungen	87
88. Technische Zeichnungen	88
89. Technische Zeichnungen	89
90. Technische Zeichnungen	90
91. Technische Zeichnungen	91
92. Technische Zeichnungen	92
93. Technische Zeichnungen	93
94. Technische Zeichnungen	94
95. Technische Zeichnungen	95
96. Technische Zeichnungen	96
97. Technische Zeichnungen	97
98. Technische Zeichnungen	98
99. Technische Zeichnungen	99
100. Technische Zeichnungen	100

Tastschnittgerät ME 10

Gebrauchsanleitung

1. Beschreibung des Gerätes	1
2. Anschlüsse	2
3. Bedienung	3
4. Technische Daten	4
5. Anhang	5
6. Zubehör	6
7. Montage	7
8. Wartung	8
9. Sicherheit	9
10. Garantie	10
11. Sonstiges	11
12. Technische Zeichnungen	12
13. Technische Zeichnungen	13
14. Technische Zeichnungen	14
15. Technische Zeichnungen	15
16. Technische Zeichnungen	16
17. Technische Zeichnungen	17
18. Technische Zeichnungen	18
19. Technische Zeichnungen	19
20. Technische Zeichnungen	20
21. Technische Zeichnungen	21
22. Technische Zeichnungen	22
23. Technische Zeichnungen	23
24. Technische Zeichnungen	24
25. Technische Zeichnungen	25
26. Technische Zeichnungen	26
27. Technische Zeichnungen	27
28. Technische Zeichnungen	28
29. Technische Zeichnungen	29
30. Technische Zeichnungen	30
31. Technische Zeichnungen	31
32. Technische Zeichnungen	32
33. Technische Zeichnungen	33
34. Technische Zeichnungen	34
35. Technische Zeichnungen	35
36. Technische Zeichnungen	36
37. Technische Zeichnungen	37
38. Technische Zeichnungen	38
39. Technische Zeichnungen	39
40. Technische Zeichnungen	40
41. Technische Zeichnungen	41
42. Technische Zeichnungen	42
43. Technische Zeichnungen	43
44. Technische Zeichnungen	44
45. Technische Zeichnungen	45
46. Technische Zeichnungen	46
47. Technische Zeichnungen	47
48. Technische Zeichnungen	48
49. Technische Zeichnungen	49
50. Technische Zeichnungen	50
51. Technische Zeichnungen	51
52. Technische Zeichnungen	52
53. Technische Zeichnungen	53
54. Technische Zeichnungen	54
55. Technische Zeichnungen	55
56. Technische Zeichnungen	56
57. Technische Zeichnungen	57
58. Technische Zeichnungen	58
59. Technische Zeichnungen	59
60. Technische Zeichnungen	60
61. Technische Zeichnungen	61
62. Technische Zeichnungen	62
63. Technische Zeichnungen	63
64. Technische Zeichnungen	64
65. Technische Zeichnungen	65
66. Technische Zeichnungen	66
67. Technische Zeichnungen	67
68. Technische Zeichnungen	68
69. Technische Zeichnungen	69
70. Technische Zeichnungen	70
71. Technische Zeichnungen	71
72. Technische Zeichnungen	72
73. Technische Zeichnungen	73
74. Technische Zeichnungen	74
75. Technische Zeichnungen	75
76. Technische Zeichnungen	76
77. Technische Zeichnungen	77
78. Technische Zeichnungen	78
79. Technische Zeichnungen	79
80. Technische Zeichnungen	80
81. Technische Zeichnungen	81
82. Technische Zeichnungen	82
83. Technische Zeichnungen	83
84. Technische Zeichnungen	84
85. Technische Zeichnungen	85
86. Technische Zeichnungen	86
87. Technische Zeichnungen	87
88. Technische Zeichnungen	88
89. Technische Zeichnungen	89
90. Technische Zeichnungen	90
91. Technische Zeichnungen	91
92. Technische Zeichnungen	92
93. Technische Zeichnungen	93
94. Technische Zeichnungen	94
95. Technische Zeichnungen	95
96. Technische Zeichnungen	96
97. Technische Zeichnungen	97
98. Technische Zeichnungen	98
99. Technische Zeichnungen	99
100. Technische Zeichnungen	100

Inhaltsübersicht

	<u>Seite</u>
1. <u>Anwendungsmöglichkeiten</u>	5
2. <u>Wirkungsweise</u>	7
3. <u>Daten</u>	9
4. <u>Definition der Gestaltsabweichungen</u>	13
5. <u>Beschreibung der einzelnen Gerätebauteile</u>	16
5.1. Ständer	16
5.2. Meßkopf	17
5.2.1. Meßschlitten	17
5.2.2. Taster	18
5.3. Objektisch	22
5.4. Verstärkereinheit	22
5.5. Rechner	25
5.6. Schreiber	26
5.7. Kompressor	27
5.8. Gerätetisch	28
5.9. Meßkopfhalter T	28
6. <u>Auspacken und Aufstellen des Gerätes</u>	29
6.1. Auspacken des Gerätes	29
6.2. Aufstellen des Gerätes	31
6.3. Inbetriebnahme des Gerätes	32
6.4. Abstimmen der Schreibverstärkung auf das Tastschnittgerät ME 10	34
7. <u>Anwendungsmöglichkeiten des Tasters</u>	35
7.1. Möglichkeiten zur Anfertigung von Tastschnitten	35
7.2. Wahl des Tastersystems	37
7.3. Arbeitsstellungen der Tastorgane	38

	<u>Seite</u>
8. <u>Durchföhren der Messungen</u>	41
8.1. Justieren des Gerätes und der Prüflinge	42
8.2. Anfertigen von Profilschrieben	46
8.3. Arbeiten mit dem Rechner	48
9. <u>Kontrolle des Tastschnittgerätes ME 10</u>	55
10. <u>Wartung des Gerätes</u>	57
11. <u>Verzeichnis der Tabellen</u>	59
12. <u>Verzeichnis der Bilder</u>	60
13. <u>Verzeichnis der Bezugszahlen</u>	62
14. Erläuterungen der Zeichen und Abkürzungen <u>der Blockschaltbilder</u>	67
<u>Bildverhang</u>	

1. Anwendungsmöglichkeiten

Das Tastschnittgerät ME 10 gestattet die Prüfung der Gestalt technischer Oberflächen. Durch Abtasten des Prüflings mit einem Tastorgan kann seine Oberflächenstruktur erfasst und analysiert werden. Das Gerät enthält eine exakte Geradführung, so daß neben der Prüfung der Gestaltabweichungen 3. bis 5. Ordnung (Rauheit) auch die Ermittlung der Fehler 2. Ordnung (Welligkeit) und 1. Ordnung (Formfehler, sofern sie Abweichungen von einer Geraden bis max. 100 mm Länge darstellen) möglich ist.

Im Gegensatz zu optischen Meßverfahren, bei denen nur ein kleiner Ausschnitt der Oberfläche des Prüflings beobachtet werden kann, liefert das Tastschnittverfahren einen Profilschrieb in einer senkrecht zur Oberfläche liegenden Ebene (Tastschnitt, Bild 1) über beliebig wählbare Längen.

Mit dem Tastschnittgerät ME 10 lassen sich die wichtigsten Maße der Gestaltabweichungen (nach TOL O-4760 bis O-4763 [DIN 4760 bis 4763]) bestimmen und am Anzeigeelement des Rechners ablesen.

Das Gerät wird dort eingesetzt, wo die Rauheit oder Geradheit von Funktionsflächen geprüft werden muß. Das ist:

Zur Prüfung der Arbeitsgenauigkeit von Werkzeugmaschinen (Untersuchung der auf der Maschine hergestellten Werkstücke auf Einhaltung der vorgeschriebenen Form).

Zur Fertigungskontrolle geschliffener, geläppter, geschabter oder anderweitig bearbeiteter Flächen (z.B. Führungen).

Zur Prüfung der Geradheit von Wellen, Zylindern oder Bohrungen (z.B. Einspritzpumpen, hydraulisch arbeitender Apparaturen, Verbrennungsmaschinen) sowie Werkzeugen.

Zur genauen Winkelmessung (dazu ist ein Sinuslineal zu benutzen).

Zur Messung dünner Schichten.

Zur Messung kleiner bzw. langer Bohrungen sind Spezialtaster lieferbar.

In Entwicklung befinden sich Ergänzungsteile, die Messungen an schwer zugänglichen Stellen, an Kegeln und Rundheitsmessungen ermöglichen.

Die Taster sind als Steckeinheiten ausgebildet und gegeneinander austauschbar. Dadurch kann mit den von uns als Ergänzungsteile gelieferten Spezialtastern ohne elektrische Justierung gemessen werden.

2. Wirkungsweise

Mit Hilfe von zwei Tastorganen (Nadel und Kufe) wird die Oberfläche eines Prüflings horizontal abgetastet. Dabei erfassen die Tastorgane, die jeweils mit einem Hebelsystem verbunden sind, eine mehr oder weniger große Vertikalauslenkung. Als Bezugsprofil dient eine in Meßschritten eingebaute Fremdführung oder die von der Kufe beim Abtasten des Prüflings erzeugte Hüllkurve. Die Fremdführung ist eine exakte Geradführung, die die Funktion des geometrisch-idealen Profils übernimmt.

Durch Variation der Kufenradien lassen sich Feinheiten der Oberfläche unterdrücken (mechanische Filterung), so daß Formfehler (Abweichungen von einer Geraden) und Welligkeit sowie Rauheit getrennt erfassbar sind.

Die beiden Tastorgane können unabhängig voneinander oder gemeinsam zum Abtasten des Prüflings herangezogen werden. Je nach der Wahl des Bezugsprofils sind folgende Oberflächenprofile des Prüflings erfassbar:

Istprofil: die Vertikalauslenkung der Tastnadel, bezogen auf die Fremdführung (Bezugsprofil). Dabei ist die Kufenbewegung auszuschalten. Es werden Formfehler, Welligkeit und Rauheit gemeinsam erfaßt.

Hüllprofil: die Vertikalauslenkung der Tastkufe, bezogen auf die Fremdführung (Bezugsprofil). Dabei bleibt die Nadelauslenkung unberücksichtigt. Es werden Formfehler und Welligkeit gemeinsam erfaßt. Je nach der Wahl des Kufenradius lassen sich außer dem Hüllprofil ($r = 25 \text{ mm}$) und dem Formprofil ($r = 250 \text{ mm}$) auch andere Hüllkurven erfassen.

Rauheit: die Differenz der Vertikalauslenkungen von Tastnadel und Tastkufe. Dabei stützt sich die Kufe auf der Oberfläche ab. Bezugsprofil ist eine Hüllkurve (für $r = 25 \text{ mm}$ Hüllprofil). Je nach der Wahl des Kufenradius wird die Welligkeit mehr oder weniger herausgefiltert (mechanisches Filter). Man erhält also die Differenz zwischen Ist- und Hüllprofil

in einer für die Praxis ausreichenden Annäherung an das E-System (Bild 2). Außerdem ist die Erfassung der Rauheit durch Anwendung der elektrischen Filterung (cut-off 0,8 und 2,5) möglich.

Die Vertikalauslenkung von Nadel und Kufe, deren Hebelsystem mit Meßwertgebern verbunden ist, wird von dem entsprechenden Meßwertgeber in eine Spannungsänderung umgewandelt und als elektrisches Signal an die Verstärkereinheit weitergeleitet. Die Verstärkereinheit enthält die für den Betrieb der Meßwertgeber notwendigen Einheiten (Generator, Verstärker, Demodulator) und die für den Betrieb des Meßschlittens und die Steuerung des Rechners notwendigen Gruppen (Spannungsquellen, Relais usw.). Die von der Verstärkereinheit gebildeten Spannungswerte sind an Anzeigeelementen ablesbar und werden zum Schreiber bzw. Rechner weitergeleitet. Dadurch können die Verlaufswerte direkt am Anzeigeelement der Verstärkereinheit verfolgt und am Schreiber aufgezeichnet sowie die Maße der Gestaltabweichungen F_t , W_t , R_t , R_a , R_p und t_p vom Rechner ermittelt und an seinem Anzeigeelement abgelesen werden. Die Empfindlichkeiten sind so aufeinander abgestimmt, daß die volle Auslenkung des Schreibwerkes dem vollen Ausschlag des Zeigers am Anzeigeelement der Verstärkereinheit entspricht.

Die Vertikalvergrößerung kann durch entsprechende Wahl der elektrischen Verstärkung variiert werden. Die Horizontalvergrößerung ist von der Wahl der Vorschubgeschwindigkeiten von Taster und Papier abhängig.

Die in Bild 3 dargestellten Baugruppen des Gerätes sind selbständige Einheiten. Je nach Wunsch kann auf den Rechner, auf den Schreiber oder auf beide verzichtet werden.

Genaue Funktion und Zusammenwirken der einzelnen Baugruppen des Gerätes sind in den folgenden Beschreibungen der einzelnen Baugruppen enthalten.

3. Daten

Meßbereiche:

mit Tastern 8, 30 und 2 wahlweise	$\pm 0,5; \pm 1; \pm 2,5; \pm 5;$ $\pm 10; \pm 25; \pm 50; \pm 100 \mu\text{m}$
mit Taster 10	wahlweise $\pm 1; \pm 2; \pm 5; \pm 10; \pm 20;$ $\pm 50; \pm 100; \pm 200 \mu\text{m}$

Vertikalvergrößerungen:

mit Tastern 8, 30 und 2 wahlweise	250-; 500-; 1000-; 2500-; 5000-; 10 000-; 25 000-; 50 000fach ¹⁾
mit Taster 10	wahlweise 125-; 250-; 500-; 1250-; 2500-; 5000-; 12 500-; 25 000fach

Horizontalvergrößerungen

..... wahlweise	1-; 4-; 10-; 40-; 100-; 400-; 1000fach
-----------------	---

Skalenwerte für F_t ; W_t ; R_t ; R_p :

mit Tastern 8, 30 und 2	0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2 μm
mit Taster 10	0,02; 0,04; 0,1; 0,2; 0,4; 1; 2; 4 μm

Skalenwerte für R_a :

mit Tastern 8, 30 und 2	0,002; 0,004; 0,01; 0,02; 0,04; 0,1; 0,2; 0,4 μm
mit Taster 10	0,004; 0,008; 0,02; 0,04; 0,08; 0,2; 0,4; 0,8 μm

Skalenwert für t_p 1 %

Meßstrecke (Fremdführung) 0 bis 100 mm

¹⁾ Für Taster 30 entfallen bei Anwendung des Freitastsystems die Vertikalvergrößerungen 25 000- und 50 000fach.

Bezugstrecken für R_a ; R_p	2,5 und 8 mm
Welligkeitstrennlänge (cut-off) ..	0,8 und 2,5 mm
Bezugstrecken für R_t ; P_t ; W_t beliebig	0 bis 100 mm
Bezugstrecken für t_p	2,5; 4; 8; 12,5; 16; 25; 40; 80 mm
Schnitttiefe	wahlweise 0; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100 % des Meßbereichs
Tastgeschwindigkeit ... wahlweise	10; 100; 1000 $\mu\text{m/s}$
Rücklauf	$\approx 1000 \mu\text{m/s}$
Vorlauf vor jeder Messung mit dem Rechner	2,5 mm
Auslauf nach jeder Messung mit dem Rechner	0,5 mm
Spitze der Tastnadel	Diamant 90°
Spitzenradius der Tastnadel	$\leq 2 \mu\text{m}$
Meßkraft der Tastnadel:	
Taster 8, 30 und 2	$\approx 100 \text{ mN}$
Taster 10	$\approx 130 \text{ mN}$
Tastkufen	Stahl oder Saphir
Radius der Tastkufen	2,5; 4; 10; 25; 250 mm
Meßkraft der Tastkufen	$\approx 10 \text{ mN}$
Freilauf von Tastnadel und Tast- kufen	$\pm 0,3 \text{ mm}$
Horizontaler Abstand zwischen Nadel und Kufe	2,5 mm
Meßwertgeber	Differentialtransformator
Trägerfrequenz	20 kHz
Objektiv:	
Verschiebung in y-Richtung	20 mm

Drehung um y-Achse	1°
Verschiebung in z-Richtung (Höhe)	$\approx 0,2 \text{ mm}$
Drehung um z-Achse	4°
Elektrische Höhenfeineinstellung	20 μm
Schreibart	Funkenschrieb
Papierbreite	63 mm
Schreibbreite	max. 50 mm
Papiergeschwindigkeiten wahlweise	1; 4; 10 mm/s
Amplitudenabfall des Schreibers bei 50 Hz	4 %
Betriebsdruck des Kompressors	1,5 at Überdruck
Liefermenge für das Luftlager	$\approx 40 \text{ Nl/Stunde}^{1)}$
Prüflingshöhe zwischen Grundbett und Taster	max. 200 mm
Prüflingsdurchmesser bei Anwendung des Meßkopfhalters T	$> 300 \text{ mm}$
Kleinster meßbarer Bohrungsdurch- messer:	
mit Standardtaster 8	8 mm; $4,5 \text{ mm}^{2)}$
mit Taster 30	30 mm
mit Taster 2	2 mm
mit Taster 10	22 mm
Größte meßbare Bohrungstiefe:	
mit Standardtaster 8	25 mm
mit Taster 30	240 mm
mit Taster 2: bei 2 mm ϕ	10 mm
bei 3 mm ϕ	20 mm
bei 4 mm ϕ	25 mm
mit Taster 10	100 mm
Größte meßbare Absatztiefe bei Be- nutzung des Tasters 10	10 mm

1) 1 Nl = 1 l Luft bei 0°C und 760 Torr = 1 Normliter

2) Ohne Kufe

Elektrische Anschlußwerte:	
Verstärkereinheit	220 V ~ ± 10 % 50(60) Hz ≈ 100 VA
Rechner	220 V ~ ± 10 % 50(60) Hz ≈ 100 VA
Schreiber	220 V ~ ± 10 % 50(60) Hz ≈ 150 VA
Kompressor	220 V ~ ± 10 % 50(60) Hz ≈ 40 VA

Einlaufseiten der elektrischen Baugruppen für Betriebsbereitschaft	5 min
Genaueste Messungen	30 min

Abmessungen in mm:

Ständer mit Meßkopf	550 x 320 x 600
Verstärkereinheit	400 x 360 x 210
Rechner	400 x 360 x 210
Schreiber	400 x 330 x 210
Kompressor	400 x 360 x 210
Gerätetisch	1560 x 780 x 700

Masse:

Ständer	≈ 100 kg
Meßschlitten	≈ 20 kg
Verstärkereinheit	≈ 15 kg
Rechner	≈ 20 kg
Schreiber	≈ 20 kg
Kompressor	≈ 15 kg
Gerätetisch	≈ 90 kg

4. Definition der Gestaltabweichungen

Mit dem Tastschnittgerät ME 10 lassen sich folgende Maße bzw. Rechengrößen der Gestaltabweichungen ermitteln:

P_t	Profiltiefe
W_t	Wellentiefe
R_t	Rauhtiefe
R_m	Mittenrauhwert
R_p	Glättungstiefe
t_p	Traganteil

Zur Bestimmung dieser Größen können verschiedene Bezugsprofile herangezogen werden:

Gerade ($\hat{\Delta}$ geometrisch-ideales Profil) als Bezugsprofil (7, 126 Bild 24). Sie ist durch die luftgelagerte Tasterführung gegeben. Die Meßwerte beziehen sich hierbei auf diese Gerade.

Hüllkurve als Bezugsprofil (8, 126 Bild 25). Sie wird durch das Abrollen einer Kugel mit wählbarem Radius gebildet. Die Meßwerte beziehen sich hierbei auf dieses Hüllprofil.

Außer dem Bezugsprofil haben bei der Ermittlung der Meßwerte auch das Grundprofil (126) und das mittlere Profil (127) Bedeutung. Das Grundprofil wird so gelegt, daß es parallel zum Bezugsprofil (Gerade bzw. Hüllkurve) den tiefsten Punkt des Istprofils berührt. Das mittlere Profil ist so in das Istprofil zu legen, daß die Summe der vom Material erfüllten Anteile (Flächen) oberhalb des mittleren Profils (F_o) gleich der Summe der materialfreien Anteile unterhalb des mittleren Profils (F_u) ist:

$$\sum F_o = \sum F_u$$

Die elektrische Filterung des Signals bewirkt, daß diese Bedingung automatisch erfüllt wird. Bei allen Messungen, die mit out-off erfolgen (R_m ; R_p ; R_t), wird das mittlere Profil durch diese Filter erzeugt.

Die Maße der Gestaltabweichungen sind als Senkrecht- und Waagrechtmaße innerhalb der gewählten Bezugsstrecke l definiert.

4.1. Profiltiefe P_t (Bild 26)

Die Profiltiefe ist der Abstand des Bezugsprofils (Gerade) vom Grundprofil. Sie ergibt sich bei Überlagerung von Gestaltabweichungen 1. bis 5. Ordnung.

4.2. Wellentiefe W_t (Bild 26)

Die Wellentiefe ist der größte Abstand zwischen Bezugsprofil und Hullprofil. Es gehen nur Gestaltabweichungen 1. und/oder 2. Ordnung ein.

4.3. Rauhtiefe R_t (Bilder 24, 25 und 26)

Die Rauhtiefe ist der Abstand zwischen Rauheitsbezugsprofil¹⁾ (Gerade bzw. Hullkurve) und Rauheitsgrundprofil¹⁾, der sich aus Gestaltabweichungen 3. bis 5. Ordnung ergibt.

4.4. Mittenrauhwert R_a (Bild 24)

Der Mittenrauhwert ist der arithmetische Mittelwert aus den absoluten Beträgen der Abstände h_i des Istprofils (Rauheitsprofil) vom mittleren Profil. Zur Bestimmung von R_a dient die Gleichung:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |h_i| dx$$

4.5. Glättungstiefe R_p (Bild 24)

Die Glättungstiefe ist der mittlere Abstand des Rauheitsbezugsprofils vom Istprofil, d. h. der Abstand des mittleren

1) Definition s. TGL 0-4752, Punkt 2.5.

Profils vom Rauheitsbezugsprofil. Zur Bestimmung von R_p dient die Gleichung:

$$R_p = \frac{1}{l} \int_0^l y_i dx$$

4.6. Traganteil t_p (Bild 27)

Der Traganteil ist das Verhältnis der tragenden Länge l_t zur Bezugsstrecke l :

$$t_p = 100 \cdot \frac{l_t}{l} [\%]$$

Dabei gilt die Summe der Strecken, die bei einer Verschiebung des Bezugsprofils um den Betrag c in Richtung des Werkstoffes durch das Bezugsprofil aus dem Werkstoff herausgeschnitten werden, als tragende Länge. Zur Berechnung der tragenden Länge werden diese Strecken auf das geometrisch-ideale Profil projiziert:

$$l_t = \sum_{i=1}^{i=n} l'c_i$$

Man unterscheidet:

Profiltraganteil, bei dem die tragende Länge auf das Istprofil (Gestaltabweichungen 1. bis 5. Ordnung) bezogen wird.

Hullprofil-Traganteil, bei dem die tragende Länge auf das Hullprofil (Gestaltabweichungen 1. und 2. Ordnung) bezogen wird.

Rauheits-Traganteil, bei dem die tragende Länge auf das Rauheitsprofil (Gestaltabweichungen 3. bis 5. Ordnung) bezogen wird.

5. Beschreibung der einzelnen Gerätebaugruppen (Bilder 3 und 4)

Das Tastschnittgerät ME 10 besteht aus:

- Ständer - Grundbett (9) und Säule (13)
- Meßkopf - Meßschlitten (12) und Taster (11)
- Justierbarem Objektisch (10)
- Verstärkereinheit (14)
- Rechner (15)
- Schreiber (16)
- Kompressor (17)
- Gerätetisch - Tischplatte (18), Schubfach (19) und Klappverschluss

5.1. Ständer (Bild 5)

Der Ständer, dessen Grundbett (9) und Säule (13) fest miteinander verbunden sind, ruht auf dem Gerätetisch. Im Grundbett (9) ist eine Nut (27) angebracht, die zur Aufnahme des justierbaren Objektisches (10) dient. Zum Abtasten größerer Prüflinge kann der Objektisch (10) vom Grundbett (9) genommen, der Prüfling direkt auf das Grundbett aufgelegt und mit Klemmvorrichtungen, die in den Nuten zu befestigen sind, festgehalten werden.

Die senkrecht auf dem Grundbett (9) stehende Säule (13) trägt einen Höhenschlitten (130 Bild 29), der den Meßschlitten (12) aufnimmt. Im Innern der Säule läuft ein Gegengewicht als Ausgleich für den Führungsschlitten mit Meßschlitten und Taster. Die Höhenverstellung erfolgt mittels Handrads (25) über Schneckentrieb und Zahnstange in einem Bereich von 200 mm. Der Führungsschlitten kann in jeder beliebigen Höhe durch den Klemmhebel (26) geklemmt werden. Damit kuppelt man den Höhentrieb aus, so daß eine erneute Höhenverstellung nur nach dem Lösen des Klemmhebels (26) möglich ist.

5.2. Meßkopf

5.2.1. Meßschlitten (Bilder 5 und 6)

Der Meßschlitten (12) wird in die V-Nut des Führungsschlittens an der Säule (13) eingehängt und mit dem an der Rückwand des Meßschlittens befindlichen Hebel festgeklemmt.

Zwei Kabel verbinden den Meßschlitten mit dem in der Verstärkereinheit enthaltenen Steuerteil. Unterhalb dieser Kabelausgänge befindet sich ein Stutzen zum Anschluß des Druckluftschlauches. Der Druckluftschlauch stellt die Verbindung zwischen Meßschlitten und Kompressor her und führt dem Meßschlitten die für die Luftlagerung nötige Druckluft zu. Die Druckluft durchläuft vor dem Eintritt in die luftgelagerte Tasterführung (31) den Sicherheitsschalter (33). Der in eine Schwalbenaufnahme (52 Bild 9) des Meßschlittens eingeführte und mit dem Knopf (20) geklemmte Taster bewegt sich nur dann, wenn genügend Druckluft vorhanden ist.

Ein Synchronmotor (34) treibt über Magnetkupplungen und Vorschaltgetriebe (30) den Schlitten an. Mit der Wahl einer der drei Tastgeschwindigkeiten an der Verstärkereinheit wird die zugehörige Magnetkupplung geschaltet. Die Speiseleitungen für die Magnetkupplungen führen über Endlagenschalter (28) und Zerstörungsschutzschalter (29).

Der Endlagenschalter (28) sorgt für das automatische Ausschalten der Tasterbewegung, sobald der Taster die Bezugsstrecke und den Auslauf durchlaufen hat. Der Zerstörungsschutzschalter (29) bewirkt beim Überschreiten des Freihubs von Nadel oder Kufe das Aufleuchten der roten Warnlampe (21) und das automatische Abschalten der Tasterbewegung. Dadurch treten keine Beschädigungen der Tastorgane durch Auflaufen auf. Bei vorsichtiger Bedienung des Höhentriebs (25) ist es möglich, die Zustellung sofort zu stoppen, wenn die Warnlampe (21) aufleuchtet.

Der durch eine Öffnung im Meßschlittengehäuse sichtbare Maßstab dient zum Einstellen der gewünschten Größe und Lage der Bezugstrecke. Mit Hilfe von zwei Stellknöpfen (22, 24) lassen sich die Endanschläge für die Bezugstrecke verschieben und klemmen. Den rechten Stellknopf (24) bedient man beim Einstellen jeder beliebigen Bezugstrecke innerhalb der Meßstrecke (0 bis 100 mm). Darüber hinaus rastet bei den Bezugstrecken 2,5; 4; 8; 12,5; 16; 25; 40; 80; 100 mm ein Anschlag ein. Dadurch sind diese, für die Ermittlung der Maße der Gestaltabweichungen mit dem Rechner erforderlichen Bezugstrecken sicher und reproduzierbar einzustellen. Der linke Stellknopf (22) ermöglicht das Verschieben der Bezugstrecke innerhalb der Meßstrecke. Die Bezugstrecke kann also innerhalb der Meßstrecke (0 bis 100 mm) jede beliebige Lage und Größe annehmen.

5.2.2. Taster (Bilder 2, 6, 7 und 8)

Eine Schwalbenführung (38) stellt die mechanische Verbindung zwischen Taster und Meßschlitten her. Die elektronische Verbindung des Tasters mit der Verstärkereinheit erfolgt mittels Spoligen Steckers (39) über den Meßschlitten. Die verschiedenen Taster lassen sich gegeneinander austauschen, ohne daß eine Abstimmung des elektronischen Teiles notwendig ist. Der Taster besteht aus zwei ineinander gelagerten doppelarmigen Hebeln (41) und zwei induktiven Meßwertgebern (35, 36) in Form von Differential-Transformatoren. An den Hebelenden befindet sich jeweils das eigentliche Tastorgan, das über die Oberfläche des Prüflings gleitet, und der besagte Teil des zugehörigen Differential-Transformators (Anker). Als Tastorgane dienen eine Nadel (6) und eine Kufe (5). Je nach Art des zu messenden Prüflings haben die verschiedenen Taster unterschiedlich ausgebildete Tasthebel (41).

Tabelle 1. Taster und ihre Anwendungsmöglichkeiten

Taster	2	8 (Stand. Taster)	10	10/S	30	30/S	30/K
Bezugszahl (Bild 8)	45	44	43	43	42	42	-
Standard- kufe	keine	R 25	R 2,5 - T 10		R 25		
Zusatz- kufen	keine	R 250 R 10 R 4 R 2,5	R 10 - T 10 R 4 - T 10		R 250 R 10 R 4 R 2,5		
Abstand Nadel-Kufe	-	2,5 mm	2,5 mm (in Ab- tastrichtung bzw. senkrecht dazu)		2,5 mm		-
Eingebau- ter Meß- wertgeber	Nadel	Nadel Kufe	Nadel Kufe	Nadel	Nadel Kufe	Nadel	Kufe
Anwen- dungsmög- lichkeiten für	kleine Bohrun- gen; Mantel- schwer- zugäng- lich; Zyl- indern; Bohrun- gen	ebene Flächen; Winkel- linien von Zyl- indern; Bohrun- gen	Nuten; Absät- ze; Rillen; Hinterstiche u. ä.		tiefe Bohrungen		
Meßbarer Bohrungs- durchmes- ser	≥ 2 mm ≥ 3 mm ≥ 4 mm	≥ 8 mm ≥ (4,5 mm ¹)	≥ 22 mm		≥ 30 mm		
Mögliche Eintauch- tiefe bei Innenmes- sungen	≤ 10 mm ≤ 20 mm ≤ 25 mm	≤ 25 mm	≤ 100 mm		≤ 240 mm		
Meßmög- lichkeiten ²⁾		  	 	 	 	 	 
Ermittel- bare Ge- staltab- weichungen	1. bis 5. Ordnung						1. und 2. Ord- nung
Meßgrößen (2)	$R_a, R_p,$ F_t, t_p	$R_t, R_a,$ $R_p, P_t,$ W_t, t_p	$R_t, R_a,$ $R_p, P_t,$ W_t, t_p	$R_t, R_a,$ $R_p, P_t,$ t_p	$R_t, R_a,$ $R_p, P_t,$ W_t, t_p	$R_t, R_a,$ $R_p, P_t,$ t_p	W_t, t_p

1) Ohne Kufe

2) Nähere Erläuterungen im Abschnitt 7.1.

Die Tastnadel (Symbol an der Verstärkereinheit ∇) ist eine Diamantspitze quadratischen Querschnitts mit 90° -Spitzenwinkel und einem Spitzenradius von $< 2 \mu\text{m}$. Die Meßkraft der Tastnadel (6) beträgt $\approx 100 \text{ mP}$ (bzw. $\approx 130 \text{ mP}$ bei Taster 10). Die Tastnadel erfäßt Gestaltabweichungen 1. bis 5. Ordnung.

Die Tastkufe (Symbol an der Verstärkereinheit \blacktriangledown) besitzt als Tastelement eine Tonne (Radius 3 mm) aus Stahl oder einem Kugelabschnitt aus Saphir. Die leicht gegeneinander auswechselbaren Kufen (5) haben verschiedene Tastradien, deren Werte in die Stirnfläche (5! Bild 9) der Kufe graviert sind. Die Tastkraft der Tastkufe (5) beträgt $\approx 10 \text{ p}$. Die Tastkufe erfäßt Gestaltabweichungen 1. und 2. Ordnung. Für die Messung Nadell gegen Kufe dient die Kufe als mechanisches Puffer.

Der Abstand a (Bild 2) zwischen Kufenmitte und Diamantspitze beträgt $2,5 \text{ mm}$ und liegt in Richtung des Schlittenablaufs (bzw. auch senkrecht dazu beim Taster 10).

Die Tastkufen der Taster 8 und 30 bestehen aus einem Rohr mit einer Tonne aus Stahl (bei großen Kufenradien) oder zwei Kugelabschnitten aus Saphir (bei kleinen Kufenradien) an einem Rohrende. Die Tonne bzw. die Kugelabschnitte liegen um $150 \mu\text{m}$ exzentrisch zur Rohrachse (s. Bild 23). Steht die an der Stirnfläche (5! Bild 9) der Kufe gravierte Radiuszahl aufrecht, so liegen die Nullpunkte von Nadell und Kufe annähernd auf gleicher Höhe (Bild 23a). Beim Wechsel von Kufe auf Nadell demzufolge keine mechanische Höhenjustierung an Objekt mehr erforderlich. Die Tastnadel stützt sich hierbei über die Kufe auf dem Prüfling ab, so daß die jeweilige Lage der Kufe auf dem Prüfling das Meßergebnis der Tastnadel beeinflußt. Als Meßergebnis erhält man damit die Differenz M (Bild 2) zwischen Kufen- und Nadellauslenkung. Durch Drehen der Kufe um 180° (gravierte Radiuszahl steht auf dem Kopf) tritt eine Verlagerung der Lagen von Kufe und Diamantspitze um $0,3 \text{ mm}$ auf (Bild 23b). Das Anheben des Hebelarmes der Kufe in die obere Endlage erfolgt durch Drehen des Stellknopfes (40) und ermöglicht das Abtasten des Prüflings mit der Nadell allein, d. h. ohne zusätzliche Kufenabstützung (Bild 23c).

Der Taster 2 ist besonders vorsichtig zu behandeln, denn er ist sehr empfindlich, weil er keine Kufen besitzt und die Tastnadel daher frei liegt. Infolge seiner Konstruktion können mit dem Taster 2 nur Meßstrecken von maximal 25 mm abgetastet werden.

Der Taster 30 sollte vorwiegend für Messungen mit Kufenabstützung benutzt werden, da er durch seine konstruktive Formgebung besonders erschütterungsempfindlich ist. Wegen des langen Hebelarmes darf bei Messungen im Freitastsystem die Vertikalvergrößerung nur bis maximal 10 000fach erfolgen. Bei den Vertikalvergrößerungen 25 000fach und 50 000fach (Meßbereich $\pm 0,5 \mu\text{m}$ oder $\pm 1 \mu\text{m}$) kann im Freitastsystem das Meßergebnis durch Erschütterungen verfälscht werden.

Infolge seiner speziellen Anwendung besitzt der Taster 10 gegenüber den Tastern 8 und 30 völlig anders ausgebildete Tasthebel und Kufen. Die zwei Doppelhebel des Tastarmes sind verlängert, so daß sich das Übersetzungsverhältnis des Tasters ändert. Die Kufen sind um 90° drehbar, so daß eine Tastpunktverlagerung möglich ist. Dadurch können Nadell- und Kufentastpunkt in Abtastrichtung sowohl hintereinander als auch nebeneinander liegen. Das bringt zwangsläufig eine Veränderung der Hebelarmlänge und daraus resultierende Übersetzungsunterschiede mit sich.

Nadell und Kufe in Abtastrichtung:

hintereinander - nebeneinander



Vertikalvergrößerung: s. Abschn. 3. Daten - Faktor 1,01
Meßbereich und Skalenwert: s. Abschn. 3. Daten - Faktor 0,985

Meßbereich und Skalenwert sind bei Anwendung des Tasters 10 gegenüber den Tastern 8 und 30 etwa zu verdoppeln und die Vertikalvergrößerung auf etwa die Hälfte zu reduzieren.

5.2.3. Winkelstecker

Um auch eine Bestimmung der Gestaltabweichungen schwer zugänglicher Prüflinge (wie Kurbelwellen u.ä.) zu ermöglichen, liefern wir einen Winkelstecker. Dieser Winkelstecker ist an-

stelle des Tasters in die Tasteraufnahme (137 Bild 30) einzuschleiben. Der Taster wird dann in eine entsprechende Schwalbenführung des Winkelsteckers geschoben. Der Winkelstecker ermöglicht Messungen senkrecht zur normalen Abtastrichtung. Das bedeutet, daß bei Anwendung des Winkelsteckers Tastnadel und Kufe in Abtastrichtung nicht hintereinander, sondern nebeneinander liegen.

An den Winkelstecker sind alle Taster ansatzbar.

5.3. Objektivtisch (Bilder 5 und 9)

Der Objektivtisch (10), der in der Nut (27) auf das Grundbett (9) aufgeschoben und über die gesamte Länge verschoben werden kann, ist für Prüflinge mit einer Masse bis zu 5 kg vorgesehen.

Die Stellknöpfe (45, 48, 50) und eine Meßspindel (47) gestatten eine Verschiebung des Tisches um 20 mm (47) in y-Richtung (senkrecht zum Tastervorschub) und um 0,2 mm (50) in z-Richtung (Höhe) sowie eine Neigung der Tischplatte von 1° (46) um die y-Achse und eine Drehung von 4° (48) um die z-Achse.

5.4. Verstärkereinheit (Bilder 10 und 11)

Die Verstärkereinheit, deren elektronische Bausteine in einem Standardgehäuse untergebracht sind, besitzt eine Leistungsaufnahme von etwa 100 VA und schafft die Voraussetzungen für die einwandfreie Gesamtfunktion aller Einheiten des Tastschnittgerätes ME 10.

5.4.1. Steuerteil (Bilder 10 und 11)

Das Steuerteil (73) enthält im wesentlichen einen Transformator (71), eine Gleichrichterschaltung (70) und drei Schalter (57, 58, 69). Der Transformator (71) speist den Antriebmotor (34 Bild 6) für den Tastervorschub und die Gleichrichterschaltung (70). Letztere liefert die Gleichspannung zur Speisung der Magnetskupplungen und Relais in Meßkopf, Verstärkereinheit und Rechner. Der Schalter "Nadel (▼) - Kufe (▼)" (57) steuert die Relais (53), die die Speisung der Meßwertgeber (35, 36 Bild 6) einschalten und somit die Meß-

wertgeber mit dem Signaleingang des Meßverstärkers (61) verbinden. Der Schalter (68) dient zur Wahl der Abtastgeschwindigkeiten. Mit dem Schalter (69) wird die Bewegungsrichtung des Tasters beim Abfahren der Prüflingsoberfläche gewählt. Mit dem Schalter (74) ist der Rechner ab- (Schalterstellung) bzw. einschaltbar (dazu Schalterstellung) .

5.4.2. Zentraler Trägerfrequenzserzeuger (Bilder 10 und 11)

Der zentrale Trägerfrequenzserzeuger (65) enthält einen Sinuswellengenerator (64), einen Regelverstärker (63) und einen Spannungsgeber (62). Der frequenzstabile Generator (64) und der nachgeschaltete Verstärker (63) für 20 kHz liefern die Trägerfrequenz mit der erforderlichen Konstanz von Frequenz und Amplitude. Die Trägerfrequenzspannung speist die Meßwertgeber (35, 36 Bild 6) und den Demodulator (58), die die Vertikalauslenkung von Nadel und Kufe in elektrische Signale verwandeln und für die Anzeige an die Verstärkereinheit, für die Aufzeichnung an den Schreiber und zur Weiterverarbeitung an den Rechner weiterleiten. Die Spannung für die elektrische Höhenfeineinstellung ist mit einem Wendepotentiometer (62) genau einstellbar und ermöglicht eine Veränderung der Eingangssignale. Das entspricht einer sehr feinen Höheneinstellung der Abtastebene im Bereich von $\pm 10 \mu\text{m}$. Die Höhenfeineinstellung kann unabhängig von der Wahl des Meßbereichs in allen Meßbereichen angewendet werden. Außerdem ermöglicht diese Nullpunktverschiebung einen Ausgleich bei geringen Abweichungen zwischen den Nulllagen der Kufe und des Tasters.

5.4.3. Meßverstärker (Bilder 10 und 11)

Der Meßverstärker (61) arbeitet mit einer Trägerfrequenz von 20 kHz. Seine Verstärkung ist sehr konstant. Die Einstellung der gewünschten Verstärkung erfolgt mittels Wahlschalters (56) für die Meßbereiche. Der Wahlschalter (56) für die Meßbereiche befindet sich zwischen einem Vorverstärker (55) und dem Hauptverstärker (57) und besitzt acht Stufen zur Wahl des Meßbereichs. Für Prüfwerte enthält der Wahlschalter (56) noch eine Stellung (▼), in der ein geringer Teil der Trägerfrequenzspannung als "Kontrollspannung" an den Meßver-

stärker gegeben wird (Kontrolle der Verstärkung mit Vollauschlag: + 50 Skt.). Bei der Stellung "0" des Wahl Schalters zeigt das Anzeigeelement (60) ebenfalls "0" an, wenn das Wendepotentiometer (62) genau auf Mitte steht. Bei dieser Stellung ist der Signaleingang des Meßverstärkers kurzgeschlossen, und nur die Verschiebespannung wird an den Meßverstärker gegeben (Kontrolle der elektrischen Nullstellung). Im Blockschaltbild charakterisiert der Schalter (54) die Umschaltung zwischen Meß-, Justier- und Höhenfeinjustier-Spannung (im Wahl Schalter 56 enthalten). In Abhängigkeit vom Wahl Schalter (56) leuchten die entsprechenden Skalenwerte in einem Leuchtfeld (75) auf. Damit erlaubt der Wahl Schalter (56) die Wahl der jeweils gewünschten Vertikalvergrößerung. Durch phasenrichtige Demodulation erzeugt der Demodulator (58) aus den Trägerfrequenzsignalen die vorseichenbehaftete Gleichspannung, die dem Anzeigeelement (60), dem Schreiber und dem Rechner zugeführt wird.

Zum Schutz der empfindlichen Meßinstrumente vor zu großen Signalen dient ein Überlastschutz (59).

5.4.4. Anzeigeelement, Leuchtfeld, Netzteil und Netzschalter (Bilder 10 und 11)

An Anzeigeelement (60) für die verstärkten und gleichgerichteten Signale kann die mit Vorzeichen behaftete Augenblicksgröße der Spannung abgelesen werden. Unter Berücksichtigung des eingestellten Skalenwertes charakterisiert diese Spannung die Vertikalbewegung der Tastorgane.

Das Leuchtfeld (75) zeigt die Betriebsbereitschaft der Verstärker und den durch den Wahl Schalter (56) für den Meßbereich gewählten Skalenwert deutlich sichtbar an.

Das elektronisch stabilisierte Netzteil (65) liefert stabile Betriebsgleichspannung für die Verstärker und den Generator.

Beim Einschalten der Verstärkereinheit mittels Netzschalters (72) setzen gleichzeitig die Stromversorgungen für Steuer- teil, Meßverstärker und Trägerfrequenzgenerator ein. Steuer- teil (73) und elektronisch stabilisiertes Netzteil (65) sind getrennt abgesichert.

5.5. Rechner (Bilder 12 und 13)

Der in einem Standardgehäuse untergebrachte Rechner hat die Aufgabe, die Größen P_t , W_t , R_t , R_a , R_p und t_p (Definitionen s. Abschn. 4.) zu ermitteln und anzuzeigen. Der Fehler der Anzeige ist kleiner als $\pm 4\%$ des Endausschlags, wobei die Fehler der Verstärkereinheit bereits mit erfaßt sind. Die Leistungsaufnahme des Rechners beträgt 100 VA. Der Rechner sollte vorzugsweise unter Meßraumbedingungen (20 °C und 65 % Luftfeuchtigkeit) eingesetzt werden.

Beim Einschalten des Rechners mittels Netzschalters (89) setzt die Stromversorgung für die entsprechenden Geräteeinheiten ein. Die Relaisgruppe (86) wird von der Verstärkereinheit aus mit Strom versorgt. Alle übrigen Baugruppen des Rechners werden über elektronisch stabilisierte Netzteile (87) vom Stromnetz gespeist. Das Einschalten des Rechners sollte möglichst nur im ausgekühlten Zustand erfolgen.

Von der Verstärkereinheit erhält der Rechner Signale in Form einer vorseichenbehafteten Gleichspannung und verarbeitet diese zu den gewünschten Maßen der Gestaltabweichungen. Am Schalter (80) wird das gewünschte Maß der Gestaltabweichungen gewählt. Hierbei ist zu beachten, daß die Aussage des gewählten Maßes der Gestaltabweichungen sehr stark von der Art der Abtastung abhängt. Bei jeder der vier Schalterstellungen (80) sind drei verschiedene Auswertungen möglich, je nachdem, ob die Abtastung des Prüflings durch Kufe oder Nadel oder durch Kufe und Nadel vorgenommen wurde.

Zur Ermittlung der Werte P_t , W_t und t_p (Profil- und Nullprofil-Tragenteil) gelangt das entsprechende Signal über den Schalter (83) bei Schalterstellung 4 mm, 16 mm, 25 mm oder 80 mm zum Impulsdehner (77) bzw. Amplitudenbewerter (79). Die Signale für die R_a -Ermittlung werden über den Welligkeitstrenner (84) zum Verstärker (85) und die Signale für R_t , R_p und t_p (Rauheits-Tragenteil) über Welligkeitstrenner (84) und Schalter (83) bei Schalterstellung 2,5 mm oder 8 mm weitergeleitet. Den beiden Bezugstrecken 2,5 mm bzw. 8 mm sind automatisch die Welligkeitstrennlängen (cut-off) 0,8 mm bzw. 2,5 mm zugeordnet.

Der Amplitudenbewerter ermöglicht die Bestimmung der Traganteile t_p in verschiedenen Schnitttiefen. Zum Einstellen der gewünschten Schnitttiefe dient der Schalter (79). Die Schnitttiefe ist in Stufen von 10 zu 10 Skalenteilen des jeweils an der Verstärkereinheit eingestellten Meßbereichs einstellbar.

Für die Ermittlung des R_p -Wertes gibt es zwei Möglichkeiten: die direkte und die indirekte Bildung des R_p -Wertes. Die direkte Meßwertbildung ist aus dem Blockschaltbild zu ersehen. Für die indirekte Bildung des R_p -Wertes kann man ihn gleich aus der R_t -Messung ableiten. Nachdem der R_t -Wert am Anzeigeinstrument des Rechners abgelesen ist, ändert man die Schalterstellung (80) von R_t auf R_p und kann somit den Wert für R_p ablesen. Damit ist es bei einmaligem Abtasten des Prüflings möglich, die Werte für R_t und R_p nacheinander zu bestimmen.

Am Anzeigeinstrument des Rechners läßt sich der durch Schalter (80) gewählte Rechenwert für eine bestimmte Bezugsstrecke ablesen. Der angezeigte Wert ist stets ein Endwert, der bis zu einer Minute fehlerfrei festgehalten und beim Einschalten des Rückwärtslaufs des Meßschlittens wieder gelöscht wird. Der Skalenswert des Anzeigeinstruments ist abhängig von dem gewählten Rechenwert. Bei den Messungen von P_t , W_t , R_t und R_p entspricht der Skalenswert dem im Leuchtfeld (75 Bild 11) der Verstärkereinheit angezeigten Zahlenwert. Für die Messung von R_a erscheint im Leuchtfeld (90) des Rechners der Faktor 0,2 und für t_p -Messungen eine Dimensionsänderung auf %. Der Faktor 0,2 ist bei R_a -Messungen zusätzlich zu berücksichtigen. Die Relaisgruppe (86) wird vom Meßkopf und vom Steuerteil der Verstärkereinheit angesteuert. Die Relais sorgen für die notwendigen Schaltverbindungen innerhalb des Rechners während des gesamten Meßvorganges, für die Speicherung der Rechenergebnisse und ihre Löschung.

5.6. Schreiber (Bilder 14, 15 und 17)

Der Schreiber besteht aus einem Leistungsverstärker mit Schreibsystem (98), das die Meßwerte in rechtwinkligen Koordinaten durch Punktschrieb registriert. Die kreisförmige Papierführung (103) schaltet Tangensfehler aus.

Eine Eingangsspannung von ± 10 V ergibt eine Vollausslenkung der Schreibnadel von ± 25 mm. Die Stromversorgung erfolgt vom Netz über eine entsprechend gekennzeichnete Steckverbindung. Die Verbindung zwischen Verstärkereinheit, von der die Signale an den Schreiber geliefert werden, und Schreiber stellt ein Koaxialstecker her.

Die für die Registrierung erforderliche Spannung zwischen Schreibnadel (104) und Funkenregistrierpapier (102) ist mit Hilfe des Stellknopfes (92) einstellbar. Damit kann der Kontrast des Schriebes auf dem Papier beeinflusst werden.

Zwei mit Stellknopf versehene Potentiometer (96, 97) dienen zur Verschiebung des Nullpunktes (Potentiometer 96) und zum Justieren der Verstärkung (Potentiometer 97).

Mit Hilfe des Drucktastensystems (95) wird der Schreiber in Betrieb gesetzt sowie die Vorschubgeschwindigkeit für den Papiertransport eingestellt. Ein sehr schneller Papierrücklauf (100 bis 300 mm/s) ermöglicht Mehrfachschriebe. Die von der Verstärkereinheit kommenden Signale gelangen nur bei eingeschaltetem Papiertransport in das Meßwerk des Schreibers. Nach dem Drücken des Knopfes (94) kann die Abdeckhaube (93) des Schreibsystems aufgeklappt werden. Um an die Rolle (106) zur Papieraufnahme zu gelangen, ist das Schreibsystem (98) ebenfalls hochklappbar. Beim Anheben der Abdeckhaube (93) schaltet sich die Stromzufuhr für das Schreibsystem über den Schalter (99) automatisch aus.

5.7. Kompressor (Bild 18)

Der Kompressor liefert die für das Luflager des Meßschlittens erforderliche Preßluft. Er besteht aus einer elektrisch angetriebenen Kolbenpumpe von ≈ 3 cm³ Hubraum. Die Luft gelangt über einen Ausgleichsbehälter von ≈ 2 l Volumen mit einem Überdruck von 3 bis 4 at und einen Druckluftschlauch zur Meßschlittenführung. Der Ausgleichsbehälter ermöglicht eine stoßfreie Luftabgabe. Die angesaugte Luft wird in einem Filter gereinigt. Für den Anschluß der Speisespannung von 220 V 50 Hz ist ein Steckanschluß an der Rückseite des Gerätes vorhanden. Die Leistungsaufnahme beträgt 40 VA.

Beim Einschalten des Netzschalters (111) leuchtet die Kontrolllampe (108) auf und zeigt somit den Betriebszustand des Kompressors an. Der am Manometer (109) angezeigte Speisepressdruck ist mittels Druckreglers (110) einstellbar. Bei dem für den Luftschlitten vorgesehenen Betriebsdruck von 1,5 at Überdruck beträgt die Fördermenge ≈ 40 l/Stunde (bei 760 Torr und 0 °C).

5.8. Gerätetisch (Bild 4)

Der Gerätetisch dient zur Aufnahme aller Einheiten des Tastschnittgerätes ME 10 und ist als stabile Blechkonstruktion ausgeführt. Auf der Tischplatte (18) finden Ständer (9, 13) mit Meßkopf (11, 12) und Objektisch (10), Verstärkereinheit (14) und Rechner (15) Platz. Das Schubfach (19) nimmt den Schreiber (Bild 14) sowie Zubehörtelle (Taster, V-Lager usw.) auf. Der Kompressor (Bild 18) ist nach Öffnen der Klappe auf den Fußboden zu stellen. Beim Arbeiten mit dem Gerät wird das Schubfach mit dem Schreiber so weit herausgezogen, daß alle Bedienteile bequem erreichbar sind. Die rechte Hand betätigt alle Bedienelemente von Rechner, Verstärkereinheit und Schreiber, während die linke Hand die Justierung am Objektisch (10) vornimmt.

5.9. Meßkopfhalter T (Bild 19)

Durch die Anwendung des Meßkopfhalters T (115) ist es möglich, große Prüflinge direkt an der Bearbeitungsmaschine zu prüfen.

Nach Lösen des Klemmknopfes (20 Bild 5) wird der Taster vom Meßschlitten abgenommen, der Meßkopfhalter T (115) mit Hilfe von drei Schrauben an der Unterseite des Meßschlittens befestigt und der Meßschlitten mit Meßkopfhalter T von der Säule des Ständers abgenommen. Vor Wiedereinsetzen des Tasters sind die beiden Stellschrauben (113) ganz nach unten zu schrauben. Dadurch hat der Meßschlitten die größte Entfernung von der Aufsatzfläche, Beschädigungen des Tasters werden vermieden.

6. Auspacken und Aufstellen des Gerätes

Der Versand des Tastschnittgerätes mit Zubehör erfolgt in nachstehend aufgeführten Verpackungen:

Tabelle 2. Verpackung

Inhalt	Art der Verpackung	Nummer der Verpackung
Ständer; Meßschlitten; Justierbarer Objektisch; Standardtaster 8; R ₁ -Testplatte; Tragstangen	Versandbehälter	24 96 40:001,24
Verstärkereinheit; Rechner; Kompressor	Normkiste	Nr. 129
Schreiber	Versandbehälter Normkiste	24 96 41:001,24 Nr. 115
Gerätetisch; Verpackungshülle; Funkenregistrierpapier; Gerätestecker; Druckluftschlauch; Verbindungskabel	Versandbehälter	24 96 46:001,24

Jede Verpackung trägt die oben aufgeführte Nummer. Als Sicherung gegen Transportschäden besitzen alle beweglichen Teile zur Arretierung rotlackierte Sicherungselemente (Schrauben, Scheiben u. ä.). Die Transportsicherungen sind wichtiger Bestandteil des Gerätes und deshalb sorgfältig aufzubewahren.

6.1. Auspacken des Gerätes

Auspacken des Versandbehälters 24 96 46:001,24

1. Kistendeckel und die beiden langen Seitenwände entfernen.
2. Alle 8 rotlackierten Sechskantschrauben 8 x 80 heraus-schrauben.
3. Gerätetisch aus Behälter herausheben und am vorgesehenen Arbeitsplatz abstellen.
4. Rotlackierte Sicherungselemente sorgfältig aufbewahren.

Auspacken des Versandbehälters 24 95 40:001.24

1. Kistendeckel und eine Seitenwand entfernen.
2. 2 rotlackierte Sechskantschrauben 4 x 25 lösen, den Tasterkasten herausheben und ablegen.
3. 4 rotlackierte Sechskantschrauben 8 x 70 herauserschrauben.
4. Zwischenrahmen (aus Holz) mit Meßschlitten und justierbarem Objektisch herausheben und auf dem Gerätetisch ablegen.
5. Tragstangen in die Ringschrauben einschieben, Ständer an Tragstangen herausheben und links auf dem Gerätetisch abstellen (Nur im Grundbett nach vorn und links).
6. Tragstangen herausziehen, Ringschrauben herauserschrauben und alles sorgfältig aufbewahren.
7. Deckel des Ständers abnehmen und die 3 rotlackierten Zylinderschrauben (116 Bild 20) herauserschrauben. Damit wird die Transportsicherung des Ausgleichgewichtes gelöst. Es ist darauf zu achten, daß sich das Metallband in die Mitte der Umlenkrolle einlegt.
8. Sechskantschrauben M 6 x 35 am Zwischenrahmen lösen und justierbaren Objektisch herausnehmen und von links in die Nut des Grundbettes einschieben.
9. Sechskantschrauben M 8 x 70 am Zwischenrahmen lösen, den Meßschlitten herausheben und vorerst vorsichtig absetzen.
10. Rotlackierte Sicherungselemente und Holzzwischenrahmen sorgfältig aufbewahren.

Auspacken der Normkiste Nr. 122

1. Kistendeckel entfernen.
2. Die 3 Pappbehälter auspacken und die Gerätebaugruppen aufstellen nach Abschnitt 5.3.
3. Pappbehälter sorgfältig aufbewahren.

Auspacken der Normkiste Nr. 115

1. Kistendeckel entfernen.
2. Von Versandbehälter (24 95 41:001.24) Kistendeckel und eine Seitenwand entfernen.
3. Schreiber herausziehen und abstellen.

6.2. Aufstellen des Gerätes

Das Tastschnittgerät ME 10 in einem Raum aufstellen, der keine Schwingungserreger enthält und frei von Gebäudeschwingungen ist. Der Ständer findet am günstigsten auf der linken Hälfte der Tischplatte Platz, so daß rechts genügend Platz für Verstärkereinheit und Rechner verbleibt. Der Rechner soll möglichst auf der Verstärkereinheit stehen, nicht umgekehrt.

Einhängen des Meßschlittens (Bilder 29 und 30)

1. Klemmhebel (138) an der Rückseite des Meßschlittens (12) nach rechts drücken.
2. Einhängen des Meßschlittens in die V-Nut (131) des Höhen-schlittens (130), der sich an der Skule (13) befindet.
3. Klemmhebel (138) nach links drücken, wodurch der Meßschlitten fest mit dem Führungsschlitten verklemt wird.
4. Die 4 mittleren Schrauben (135) der Transportsicherung (136) des Meßschlittens lockern.
5. Die 3 äußeren Schrauben (134) lösen.
6. Transportsicherung (136) abnehmen und sorgfältig aufbewahren.
7. Die 2 Kappen (133) an der linken und eine Kappe (139) an der rechten Seite des Meßschlittens herausnehmen.
8. Die mit roten Punkten gekennzeichneten Sicherungsschrauben (132) lösen und sorgfältig aufbewahren (die am Gehäuse angegebenen roten Punkte entsprechen denen auf den Schrauben).
9. Kappen (133 und 139) wieder einsetzen.
10. Taster mit der linken Hand vorsichtig und gerade von links nach rechts in die Tasterführung (Schwalbe) einschieben - wobei der Druck gegen die Tasteraufnahme (137) durch leichten Gegendruck mit der rechten Hand abzufangen ist - bis die Steckverbindung (39 Bild 7) fest in die Tasteraufnahme (137) eintaucht. (Achtung! Bei zu starker Druckbelastung der Tasteraufnahme kann der Meßschlitten beschädigt werden.)
11. Festklemmen des Tasters in der Schwalbenführung durch Drehen des Knopfes (20 Bild 5) nach rechts.

Nun kann, nach dem Anschließen der elektrischen Baugruppen, der Meßschlitten mit Taster aus seiner zum Transport erforderlichen Stellung von 42 am Maßstab (23 Bild 5) durch Betätigen des Schalters (69 Bild 11) bewegt werden.

Sollte ein Versand des Meßschlittens an das Herstellerwerk oder ein sonstiger Transport des Gerätes erforderlich werden, so ist darauf zu achten, daß alle Sicherungselemente (nach Bild 30) sachgemäß angebracht sind. Um die drei Sicherungsschrauben (132) und die Transportsicherung (136) am Meßschlitten (12) befestigen zu können, muß der rote Zeiger am Maßstab (23 Bild 5) auf 42 stehen. Das Anbringen der Sicherungselemente erfolgt dann in umgekehrter Reihenfolge (Arbeitsgang 11 bis 1).

Einrichten der Tischfächer

In dem Schubkasten des Gerätetisches findet der Schreiber Platz. Er kann beim Messen und Anfertigen von Profilschrieben so weit herausgezogen werden, daß die Bedienelemente von Verstärkereinheit, Rechner und Schreiber dicht beieinander liegen und damit leicht und bequem erreichbar sind.

Nach dem Öffnen der Klappe des Gerätetisches wird der Kompressor auf den Fußboden gestellt.

6.3. Inbetriebnahme des Gerätes (Bild 21)

1. Kompressor, Verstärkereinheit, Rechner und Schreiber über Geräteanschluß (z. B. 117 für Rechner und 123 für Verstärkereinheit), Verteilerdosen und Schukostecker an eine Steckdose mit 220 V~ anschließen. (Die Verbindung aller Gerätebaugruppen mit der gleichen Netzerde ist für die richtige Funktion des Gerätes erforderlich.) Netzspannungsschwankungen von mehr als $\pm 10\%$ sind zu vermeiden!
2. Mit dem mitgelieferten Druckluftschlauch Kompressor und Meßschlitten verbinden (Druckluftzufuhr für Fremdführung).
3. Verbindung Meßschlitten - Verstärkereinheit mit Hilfe der zwei am Meßschlitten nebeneinander befestigten Kabel über Stecker (120 und 121) herstellen.
4. Verstärkereinheit und Rechner durch mitgeliefertes Spezialkabel über Stecker (118 und 119) verbinden.

5. Schreiber über mitgeliefertes Spezialkabel und Stecker (122 an Verstärkereinheit) an die Verstärkereinheit anschließen.
6. Einsetzen der Schreibnadel (Bild 16). (Die Andruckkraft der Nadel soll 0,5 p - 0,2 p betragen. Eine größere Andruckkraft führt zu stärkerer Nadelreibung und damit zu höherer Umkehrspanne, besonders bei kleinen Auslenkungen der Nadel.)
7. Einschalten der Netzschalter von Verstärkereinheit (72 Bild 11), Rechner (89 Bild 13), Schreiber (95 | Bild 14) und Kompressor (111 Bild 18).

Nach der Einlaufzeit der elektrischen Baugruppen (ca. 5 min) ist das Tastschnittgerät betriebsbereit. Soll das Gerät ohne Rechner in Betrieb genommen werden, muß an der Verstärkereinheit der Schalter (74 Bild 11) in Stellung L verbleiben.

Einlegen des Registrierpapiers (Bilder 14, 15 und 17)

Nach dem Druck auf den Knopf (94) lassen sich Abdeckhaube (93) und Schreibsystem (98) nacheinander hochklappen. Durch Seitwärtsdrücken des Hebels (105) öffnen sich die beiden Führungsteller (106), und die Papierrolle kann dazwischengeschoben werden. Damit die Führungsteller (106) die Papierrolle richtig erfassen, ist die Rolle durch leichten Zug an dem Federband (107) in ihrer Höhenlage zu zentrieren. Heranführen des Papieranfanges bis an die Transportrolle (100) und Einschalten des schnellen Papiertransports (Drucktaste 95 \blacktriangledown 6). Das Papier schiebt sich dann von selbst unter den Führungsbänkehen (101) hindurch. Papierlauf anhalten (Drucktaste 95 \odot) und Schreibsystem (98) und Abdeckhaube (93) wieder herunterklappen. Einstellen des gewünschten Kontrastes (Spannung zwischen Nadel und Papier) durch Drehen am Triebknopf (92). Damit ist der Schreiber einsatzfähig.

Nullschrieb als Kontrolle der Aufstellung

Der Nullschrieb ist für die Kontrolle der Schwingungen im Arbeitsraum erforderlich.

1. Taster auf Endmaßfläche (auch Flanglasplatte 8. Ä.) aufsetzen und ausrichten.
2. Meßbereich $\pm 0,5 \mu\text{m}$ (Schalter 56 Bild 11) einstellen (kein Tastervorschub!).

3. Einstellen einer Papiergeschwindigkeit (Drucktasten 95 Bild 14) und Beobachtung des Schriebbildes.

Die im Raum vorhandenen Schwingungen dürfen auf dem Schrieb nicht erkennbar sein. Ist dies jedoch der Fall, so müssen Kompressor und Schreiber auf einer dämpfenden Unterlage aufgestellt werden. Bleibt das Schriebbild trotzdem unbefriedigend, so ist der gewählte Arbeitsraum für die Aufstellung des Tastschnittgerätes ME 10 nicht geeignet, und die Einsatzfähigkeit des Gerätes ist begrenzt. (Arbeiten im Freitastsystem können bei der stärksten Vergrößerung nicht ausgeführt werden. Diese Einschränkung trifft bei Kufenabstützung nicht zu.)

6.4. Abstimmen der Schreibverstärkung auf das Tastschnittgerät ME 10 (Bilder 11, 14 und 15)

Bei Lieferung des Tastschnittgerätes ME 10 ist die Schreibverstärkung bereits annähernd abgestimmt. Der Schreiber ist jedoch auch als Zusatzrichtung für andere Geräte anwendbar. Nach Benutzung des Schreibers in Verbindung mit einem anderen Gerät muß seine Schreibverstärkung wieder auf das Tastschnittgerät ME 10 abgestimmt werden. Dazu sind folgende Arbeitsschritte erforderlich:

1. Schalter (56) auf "0" stellen.
2. Stellknopf (62) so lange drehen, bis Anzeigeelement (60) der Verstärkereinheit "0" anzeigt. Damit ist mittels elektrischer Nullpunktverschiebung ein definiertes Signal ("0") vorgegeben.
3. Drehen des Potentiometers (96) mit Hilfe des Stellknopfes, bis die Schreibnadel (104) genau auf Papiermitte eingestellt ist (Auslenkung der Schreibnadel nur bei eingeschaltetem Papiertransport!).
4. Bei Ausschlag + 30 Skt. bzw. - 30 Skt. am Anzeigeelement (60) der Verstärkereinheit muß die Schreibnadel (104) einen Ausschlag von 15 mm nach rechts bzw. links aufweisen. Ist dies nicht der Fall, so kann eine genaue Einstellung durch Drehen des Potentiometers (97) mittels Stellknopfes erfolgen.

Damit ist die gewünschte Schreibverstärkung genau eingestellt. Eine nochmalige Kontrolle nach ca. einer halben Stunde wird empfohlen.

7. Anwendungsmöglichkeiten des Tasters

Die konstruktiven Besonderheiten des Tasters ermöglichen, Tastschnitte in verschiedenen Variationen mit unterschiedlicher Aussagekraft herzustellen. Dadurch kann mit einem Taster eine große Anzahl unterschiedlicher Meßaufgaben gelöst werden.

Die Herstellung von Tastschnitten ist im Freitastsystem und bei Kufenabstützung möglich.

Das Freitastsystem dient bevorzugt zur Erfassung von Gestaltabweichungen 1. und 2. Ordnung (Formfehler als Abweichung von einer Geraden und Welligkeit). Dabei beziehen sich die Meßwerte zur Bestimmung der entsprechenden Maße und Rechengrößen der Gestaltabweichungen und des Traganteils (Konstruktion der Abtastkurve) zur Herstellung eines Schriebs auf das geometrisch-ideale Profil (Bezugsprofil Gerade).

Das Abtasten mit Kufenabstützung dient bevorzugt zur Erfassung der Gestaltabweichungen 3. bis 5. Ordnung (Rauheit). Damit wird die für die Praxis ausreichende Annäherung an das E-System verwirklicht. Der Vorteil der Kufenabstützung besteht darin, daß das Tasthebelsystem zusammen mit der Kufe nur einen kleinen Meßkreis bildet. Dadurch gehen die möglicherweise durch mechanische Schwingungen hervorgerufenen Störungen nicht in das Meßergebnis ein. Bei Messungen mit Kufenabstützung ist nur eine grobe Ausrichtung des Prüflings erforderlich. Außerdem beeinflussen Gestaltabweichungen 1. Ordnung und Fehler durch Schiefelage des Prüflings das Meßergebnis nicht.

7.1. Möglichkeiten zur Anfertigung von Tastschnitten

Die der Aufzeichnung zugrunde liegende Abtastung des Prüflings kann nach drei Systemen erfolgen.

7.1.1. Freitastsystem Kufe (▼)

Die Kufe gleitet über den Prüfling. Dabei beeinflusst die Diamantnadel die Messung nicht (Bilder 23a und 23b), wenn das Signal dem Meßwertgeber der Kufe (Bild 11 Schalter 67 auf ▼)

entnommen wird. Die Meßwerte beziehen sich hier auf die durch die Tasterführung gegebene Gerade (geometrisch-ideales Profil). Der Profilschrieb stellt je nach Wahl des Kufenradius ein Hüllprofil oder das Formprofil dar.

Beim Einsatz des Rechners erfaßt man den Abstand zwischen Hüllprofil und geometrisch-idealem Profil als Wellentiefe und den Hüllprofil-Traganteil.

7.1.2. Freitastsystem Nadel (▼)

Die Diamantnadel gleitet über den Prüfling, den die Kufe nicht berührt, denn sie muß nach oben geklappt (Bild 23c) oder herausgenommen (Taster 10) werden. Das Signal wird dem Meßwertgeber Nadel (Bild 11 Schalter 57 auf ▼) entnommen. Die Meßwerte beziehen sich hierbei auf die durch die Tasterführung gegebene Gerade (geometrisch-ideales Profil).

Der Profilschrieb stellt das Istprofil (Formfehler, Welligkeit und Rauheit gemeinsam) dar.

Beim Einsatz des Rechners erfaßt man:

Mit cut-off die elektrisch gefilterte Rauhtiefe R_t und die dazugehörigen Werte für R_p , R_a und den Rauheitstraganteil

ohne cut-off die Profiltiefe P_t (analog dem Schrieb) und den Gesamttraganteil.

7.1.3. Kufenabstützung (▼)

Die Diamantnadel stützt sich gegen die Kufe ab (mechanische Filterung). Kufe und Nadel gleiten gemeinsam über den Prüfling (Bild 23a), wobei das Signal dem Meßwertgeber Nadel (Bild 11 Schalter 57 auf ▼) entnommen wird und die Kufe das Meßergebnis beeinflusst. Die Meßwerte beziehen sich in Annäherung an das E-System auf die von der Kufe erfaßte Hüllkurve (Hüllprofil). Um bei Anwendung des Tasters 10 ein wandfreies Arbeiten in den beiden um 90° gegeneinander versetzten Abstützungen der Kufen zu garantieren, müssen die Nullagen von Nadel und Kufe übereinstimmen. Diese Übereinstimmung kann durch Justieren der Kufenhöhe (Abschn. 8.1.5.) erreicht werden.

Der Profilschrieb stellt die Wiedergabe eines Oberflächenprofils dar, das vom Kufenradius abhängig ist.

Die Meßwerte werden durch den Abstand a zwischen Kufe und Nadel (Bild 2) geringfügig verfälscht.

Beim Einsatz des Rechners erfaßt man:

Mit cut-off die mechanisch und elektrisch gefilterte Rauhtiefe R_t und die dazugehörigen Werte für R_p , R_a und den Rauheitstraganteil

ohne cut-off die mechanisch gefilterte Rauhtiefe R_t und die dazugehörigen Werte für R_p , R_a und den Rauheitstraganteil.

7.2. Wahl des Tastersystems

Die Wahl einer geeigneten Abtastung richtet sich allein nach den Meßaufgaben. Sie ist von Fall zu Fall in Abhängigkeit von den jeweils gültigen Normen zu treffen. Als grundlegende Richtlinien können die folgenden gelten.

7.2.1. Freitastsystem Kufe (Bilder 23a und 23b)

Zur Bestimmung der Maße der Gestaltabweichungen 1. und 2. Ordnung (Formfehler und Welligkeit).

7.2.2. Freitastsystem Nadel (Bild 23c)

Zur Bestimmung der Maße der Gestaltabweichungen 1. bis 5. Ordnung (Formfehler, Welligkeit und Rauheit), Besonders zur Anfertigung eines Profilschriebs bei $R_t > 1 \mu\text{m}$ und für die Ermittlung des Gesamttraganteils gewählt.

7.2.3. Kufenabstützung (Bild 23a)

Zur Bestimmung der Maße der Gestaltabweichungen 3. bis 5. Ordnung (Rauheit). Zur Messung der Rauhtiefenmaße R_t , R_p und R_a mit Rechner (wegen geringer Justierarbeiten) geeignet.

Die Kufenabstützung empfiehlt sich besonders für Rauhtiefen $R_t < 1 \mu\text{m}$, da bei der notwendigen starken Vergrößerung hohe Empfindlichkeit gegen Gebäudeschwankungen besteht, Verfälschungen durch die Welligkeit auf Grund der feinen Bearbeitung jedoch kaum zu erwarten sind.

Die Messung mit Kufenabstützung ist für große Prüflinge (direkt auf Grundplatte aufgelegt) und sehr große Prüflinge (in Verbindung mit dem Meßkopfhalter T) sehr vorteilhaft.

Für die R_t -Messung zylindrischer Prüflinge erfordert die Kufenabstützung nur einen geringen Justieraufwand.

7.3. Arbeitsstellungen der Tastorgane

Der Krümmungsradius der Tastorgane (Nadel und Kufe) beeinflußt das Meßergebnis wesentlich (Bild 2). Die mit einem Spitzenradius $\approx 2 \mu\text{m}$ versehene Diamantnadel dient zur Erfassung der Rauheit (Gestaltabweichungen 3. bis 5. Ordnung). Mit den auswechselbaren Kufen verschiedener Radien lassen sich Formfehler und Welligkeiten (Gestaltabweichungen 1. und 2. Ordnung) erfassen. Der jeweilige Kufenradius ist auf der Stirnfläche der Kufe eingraviert. Außerdem sind alle Kufen unabhängig vom Krümmungsradius exzentrisch zur Aufnahmeachse des Hebelsystems ausgeführt, so daß die Lage der Kufe auf dem Tasthebel beachtet werden muß.

7.3.1. Annäherung an das E-System (Bild 23a)

Die an der Stirnfläche der Kufe eingravierte Zahl (z. B. 25) steht aufrecht, und der Punkt ist dem Prüfling zugewandt $(\frac{25}{\bullet})$. Bei genau ausgerichteter, ebenem Prüfling bestehen nur geringe Abweichungen zwischen den Nullagen der beiden Tasthebel. Diese Abweichungen lassen sich durch elektrische Nullpunktverschiebung mittels Stellknopfes (62 Bild 11) ausgleichen. Bei Taster 10 können durch die mögliche Tastpunktverlagerung größere Unterschiede zwischen Kufennull und Nadelnull auftreten. Diese sind dann nach Abschn. 8.1.5. zu justieren.

Bei dieser Kufenstellung liefert der Meßwertgeber Kufe das auf das geometrisch-ideale Profil bezogene Form- oder Hullprofil. Durch Umschalten der Verstärkereinheit auf Meßwertgeber Nadel erhält man dann, unter Berücksichtigung der Horizontalversetzung zwischen Kufe und Nadel (Bild 2), die Rauheit, bezogen auf das von der Kufe beschriebene Hullprofil. In dieser Kufenlage können Messungen mit Kufenabstützung (Abschn. 7.1.3.) und im Freitastsystem Kufe (Abschn. 7.1.1.) durchgeführt werden.

7.3.2. M-System (Bilder 23b und 23c)

Die an der Stirnfläche der Kufe eingravierte Zahl steht kopf, und der Punkt ist dem Prüfling abgewandt $(\frac{\bullet}{25})$. Infolge der exzentrischen Kufe liegen die Nullpunkte der Tasthebel nur bei geklemmtem Kufenhebel etwa auf gleicher mechanischer Höhe. Die Tasthebel können also bei gleicher Ausrichtung des Prüflings nur getrennt zum Einsatz kommen.

Bei dieser Stellung der Kufe werden Messungen im Freitastsystem durchgeführt. Die Meßwerte der Kufe (Form- und Hullprofil) bzw. der Nadel (Istprofil) beziehen sich auf die durch die Tasterführung gegebene Gerade (geometrisch-ideales Profil).

7.3.3. Drehen der Kufe (Bild 22)

Nach dem Lösen des Gewindestiftes (125) läßt sich die Kufe um ca. 2 mm vorziehen und danach in die gewünschte Lage $(\frac{25}{\bullet})$ oder $(\frac{\bullet}{25})$ (Drehung um jeweils 180°) drehen. Die Madenschraube sichert die Kufe gleichzeitig gegen Herausrutschen und Verdrehen gegenüber dem Hebelarm des Tasters. Beim Zurückschieben ist also darauf zu achten, daß die Madenschraube (125) zwischen der Aussparung des Kufenhalters liegt. Nach Festziehen der Madenschraube (125) ist der Taster einsatzbereit.

Die Kufen des Tasters 10 lassen sich zur Tastpunktverlagerung um 90° drehen. Dazu sind die Blattfedern beiseite zu drücken. Vorsicht, um eine Beschädigung der Tastnadel zu vermeiden.

7.3.4. Auswechseln der Kufe (Bild 22)

Das Auswechseln der Kufe sollte mit größter Vorsicht erfolgen, da nach Abziehen der Kufe der Tasthebel mit Diamantnadel ungeschützt ist.

Arbeitsgang beim Kufenwechsel:

Lösen der Madenschraube (125) - vorsichtiges Abziehen der Kufe - vorsichtiges Aufheben der Kufe mit dem gewünschten Krümmungsradius - Festziehen der Madenschraube (125).

Die Kufe des Tasters 10 läßt sich nach oben herausnehmen, wenn die Blattfedern vorsichtig beiseite gedrückt werden.

7.3.5. Arbeitsstellungen von Tastorganen und Schaltern

(Bilder 7, 9, 11 und 23)

Um die unter 7.1.1. bis 7.1.3. bzw. 7.2.1. bis 7.2.3. beschriebenen Tastsysteme anwenden zu können, sind folgende Taster- und Schalterstellungen zu wählen:

Tabelle 3. Arbeitsstellungen von Tastorganen und Schaltern

	1	2	3
	Freitastsystem Kufe: 	Freitastsystem Nadel: 	Kufenabstützung: 
Bild	23a oder 23b	23c	23a
Kufenlage ¹⁾	 oder 		
Kufenstellung ¹⁾ dazu Knopf (40)	nach unten geklappt nach links drehen	nach oben geklappt nach rechts drehen	nach unten geklappt nach links drehen
Meßwertgeberschalter(67)	auf 	auf 	auf 
Eingestellter Meßbereich (56)	beliebig gewählt	beliebig gewählt	$\pm 100 \mu\text{m}$ Durch Veränderung der Tischhöhe (Höhentrieb 50) Anzeige "0" am Anzeigerät (60) einstellen
Meßwertgeberschalter (67) umschalten	-	-	auf  Am Anzeigerät (60) auftretende Differenz durch elektrische Nullpunktverschiebung (62) korrigieren, bis Anzeige "0" wieder hergestellt ist ²⁾

1) Bei Arbeit mit dem Taster 10 muß für Messungen im Freitastsystem Nadel die Kufe vorsichtig nach oben abgenommen werden.

2) Läßt sich diese Anzeigedifferenz bei Benutzung des Tasters 10 nicht durch Nullpunktverschiebung korrigieren, so ist die Kufenhöhe nach Abschn. 6.1.5. zu justieren.

8. Durchführung der Messungen

Verstärkereinheit und Rechner benötigen für genaueste Messungen eine Anlaufzeit von etwa 30 Minuten vor Einschalten an (Schalter 72 und 89). Die Anlaufzeit des Kompressors bis zur Stabilisation des Speisedruckes beträgt etwa 5 Minuten. Der Schreiber ist in etwa einer Minute betriebsbereit.

Darüber hinaus ist für genaueste Messungen, die eine längere Zeit in Anspruch nehmen (wie z. B. die Messung der Ebenheit von großen Längen mit einer Vergrößerung > 10 000fach), thermische Stabilisation der elektrischen und mechanischen Baugruppen wichtig. Die Temperaturänderung im Meßraum für die Dauer solcher Messungen soll etwa 1°C bis 2°C nicht überschreiten.

Die oben genannten Forderungen genau einzuhalten ist für die im allgemeinen üblichen Messungen von R_t , R_a , R_p und t_p über kürzere Strecken nicht erforderlich, da sich die Messung jeweils nur über eine sehr kurze Zeitspanne erstreckt. Bei kurzzeitigen Messungen kann also bereits nach etwa 5 Minuten Anlaufzeit der Verstärkereinheit und des Rechners mit der Messung begonnen werden.

Die zur Vorbereitung der Messung, d. h. Vorbereitung des Prüflings und Justieren des Gerätes, benötigte Zeit ist in den meisten Fällen die gleiche wie die Anlaufzeit der elektrischen Baugruppen. Demzufolge tritt bis zum Erreichen brauchbarer Meßergebnisse keine Leerlaufzeit auf.

Um Beschädigungen der Führungsbahnen zu vermeiden, läßt sich der Meßschlittenvorschub nur anschalten, wenn dem Meßschlitten die erforderliche Druckluft zur Verfügung steht. Fällt die Druckluftzufuhr während der Messung aus, dann sorgt ein Druckluftschalter für das automatische Abschalten des Meßschlittenvorschubs.

Vor Beginn der Justierarbeiten und anschließender Messungen ist die Kufe mit dem gewünschten Radius auf den Tasthebel aufzuschieben, in die der Meßart entsprechende Lage ( oder ) zu drehen (s. Abschnitt 7.3.) und festzuklemmen.

Es ist darauf zu achten, daß der Rechner nur dann eingeschaltet wird, wenn die Verbindung zwischen Verstärkereinheit (119 Bild 21) und Rechner (118) hergestellt und die Verstärkereinheit eingeschaltet ist.

8.1. Justieren des Gerätes und der Prüflinge

8.1.1. Justieren der elektrischen Baugruppen (Bilder 11 und 13)

Neben der Justierung des Prüflings sind die Nullpunkte an den Anzeigeinstrumenten (60 bzw. 78) der Verstärkereinheit und des Rechners zu kontrollieren und, wenn notwendig, genau einzustellen. Zur mechanischen Nullpunktjustierung vor dem Einschalten (Schalter 72 bzw. 89) dient jeweils eine Schraube (76 bzw. 91) unterhalb der Skale des Anzeigeinstrumentes. Nach etwa 30 Minuten Anlaufzeit ist am Anzeigeinstrument (78) des Rechners der Nullpunkt elektrisch nachzujustieren. Dazu dient die Schraube (88) an der Frontseite des Rechners. Der Schalter (80) muß auf "R_z" eingestellt sein.

8.1.2. Justieren kleiner Prüflinge (Bilder 5, 9 und 11)

Zur Justierung kleiner Prüflinge sind folgende Arbeitsgriffe durchzuführen:

1. Prüfling auf den justierbaren Objektisch (10) oder in das auf den Objektisch zu stellende V-Lager (49) legen.
2. Leicht verrückbare Prüflinge mit Objektklemme befestigen.
3. Am Meßbereichschalter (56) größten Bereich ($\pm 100 \mu\text{m}$) einstellen.
4. Schalter (67) auf  stellen.
5. Kufe durch Drehen des Knopfes (40 Bild 7) nach links in Arbeitsstellung bringen. Weitere Justierarbeiten nur bei heruntergeklappter Kufe! (Bei heruntergeklappter Kufe zeigt das Anzeigeinstrument [60] der Verstärkereinheit Vollausschlag nach links, bei hochgeklappter Kufe Vollausschlag nach rechts.)

6. Klemmhebel (26) nach vorn ziehen und durch Drehen des Handrads (25) den Meßschlitten (12) mit Taster (11) bis nahe an den Prüfling senken. Dabei den Abstand zwischen Prüflingsoberfläche und Tastorgan ständig beobachten.
7. Meßkopf weiter senken unter Beobachtung der Anzeige (60) an der Verstärkereinheit. Sobald sich der Zeiger von links zur Mittelstellung bewegt hat, befindet sich die Kufe in der Mittelstellung.
8. Klemmen des Hebels (26), wodurch der Höhentrieb ausgekuppelt wird.
9. Leichte Höhenverlagerung beim Klemmen an justierbaren Objektisch (10) oder mit Hilfe der elektrischen Nullpunktverschiebung (62) ausgleichen.
10. Gewünschte Bezugsstrecke durch Verschieben der Endanschläge (22 und 24) am Meßschlitten einstellen.
11. Einschalten des Meßschlitten-Vorschubs (nur bei Luftzufuhr möglich) durch Drücken des Kippeschalters (69) nach links oder rechts.
12. Tritt beim Abfahren des Prüflings eine Abwanderung des Zeigers am Anzeigeinstrument (60) auf (hervorgerufen durch Schiefelage der Prüflingsoberfläche zur Geradföhrung des Tasters), so ist durch Drehen des Knopfes (46) der Objektisch um seine y-Achse zu schwenken, bis Stillstand des Zeigers und damit Parallelität erreicht ist.
13. Erneute Höhenjustierung durch Drehen des Knopfes (50), falls bei Einstellung der Parallelität eine Abwanderung des Zeigers (60) aus dem Anzeigebereich auftritt.
14. Wiederholung der Justierung von Parallelität und Höhe in kleineren Meßbereichen föhrt zu sehr genauer Abtastung. Die Justierung ist dann vollkommen, wenn im kleinsten Meßbereich ($\pm 0,5 \mu\text{m}$) keine Abwanderung des Zeigers (60) beim Abtasten mehr beobachtet wird (nur bei idealen Planplatten als Prüflinge möglich).

Im allgemeinen gilt:

Beim Abtasten der Prüflingsoberfläche mit Kufenabstützung (s. Tab. 2, Spalte 3 und Bild 23a) genügt die Justierung im größten Meßbereich ($\pm 100 \mu\text{m}$).

Beim Abtasten der Prüflingsoberfläche im Freitastsystem (s. Tab. 2, Spalten 2 und 1 und Bilder 23a, b, c) muß die Justierung in dem Meßbereich wiederholt und abgeschlossen werden, in dem die Messung vorgesehen ist.

15. Beim Abtasten zylindrischer Prüflinge in ihrer Achsrichtung muß neben der Drehung des Objektisches um die y-Achse auch eine Drehung um die z-Achse sowie eine Verschiebung in y-Richtung mittels Meßspindel (47) erfolgen. Eine Anschlagleiste für das V-Lager (49) ermöglicht, nach einmaliger Justierung, beliebig häufiges Wechseln der Prüflinge ohne nochmaliges Justieren.

8.1.3. Justieren großer Prüflinge (Bilder 5 und 34)

Für zylindrische Prüflinge, die nicht auf dem justierbaren Objektisch (10) untergebracht werden können, ist die Nut (27) im Grundbett angebracht. Die Justierung der Meßschlittenbewegung zu der Nut (27) erfolgt vom Werk aus so genau, daß einfache Prüfaufgaben (Kufenabstützung) ohne zusätzliche Justierung durchführbar sind.

8.1.4. Justieren beim Messen sehr großer Prüflinge (Bilder 11 und 19)

Zur Messung sehr großer Prüflinge direkt an der Bearbeitungsmaschine dient der Meßkopfhalter T (s. Abschnitt 5.9.). Ist der Meßkopf mit Halter auf den Prüfling aufgesetzt, so sind die beiden Triebspindeln (113) so lange nach oben zu drehen, bis das Tastorgan auf dem Prüfling aufliegt. Zum Ausrichten des Tasters folgende Justierhilfe:

Tabelle 4. Justierhilfe für die Anwendung des Meßkopfhalters T

Zeigerabwanderung am Anzeigeelement (60) der Verstärkereinheit	Höhenversetzung des Meßkopfes durch Betätigen der Triebspindeln (113)	Justierung durch Triebspindeln bei Tastrichtung nach	
		links ←	rechts →
	rechte (113) und linke Triebspindel ↑	linke Triebspindel ↑	rechte Triebspindel (113) ↑
	rechte (113) und linke Triebspindel ↓	linke Triebspindel ↓	rechte Triebspindel (113) ↓

8.1.5. Justieren der Kufenhöhe

Ein Justieren der Kufenhöhe ist nur bei der Arbeit mit dem Taster 10 erforderlich. Folgende Arbeitgänge sind dabei durchzuführen:

1. Prüfling in Freitastsystem Kufe ausrichten (s. Abschn. 8.1.2.).
2. Elektrische Nullpunktverschiebung in Mittelpunktlage bringen: Schalter (56 Bild 11) auf "0" stellen und durch Drehen des Stellknopfes (62) am Anzeigeelement (60) Anzeige 0 einstellen.
3. Höhenverstellung des Objektisches mittels Triebknopfes (50), bis Anzeige 0 erreicht ist.
4. Abweichung zwischen Nullage von Nadel und Kufe feststellen: Schalter (67) auf ∇ umschalten und Zeigerausschlag am Anzeigeelement (60) beobachten. Falls die Anzeige $\pm 5 \mu\text{m}$ überschreitet, ist die Kufe wie folgt zu justieren.

5. Nulllage der Kufe justieren: Schalter (67) auf  zurück-schalten und die Schraube am Kufenkopf so lange mit einem Schraubenzieher verstellen, bis die Kufenanzeige der im Arbeitsgang 4. ermittelten Nadelanzeige entspricht. (Herausdrehen der Schraube ergibt eine Verkleinerung, Hineindrehen eine Vergrößerung des Anzeigewertes.)

Nach Beendigung des Justierens ist eine Kontrolle der Null-lagen durchzuführen (Wiederholung der Arbeitsgänge 3. und 4.).

B.2. Anfertigen von Profilschrieben (Bilder 11 und 14)

Das mit folgenden Symbolen ausgestattete Drucktastensystem des Schreibers enthält die wesentlichsten Bedienelemente:

Tabelle 5. Bedeutung der Tasten des Drucktastensystems am Schreiber

Symbol	Bedeutung	Papier-vorschub Geschwin-digkeit	Schreibnadel
	Einschalten des Schreibers	-	-
○	Ausschalten des Schreibers	-	-
	Papiervorschub langsam	1 mm/s	vom Meßsignal angesteuert Schrieb
	Papiervorschub schnell	4 mm/s	
	Papiervorschub sehr schnell	10 mm/s	aufgezeichnet
	Papierrücklauf	≈ 200 mm/s	Meßsignal abgeschaltet
	Anhalten des Papier-vorschubs	-	

Profilschriebe sind im Rechtslauf des Tasters (Schalter 69 nach rechts drücken) anzufertigen, weil man damit ein seitenrichtiges Abbild der abgetasteten Oberfläche erhält. Das Schreiben im Linkslauf des Tasters ist nur für Orientierungsschriebe oder als Justierhilfe anzuwenden.

Durch Variation des Papiervorschubs v_p (Drucktastensystem 95) und der Tastgeschwindigkeit v_s (Schalter 68) wird die Horizontalvergrößerung H_v wie folgt beeinflusst:

$$H_v = \frac{v_p}{v_s}$$

Tabelle 6. Horizontalvergrößerungen bei verschiedenen Papier- und Tastgeschwindigkeiten

Papier-vorschub v_p in $\mu\text{m/s}$	Tastgeschwindigkeit v_s in $\mu\text{m/s}$	Horizontalvergrößerung H_v	Tastweg auf 10-mm-Schrieb in μm
1 000	10	100fach	100
	100	10fach	1 000
	1 000	1fach	10 000
4 000	10	400fach	25
	100	40fach	250
	1 000	4fach	2 500
10 000	10	1 000fach	10
	100	100fach	100
	1 000	10fach	1 000

Tabelle 7. Vertikalvergrößerungen beim Anfertigen eines Schriebes

Meßbereich in μm	Skalenwert (Verstärker-einheit) in μm	Skalenwert (Schreiber) in μm	Vertikal-vergrößerung V_v	Meßwert auf 10-mm-Schrieb in μm
± 100	2	8	250fach	40
± 50	1	4	500fach	20
± 25	0,5	2	1 000fach	10
± 10	0,2	0,8	2 500fach	4
± 5	0,1	0,4	5 000fach	2
± 2,5	0,05	0,2	10 000fach	1
± 1	0,02	0,08	25 000fach	0,4
± 0,5	0,01	0,04	50 000fach	0,2

Mit geeigneter Wahl der Tast- und Papier-Vorschubgeschwindigkeit läßt sich eine Erhöhung der Aussagekraft des Schriebs erreichen.

Zur Anfertigung von Profilschrieben kann jede beliebige Bezugstrecke innerhalb der Meßstrecke (0 bis 100 mm) abgetastet werden.

8.3. Arbeiten mit dem Rechner (Bilder 5, 11 und 13)

Zur Ermittlung der Gestaltabweichungen mit dem Rechner muß dieser an die Verstärkereinheit angeschlossen sein und der Schalter (74) auf \square stehen. Steht der Schalter (74) auf \square , so wird das von der Verstärkereinheit kommende Meßwertsignal nicht an den Rechner weitergegeben. Die Beachtung folgender Gesichtspunkte ist die Grundlage für die einwandfreie Arbeit des Rechners:

1. Tastgeschwindigkeit 1000 $\mu\text{m/s}$ einstellen (68)!
2. Tastrichtung von links nach rechts, d. h. Schalter (69) nach rechts drücken, da bei Linkslauf (Schalter 69 nach links gedrückt) sofortige Löschung der Anzeige (78) erfolgt.
3. Meßbereich so wählen (56), daß die Verlaufswertanzeige (60) innerhalb der Bezugstrecke möglichst groß ist, aber den Meßbereich nicht überschreitet. (Achtung! Das Anzeigeelement [60] kann infolge seiner Trägheit nicht allen kurzzeitigen Meßwertveränderungen folgen. Bereichsüberschreitungen sieht man also nur auf dem Registrierpapier oder bei langsamem Abtasten.)
4. Bei der Wahl von Bezugstrecken ohne cut-off muß die Verlaufswertanzeige (60) die Mittellinie "0" überschreiten, da sich die Anzeige (78) aus dem Maximalwert > 0 und dem Minimalwert < 0 des Verlaufswertes zusammensetzt, und andernfalls Fehlergebnisse erzielt werden.
5. Bei der Wahl der Bezugstrecken (Schalter 83) ist darauf zu achten, daß den Bezugstrecken 2,5 mm und 8 mm zwangsläufig der cut-off 0,8 mm bzw. 2,5 mm zugeordnet ist. Damit ergibt sich:

R_a kann nur über die Bezugstrecken 2,5 mm und 8 mm ermittelt werden. Die am Schalter (83) vorgegebene Bezugstrecke muß unbedingt mit der am Meßschlitten mittels Stellknöpfen (22, 24) eingestellten Bezugstrecke übereinstimmen, andernfalls erhält man ein falsches Meßergebnis.

R_p ; R_t ; W_t ; F_t können über jede beliebige Bezugstrecke innerhalb der Meßstrecke (0 bis 100 mm) ermittelt werden. Die am Schalter (83) eingestellte Bezugstrecke beeinflußt das Meßergebnis nicht, so daß es möglich ist, am Meßschlitten mittels Stellknöpfen (22, 24) auch jeden Zwischenwert (z.B. 6 mm, 10 mm, 80 mm) einzustellen. Der Schalter (83) dient bei diesen Messungen nur zum Zuschalten (bei R_p und R_t) bzw. Abschalten (bei W_t und F_t) des cut-off.

6. Bei den t_p -Messungen müssen die im Meßschlitten (22, 24) und am Rechner (83) eingestellten Bezugstrecken unbedingt übereinstimmen. Eine Ausnahme bilden die Bezugstrecken 8 mm, 12,5 mm bzw. 40 mm (am Meßschlitten eingestellt), bei denen am Rechner 16 mm, 25 mm bzw. 80 mm eingeschaltet werden können. Das Endergebnis ist dann mit dem Faktor 2 zu multiplizieren.
7. Die Ermittlung des Rauheitstraganteils erfolgt über eine der mit cut-off versehenen Bezugstrecken (2,5 mm bzw. 8 mm). Stellt man Schnitttiefenschalter (79) auf den Wert 50, so erhält man als Ergebnis den Traganteil im mittleren Profil (127 Bild 27). Die Schnitte können dann vom mittleren Profil aus nach + 50% und - 50% vom Meßbereich verschoben werden.
8. Sobald der Schnitt bei der t_p -Messung im Vollmaterial verläuft, zeigt das Anzeigeelement (78) 100%. Durch Fehler der RC-Glieder im Rechner und Schwankungen der Netzfrequenz kann die Anzeige um den Wert 100% schwanken (z.B. auf 98% absinken). Ist dies der Fall, so muß für die entsprechende Bezugstrecke der Traganteil auf 100% umgerechnet werden.

Die Reihenfolge der Arbeitsgänge zur Ermittlung der Maße der Gestaltabweichung durch den Rechner ist aus den Tabellen 8, 9 und 11 ersichtlich.

Tabelle 8. Arbeitsgänge zur P_t - und W_t -Ermittlung mit dem Rechner

		P_t	W_t
1	Justieren des Prüflings	Objektisch um y-Achse schwenken (siehe Abschnitt 8.1.2.)	
2	Arbeitsstellung der Tastorgane	nach Tabelle 3; 	nach Tabelle 3; 
3	Schalterstellung (74)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Meßwertschalter (80)	auf P_t	auf W_t
5	Bezugsstreckbegrenzung (22, 24)	beliebig, bis maximal 100 mm	
6	Bezugsstreckenschalter (83)	beliebig, außer 2,5 mm und 8 mm	
7	Meßbereichschalter (56)	je nach Oberflächenbeschaffenheit	
8	Schalter (69) für Tasterbewegung	von links (linke Endstellung des Tasters) nach rechts drücken, d. h., Bezugsstrecke von links nach rechts abtasten lassen	
9	Anzeige am Rechner (78)	ablesen	
10	Skalenwert (75) an Verstärkereinheit	aufleuchtendes Feld ablesen	
11	Multiplikation	der Anzeige (78) mit dem Skalenwert der Leuchtfeldblende (75)	
12	Beispiel: Leuchtfeld (75) <u>Anzeige (78)</u> Ergebnis	Meßbereich $\pm 25 \mu\text{m}$ $0,5 \mu\text{m}$ Skalenwert <u>20 Skalenteile</u> P_t bzw. $W_t = 0,5 \cdot 20 = 10 \mu\text{m}$	

Tabelle 9: Arbeitsgänge zur R_t , R_p und R_a -Ermittlung mit dem Rechner

		R_t	R_p	R_a
1	Justieren des Prüflings	Objektisch um y-Achse schwenken (siehe Abschnitt 8.1.2.)		
2	Arbeitsstellung der Tastorgane	nach Tabelle 3; 	oder 	
3	Schalterstellung (74)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Meßwertschalter (80)	auf R_t	auf R_p	auf R_a
5	Bezugsstreckbegrenzung (22, 24)	beliebig, bis maximal 100 mm		
6	Bezugsstreckenschalter (83)	2,5 mm oder 8 mm		
7	Meßbereichschalter (56)	je nach Oberflächenbeschaffenheit wählbar		
8	Schalter (69) für Tasterbewegung	von links (linke Endstellung des Tasters) nach rechts drücken, d. h., Bezugsstrecke von links nach rechts abtasten lassen		
9	Anzeige (78) am Rechner	ablesen		
10	Skalenwert (75) an Verstärkereinheit und Zuleufaktor (90) am Rechner	aufleuchtendes Feld (75) ablesen		
11	Multiplikation	der Anzeige (78) mit dem Skalenwert der Leuchtfeldblende (75)		
12	Beispiel: Leuchtfeld (75) Leuchtfeld (90) Anzeige (78) Ergebnis	Meßbereich $\pm 25 \mu\text{m}$ $0,5 \mu\text{m}$ Skalenwert <u>1 Skalenteile</u> R_t bzw. $R_p = 0,5 \cdot 1 \cdot 20 = 10 \mu\text{m}$ $R_a = 0,2 \cdot 0,2 \cdot 25 = 1,0 \mu\text{m}$		

Die Ermittlung von R_p kann, außer wie in Tabelle 9 angegeben, auch über R_t erfolgen. Nachdem R_t mit Hilfe der Tabelle 9 bestimmt wurde, ist der Schalter (80) sofort von R_t auf R_p umzuschalten. Eine erneute Ablesung der Anzeige (78) und des Leuchtfeldes der Leuchtfeldblende (75) liefert nach Multiplikation beider Werte das Maß für R_p . Damit lassen sich R_t und R_p bei einmaligem Abtasten des Prüflings ermitteln.

Bei den t_p -Messungen entsprechen die am Schalter (79) angegebenen Zahlen den Schnitttiefen c in Prozent des am Schalter (56) eingestellten Meßbereichs.

Tabelle 10. Schnitttiefen für die verschiedenen Meßbereiche

Schalterstellung (79) = Schnitttiefe c in %	Meßbereich (Schalter 56) in μm							
	± 100	± 50	± 25	± 10	± 5	$\pm 2,5$	± 1	$\pm 0,5$
	Schnitttiefe c in μm							
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	20	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1
20	40	20	10	4	2	1	0,4	0,2
30	60	30	15	6	3	1,5	0,6	0,3
40	80	40	20	8	4	2	0,8	0,4
50	100	50	25	10	5	2,5	1	0,5
60	120	60	30	12	6	3	1,2	0,6
70	140	70	35	14	7	3,5	1,4	0,7
80	160	80	40	16	8	4	1,6	0,8
90	180	90	45	18	9	4,5	1,8	0,9
100	200	100	50	20	10	5	2	1

Bei einem Meßbereich von $\pm 5 \mu\text{m}$ (10 μm) muß man sich das Oberflächenprofil aller 10 Skalenteile innerhalb des Verlaufswertes (Anzeigeeinstrument [60]) oder den Profilschrieb aller 5 mm geschnitten vorstellen.

Tabelle 11. Arbeitsgänge zur t_p -Ermittlung mit dem Rechner

	Profiltraganteil	Hüllprofiltraganteil	Rauheitstraganteil
1 Justieren des Prüflings	nach Abschnitt 8.1.2.		
2 Arbeitsstellung der Tastorgane	nach Tab. 3; 	nach Tab. 3; 	nach Tab. 3;  oder 
3 Schalterstellung (67)			
4 Schalterstellung (74)			
5 Meßwertschalter (80)	auf R_p	auf R_p	auf R_p
6 Bezugsstreckenschalter (83) und Bezugsstreckenbegrenzung (22, 24)	beliebig, außer 2,5 mm und 8 mm		2,5 mm oder 8 mm
7 Meßbereichschalter (56)	beliebig, aber möglichst großen Verlaufswertausschlag am Anzeigeeinstrument (60), damit viele Schnitte durchführbar		
8 Schalter (69)	von links (linke Endstellung des Tasters) nach rechts drücken, d. h., Bezugsstrecke abtasten lassen		-
9 Anzeige (78) am Rechner	ablesen		-
10 Differenz	zu 50 Skalenteilen bilden		-
11 Beispiel: Anzeige (78) Ausschlag Ergebnis	42 Skalenteile <hr/> 50 Skalenteile <hr/> + 8 Skalenteile (Korrekturwert)		-

12	Anzeige (60) an Verstärkereinheit	ablesen	-
13	Nullpunktverschiebung (62 oder 50 Bild 9)	so lange, bis der Korrekturwert der Anzeige (60) hinzugefügt ist	-
14	Beispiel: Anzeige (60) Korrekturwert Ergebnis	+ 24 Skalenteile + 8 Skalenteile + 32 Skalenteile	-
15	Wiederholung	der Punkte 8 bis 14 so lange, bis die Anzeige (78) 50 Skt. beträgt. Die Schnittlinie $c = 0$ deckt sich nun mit dem Bezugsprofil (126)	-
16	Meßwert-schalter (80)	auf t_p stellen	
17	Schnitttiefe c (79)	in % vom Meßbereich (siehe auch Tabelle 10), ausgehend vom Bezugsprofil (126)	in % vom Meßbereich, ausgehend vom mittleren Profil (127)
18	Schalter (69) für Tasterbewegung	von links (linke Endstellung des Tasters) nach rechts drücken, d. h., Bezugsstrecke abtasten lassen	
19	Anzeige (78) am Rechner	ablesen (Traganteil in %)	
20	Wiederholung	der Punkte 16 bis 18 mit verschiedenem c	
21	Konstruktion	der Abbotschen Kurve (Bild 27) liefert eindeutige Aussage über die Materialverteilung innerhalb des vorliegenden Oberflächenprofils	

9. Kontrolle des Tastschnittgerätes ME 10

(Bilder 11, 13 und 14)

Das Tastschnittgerät ME 10 kann hinsichtlich seiner Funktionstüchtigkeit in gewissen Zeitabständen vom Kunden selbst überprüft werden. Die im folgenden angegebenen Toleranzen gelten für Netzennennspannung und Netzennennfrequenz. Für die Kontrolle ist das Einsetzen des Tasters in den Meßschlitten nicht notwendig. Folgende Arbeitsgänge sind dabei durchzuführen:

1. Mechanische Einstellung der Nullpunkte an den Anzeigeelementen (60, 78) der Verstärkereinheit und des Rechners mittels Stellschrauben (76, 91) im ausgeschalteten Zustand.
2. Einschalten aller Baugruppen mit Hilfe der Netzschalter (72, 89 und 111) bzw. der Drucktaste (95).
3. Einlaufzeit der Baugruppen abwarten.
4. Kontrolle der Verstärkereinheit:
Schalter (74) auf \perp stellen.
Schalter (56) auf \blacktriangledown stellen.
Anzeigeelement (60) ablesen, an dem 50 Skt. \pm 1,5 Skt. angezeigt werden müssen.
5. Kontrolle des Schreibers:
Die Kontrolle des Schreibers erfolgt nach Abschnitt 6.4.
6. Kontrolle des Rechners:
Schalter (69) nach links, so daß der Meßschlitten in der linken Endstellung steht. Schalter (80) auf R_c und, falls erforderlich, mittels Stellschraube (88) am Anzeigeelement (78) "0" einstellen.

Tabelle 12: Kontrolle der Rechenwerte

Arbeitstagung	Rechenwert				
	t_p	R_p	R_t	R_a	W_t bzw. P_t
Schalter (66) auf Tastgeschwindigkeit	1000 $\mu\text{m/s}$				
Schrittiefenschalter (79) auf	100	beliebig			
Werteerschalter (80) auf	t_p	R_p	R_t	R_a	$W_t; P_t$
Besugstrecken-schalter (83) auf	beliebig, aber gleich	8 mm		8 mm	80 mm
Besugstreckenbegrenzung (22,24)		8 mm		16 mm	80 mm
Weßbereichschalter (56) auf	beliebig	▼	▼	▼	0
Schalter (74) auf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
elektrische Höhenfeineinstellung (62)	nicht betätigen				drehen bis Anzeige (60) auf "0"
Schalter (69) für Tas'erbewegung	von links (linke Endstellung des Tasters) nach rechts drücken				
Pause von	-	etwa 4 Sekunden			
Schalter (74)	nicht betätigen	auf	nacheinander ¹⁾ auf	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	nicht betätigen bewegen
elektrische Höhenfeineinstellung (62)	nicht betätigen				drehen bis Anzeige (60) auf - 20 Skt. ²⁾
elektrische Höhenfeineinstellung (62)	nicht betätigen				drehen bis Anzeige (60) auf + 20 Skt. ²⁾
Anzeige (79) am Rechner	100 %	50 Skt.	57 Skt.	41 Skt.	40 Skt.
Abweichung von Anzeige (79)	$\pm 4 \%$	- 5 Skt.	- 4 Skt.	± 3 Skt.	± 3 Skt.

1) Zwischen den Schaltungen jeweils etwa 3 Sekunden Pause.

2) Die Werte dürfen nicht überschritten (+ 20 Skt.) bzw. nicht unterschritten (- 20 Skt.) werden, da sonst am Rechner eine Mehranzeige erfolgt.

10. Wartung des Gerätes

Um das Rosten der blanken Stellen zu vermeiden, sind Grundbett, Säule und justierbarer Objektisch hin und wieder mit Leichtbenzin zu reinigen und mit säurefreier Vaseline einzufetten.

Taster, Meßschlitten, Verstärkereinheit, Rechner und Schreiber sind vor Feuchtigkeit zu schützen. Um eine Überhitzung der Bauelemente zu vermeiden, dürfen die Lüftungsöffnungen der elektrischen Baugruppen nicht abgedeckt werden.

Zu jedem Gerät liefern wir zwei Taster mit. Solange die Tastkufe mit 25 mm Radius nicht ausgewechselt wird, besteht bei normaler Bedienung keine Beschädigungsgefahr für die Diamantnadel. Beim Auswechseln der Tastkufen ist darauf zu achten, daß keine mechanischen Belastungen (größer als 3 p) an dem Tasthebel mit Nadel auftreten. Sollte durch Unachtsamkeit eine Zerstörung der Diamantspitze auftreten, so kann die Reparatur nur im Lieferwerk ausgeführt werden. Die Taster sind so abgestimmt, daß sie nach einer Reparatur oder nach dem Auswechseln eines neuen gegen einen beschädigten Taster sofort wieder einsatzfähig sind. Bei längerem Nichtgebrauch sind die Kufen mit Vaseline leicht einzufetten. Sollten Tastkufe und Diamantnadel stark verschmutzt oder zu stark gefettet sein, so ist vor dem Einsatz des Tasters die Reinigung wie folgt vorzunehmen:

1. Lösen des Gewindestiftes (125 Bild 22).
2. Kufe vorsichtig abziehen.
3. Reinigen der Kufe mit Leichtbenzin.
4. Mit Staub verschmutzte Diamantnadel mit Optikpinsel reinigen.
5. Eventuell vorhandene Fettreste auf der Diamantnadel durch vorsichtiges Abtupfen mit Leichtbenzin beseitigen. (Achtung! Die Klebestelle darf nur kurzzeitig vom Benzin benetzt werden.)

6. Kufe vorsichtig wieder aufschieben.

7. Gewindestift (125 Bild 22) wieder festziehen.

Der Kompressor ist nach jeweils ≈ 40 Betriebsstunden mit $\approx 2 \text{ cm}^3$ säurefreiem Kompressoröl zu ölen. Zu diesem Zweck befindet sich in der Frontplatte des Kompressors eine mit einem blauen Dreieck gekennzeichnete Bohrung. Nach spätestens 200 Betriebsstunden ist das kondensierte Wasser abzulassen. Dazu muß die Entleerungsschraube, die sich an der Rückseite des Kompressors in der Nähe des Gerätesteckers befindet, herausgeschraubt werden. Sollte bereits Kondenswasser im Druckluftschlauch sichtbar werden, dann ist das Gerät sofort außer Betrieb zu nehmen, der Kompressor völlig zu entleeren und der Druckluftschlauch zu reinigen und zu trocknen.

Fallen an Verstärkereinheit und Rechner die Sicherungen oder die Lämpchen der Leuchtfelder aus, so können diese sofort durch gleichartige ersetzt werden. Die Sicherungen befinden sich an der Rückseite der beiden Baugruppen. Zum Auswechseln der Leuchtfeldlampen sind die vier Schrauben an der Frontseite der Baugruppe zu lösen und der Einschub aus dem Gehäuse herauszuziehen. Die Steckereinheit mit den Lampen läßt sich leicht abziehen, wenn die an der Steckverbindung angeordneten Schrauben gelöst wurden (Verstärkereinheit: Eine Schraube oberhalb der Leuchtleiste, Rechner: Zwei Schrauben am Chassis).

Die in einem Gelenk eingehängte Schreibnadel ist durch Druck auf die beiden Blattfedern (siehe Bild 16) leicht auswechselbar.

Alle weiteren Fehler dürfen wegen der außerordentlich genauen Justierung und der dazu erforderlichen Meßmittel nur vom Kundendienst des Lieferwerkes behoben werden. Dies gilt auch, wenn die Sicherung nach dem Auswechseln sofort wieder ausfällt.

11. Verzeichnis der Tabellen

Tabellen Nr.	Bezeichnung	Seite
1	Taster und ihre Anwendungsmöglichkeiten	19
2	Verpackung	29
3	Arbeitsstellungen von Tastorganen und Schaltern	40
4	Justierhilfe für die Anwendung des Meßkopfhalters T	45
5	Bedeutung der Tasten des Drucktastensystems am Schreiber	46
6	Horizontalvergrößerungen bei verschiedenen Papier- und Tastgeschwindigkeiten	47
7	Vertikalvergrößerungen beim Anfertigen eines Schriebes	47
8	Arbeitsgänge zur P_t - und W_t -Ermittlung mit dem Rechner	50
9	Arbeitsgänge zur R_t -, R_p - und R_a -Ermittlung mit dem Rechner	51
10	Schnittiefen für die verschiedenen Meßbereiche	52
11	Arbeitsgänge zur t_p -Ermittlung mit dem Rechner	53/54
12	Kontrolle der Rechenwerte	56

12. Verzeichnis der Bilder

Bild

1. Schematische Darstellung: Tastschnitt
2. Schematische Darstellung: Abtasten des Oberflächenprofils mit Kufenabstützung
3. Schema der Baugruppen
4. Grundaufbau des Gerätes
5. Ständer mit Meßkopf und justierbarem Objektisch
6. Blockschaltbild des Meßkopfes
7. Taster
8. Verschiedene Taster
9. Justierbarer Objektisch, Anwendungsbeispiel zur Messung kleiner Prüflinge
10. Blockschaltbild der Verstärkereinheit
11. Verstärkereinheit
12. Blockschaltbild des Rechners
13. Rechner
14. Schreiber
15. Schreibsystem
16. Auswechseln der Schreibnadel
17. Einlegen der Papierrolle
18. Kompressor
19. Messen eines sehr großen Prüflings mit Hilfe des Meßkopfhalters T
20. Säule, Innenansicht
21. Rückansicht von Verstärkereinheit und Rechner
22. Kufenwechsel bzw. Kufendrehung

Bild

23. Arbeitsstellung der Tastorgane (schematisch)
 - a) Kufe nach unten geklappt
 - b) Kufe nach unten geklappt
 - c) Kufe in oberer Endlage
24. Schematische Darstellung: Gerade als Bezugsprofil
25. Schematische Darstellung: Hüllkurve als Bezugsprofil
26. Schematische Darstellung: Rauhtiefe, Wellentiefe, Profiltiefe
27. Schematische Darstellung: Traganteil
28. Abbotsche Kurve
29. Säule mit Höhenschlitten
30. Meßschlitten mit Transportsicherung
31. Profilschriebe einer Drehprobe

Oben: Freitastsystem, abgetastet mit Nadel (Spitzenradius 2 μm)

Mitte: Freitastsystem, abgetastet mit Kufe (Kufenradius 25 mm)

Unten: Kufenabstützung, geschrieben mit Nadel (Spitzenradius 2 μm), durch Kufe (Kufenradius 25 mm)
32. Profilschriebe zum Nachweis der Reproduzierbarkeit
33. Anwendungsbeispiel zur Messung von kleinen Bohrungen
34. Anwendungsbeispiel zur Messung großer Prüflinge
35. Anwendungsbeispiel zur Messung einer Nockenwelle

13. Verzeichnis der Bezugszahlen

Bezugszahl	Bezeichnung	Bild
1	Schnittebene	1
2	Bezugsgerade	1
3	Istprofil (Weg der Tastorgane)	1, 2, 24, 25, 26, 27
4	Oberfläche	1
5	Kufe	2, 7
6	Nadel	2
7	Gemmetrisch-ideales Profil	2, 24, 25, 26, 27
8	Hüllprofil	2, 25, 26
9	Grundbett	3, 4, 5
10	Justierbarer Objektisch	3, 4, 5
11	Taster	3, 4, 5
12	Meßschlitten	3, 4, 5, 30
13	Skala	3, 4, 5, 20, 29
14	Verstärkereinheit	3, 4, 21
15	Rechner	3, 4, 21
16	Schreiber	3
17	Kompressor	3
18	Tischplatte	4
19	Schubfach	4
20	Knopf zur Tasterklemmung	5
21	Signallampe	5, 6
22	Stellknopf zur linken Bezugsstreckenbegrenzung	5
23	Maßstab zur Einstellung der Bezugsstrecke	5
24	Stellknopf zur rechten Bezugsstreckenbegrenzung	5
25	Höhentrieb (Handrad)	5
26	Klemmhebel	5
27	Nut	5
28	Endlagenschalter	6
29	Zerstörungsschutzschalter	6
30	Magnetkupplungen und Vorschaltgetriebe	6

Bezugszahl	Bezeichnung	Bild
31	Tasterführung	6
32	Bezugsstreckenschalter	6
33	Sicherheitsschalter	6
34	Synchronmotor	6
35	Meßwertgeber (Nadel)	6
36	Meßwertgeber (Kufe)	6
37	Signalauslöser für Signallampe (21) und Zerstörungsschutzschalter (29)	7
38	Anschlußschwalbe des Tasters	7
39	Steckverbindung Taster - Meßschlitten	7
40	Stellknopf zum Anheben der Kufe	7
41	Tasthebel	7
42	Taster 30	8
43	Taster 10	8
44	Standardtaster 8	8
45	Taster 2	8
46	Stellknopf (Drehung um y-Achse)	9
47	Meßspindel (Verschiebung in y-Richtung)	9
48	Stellknopf (Drehung um z-Achse)	9
49	V-Lager	9
50	Stellknopf (Verschiebung in z-Richtung)	9
51	Stirnfläche der Kufe (mit Durchmesseraufnahme)	9
52	Schwalbenaufnahme	9
53	Relais	10
54	Umschalter	10
55	Vorverstärker	10
56	Schalter für Meßbereiche	10, 11
57	Hauptverstärker	10
58	Demodulator	10
59	Überlastschutz	10
60	Anzeigeinstrument	10, 11
61	Meßverstärker	10

Bezugszahl	Bezeichnung	Bild
62	Spannungsgeber mit Stellknopf (für elektrische Höhenfeineinstellung)	10, 11
63	Regelverstärker	10
64	Sinuswellengenerator	10
65	Elektronisch stabilisiertes Netzteil	10
66	Zentraler Trägerfrequenzgeber	10
67	Schalter für Meßwertgeber "Nadel - Kufe"	10, 11
68	Schalter für Tastgeschwindigkeiten	10, 11
69	Schalter für Vor- und Rücklauf des Testers	10, 11
70	Gleichrichterschaltung	10
71	Netztransformator	10
72	Netzeinschalter	10, 11
73	Steuerteil	10
74	Schalter "Rechner an - Rechner ab"	11
75	Leuchtfelder für Skalenwerte	11
76	Schraube für mechanische Nulljustierung	11
77	Gleichrichtergruppe und Impulsdehner	12
78	Anzeigeinstrument	12, 13
79	Amplitudenbewerter mit Schalter für Schnitttiefen	12, 13
80	Schalter für Maße der Gestaltabweichung (Meßwertschalter)	12, 13
81	Integrator	12
82	Addiator	12
83	Schalter für Bezugstrecken	12, 13
84	Welligkeitstrenner	12
85	Verstärker und Gleichrichtergruppe	12
86	Relaisgruppe	12
87	Stabilisierte Netzteile	12
88	Schraube für elektrische Nulljustierung	13
89	Netzschalter	13

Bezugszahl	Bezeichnung	Bild
90	Leuchtfelder	13
91	Schraube für mechanische Nulljustierung	13
92	Stellknopf zum Einstellen der Schreibspannung	14
93	Abdeckhaube	14, 15, 17
94	Druckknopf	14
95	Drucktasten	14
96	Potentiometer mit Stellknopf zur Nullpunktjustierung	14
97	Potentiometer mit Stellknopf zur Justierung der Verstärkung	14
98	Schreibsystem	15, 17
99	Sicherheitsschalter	15
100	Transportrolle	15
101	Führungsbänkehen	15
102	Registrierpapier	15
103	Papierführung	15, 17
104	Schreibnadel	15
105	Hebel	17
106	Papieraufnahme-Teller	17
107	Federband	17
108	Kontrolllampe	18
109	Manometer	18
110	Druckeinstellknopf	18
111	Netzschalter	18
113	Rechte Stellspindel	19
114	Rechte bewegliche Füßchen	19
115	Meßkopfhalter T	19
116	Transportsicherung des Gegengewichtes	20
117	Netzanschluß Rechner	21
118	Steckerverbindung Rechner - Verstärkereinheit	21
119	Steckerverbindung Verstärkereinheit - Rechner	21

Bezugszahl	Bezeichnung	Bild
120	Steckerverbindung Verstärkereinheit - Taster	21
121	Steckerverbindung Verstärkereinheit - Meßschlitten	21
122	Steckerverbindung Verstärkereinheit - Schreiber	21
123	Netzanschluß Verstärkereinheit	21
125	Gewindestift zur Kufenbefestigung	22
126	Bezugsprofil	24, 25, 26, 27
127	Mittleres Profil	24, 27
128	Grundprofil	24, 25, 26
130	Höhenschlitten	29
131	V-Nut des Führungsschlittens	29
132	Mit roten Punkten gekennzeichnete Sicherungsschrauben	30
133	Linke Kappen	30
134	Äußere Schrauben	30
135	Mittlere Schrauben	30
136	Transportsicherung für Meßschlitten	30
137	Tasteraufnahme	30
138	Klemmhebel	30
139	Rechte Kappe	30

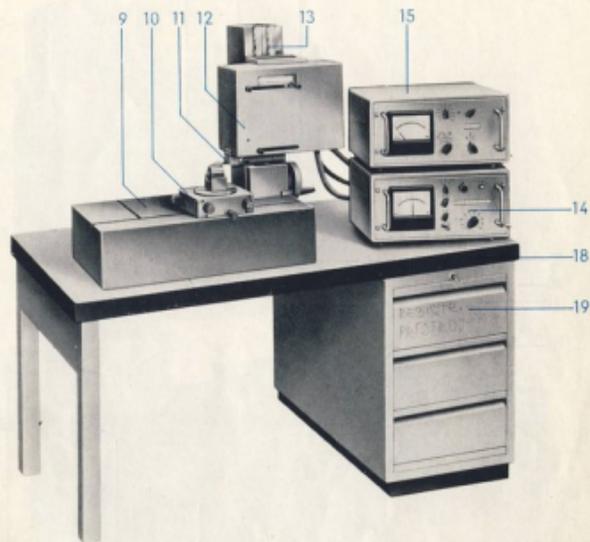
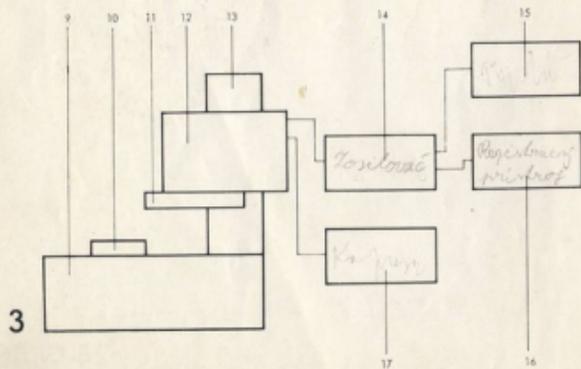
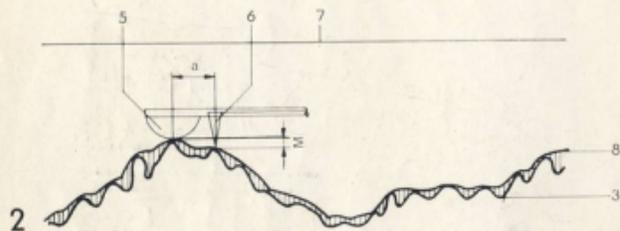
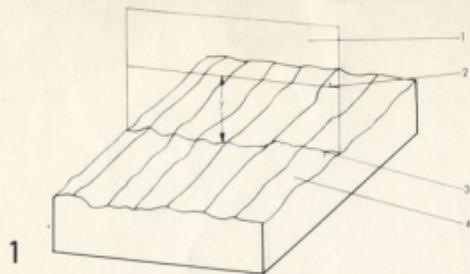
14. Erläuterungen der Zeichen und Abkürzungen der Blockschaltbilder

Zeichen bzw. Abkürzung	Erläuterung	Bild
	Elektrische Einwirkung	6, 10, 12
	Mechanische Einwirkung	6
	Pneumatische Einwirkung	6
E	Eingang der Signale	-
A	Ausgang der Signale	-
L	Weiterleitung der Signale	-
E ₁	Speisespannung für Magnetskuppelungen	6
E ₂	Steuersignal für Tastgeschwindigkeiten (von A ₅)	6
E ₃	Speisespannung für Synchromotor	6
E ₄	Druckluftzuleitung	6
E ₅	Speisespannung für Meßwertgeber Nadel (von A ₄)	6
E ₆	Speisespannung für Meßwertgeber Kufe (von A ₄)	6
E ₇	Modulierte Signale für Meßwertgeber Nadel bzw. Kufe (von A ₁ bzw. A ₂)	10
E ₈	Speisespannung für Steuer- und Netzteil	10
E ₉	Vorzeichenbehaltete Gleichspannung (von A ₈)	12
A ₁	Moduliertes Signal für Meßwertgeber Nadel (nach E ₇)	6
A ₂	Moduliertes Signal für Meßwertgeber Kufe (nach E ₇)	6
A ₃	Steuersignal für Rechner	6

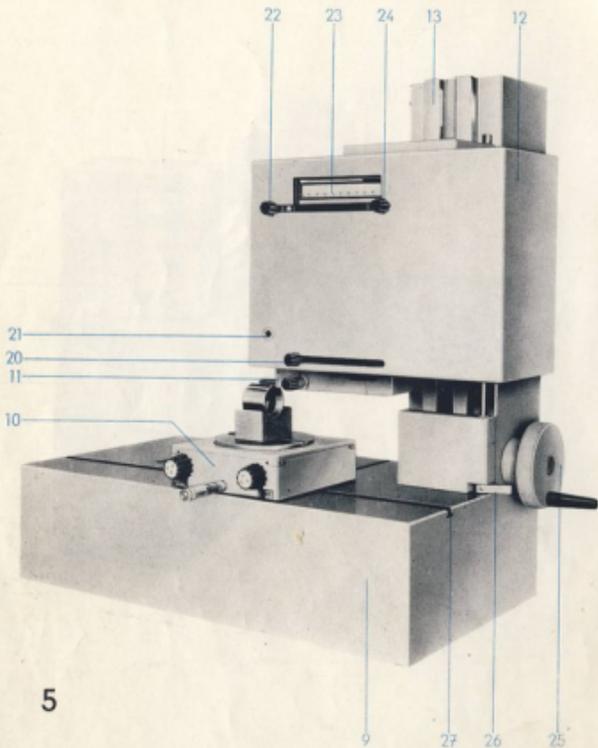
Zeichen bzw. Abkürzung	Erläuterung	Bild
A_3	Speisespannung für Meßwertgeber Nadel bzw. Kufe (nach E_5 bzw. E_6)	10
A_5	Steuersignal für Tastgeschwindigkeiten (nach E_2)	10
A_6	Steuersignal für Abtastrichtung	10
A_7	Vorzeichenbehaftete Gleichspannung für Schreiber	10
A_8	Vorzeichenbehaftete Gleichspannung für Rechner (nach E_9)	10
L_1	Weiterleitung von P_t , W_t , R_t und R_p	12
L_2	Weiterleitung von R_p	12
L_3	Weiterleitung von t_p	12
L_4	Weiterleitung von R_a und t_p	12
L_5	Weiterleitung von P_t , W_t und R_t	12
L_6	Weiterleitung von P_t , W_t und t_p (Profil- und Hüllprofiltragenteil)	12
L_7	Weiterleitung von R_p , R_t und t_p (Rauheitstragenteil)	12
L_8	Weiterleitung von R_a	12



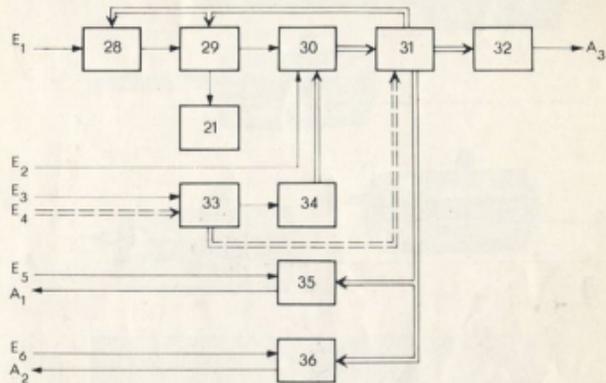
24-G 463a



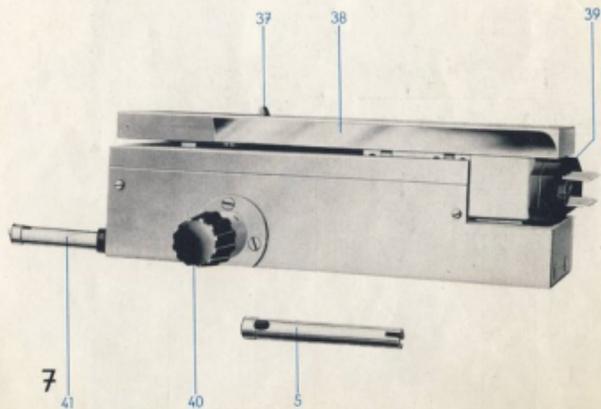
4



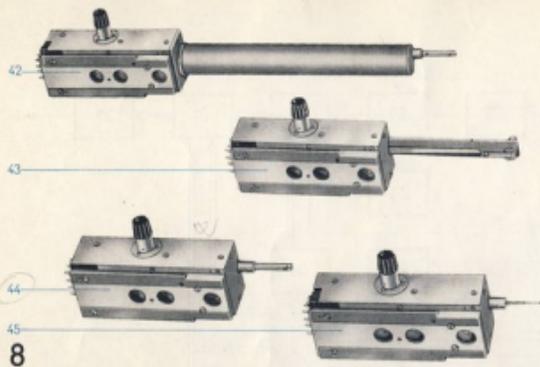
5



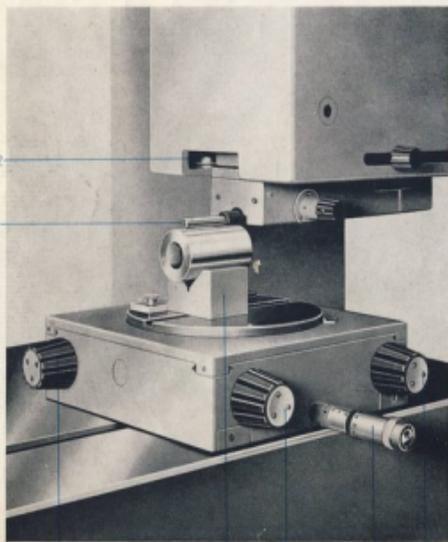
6



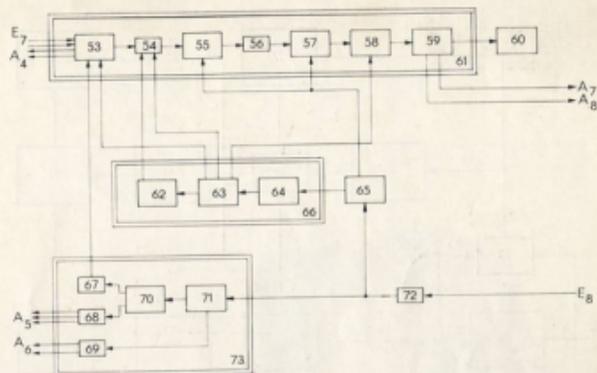
7



8

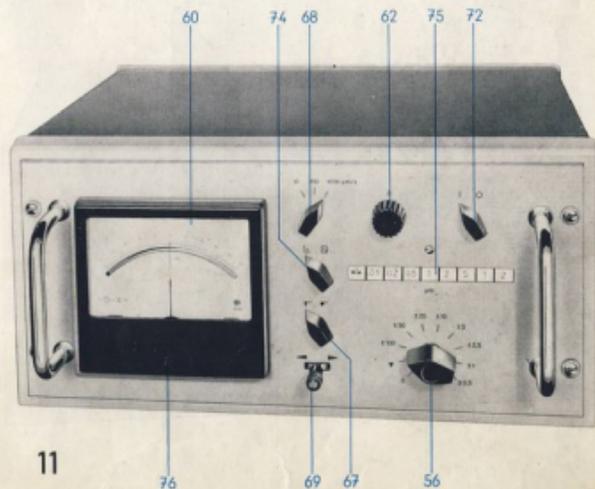


9

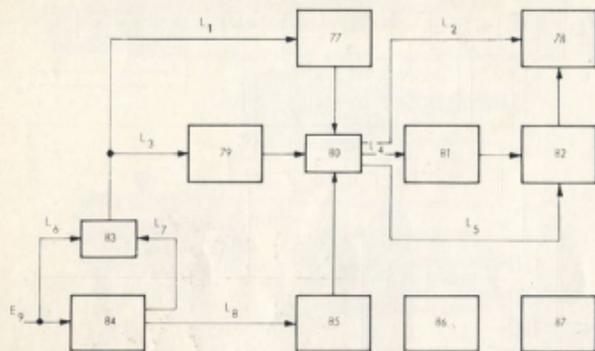


10

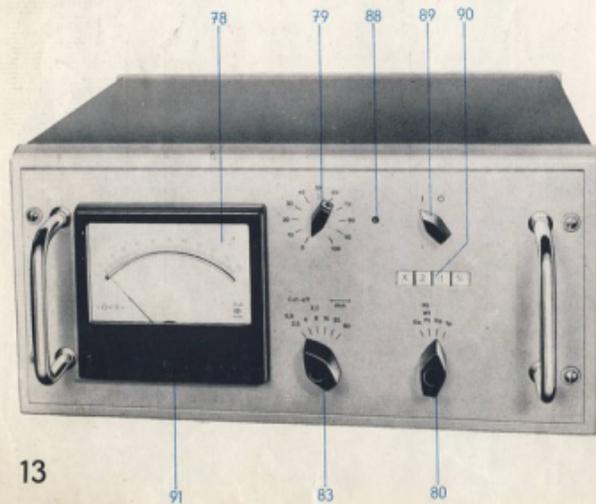
ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ ПЕРИМЕТРИЧЕСКАЯ (114)



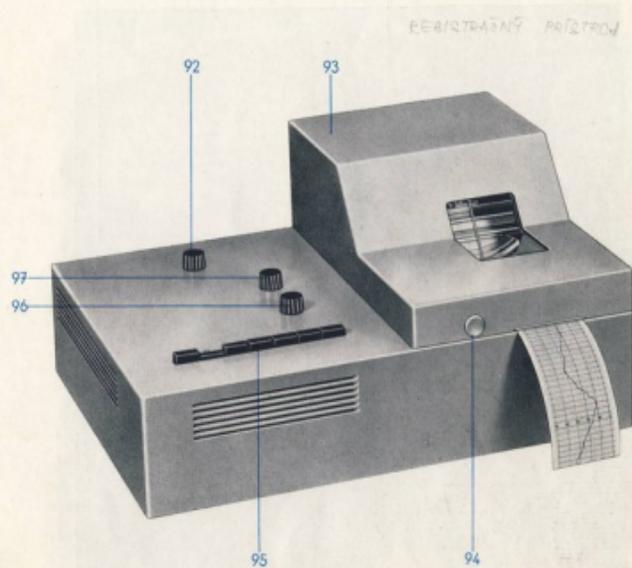
11



12

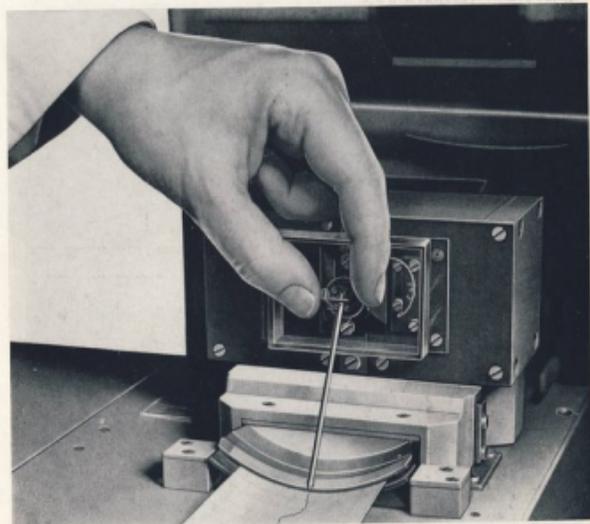
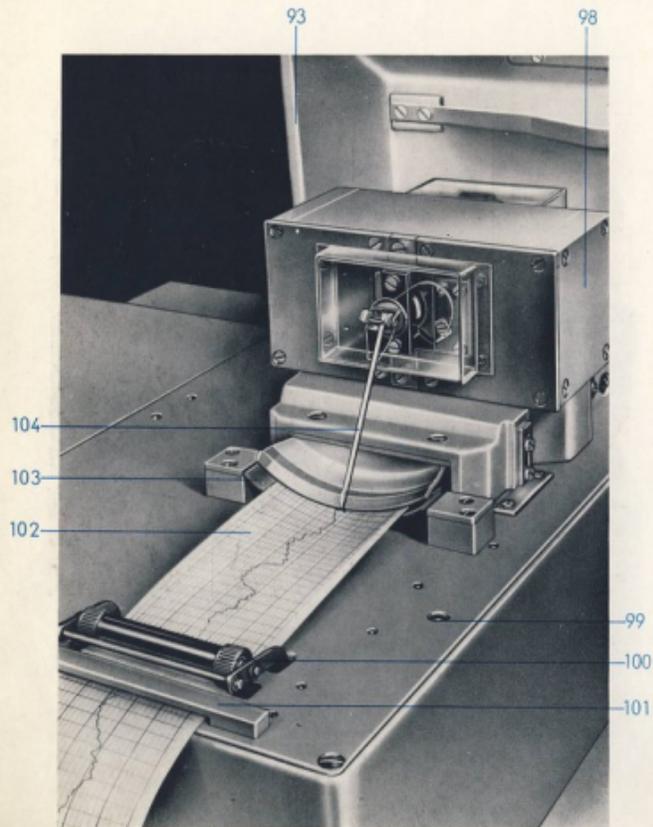


13



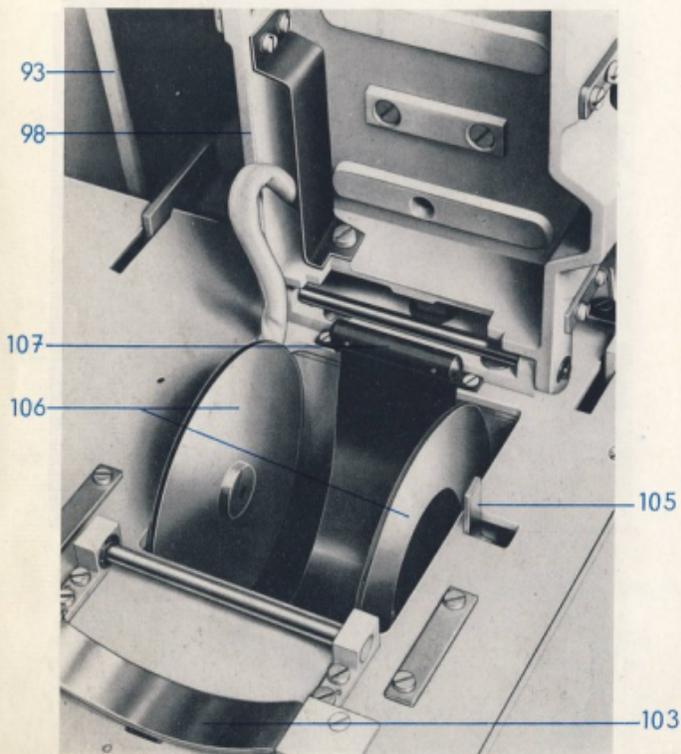
14

15

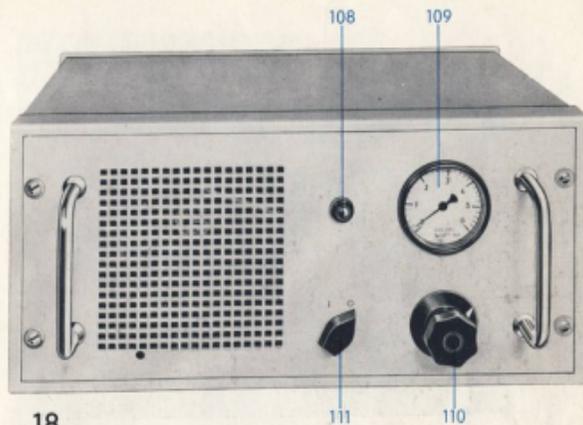


16

17

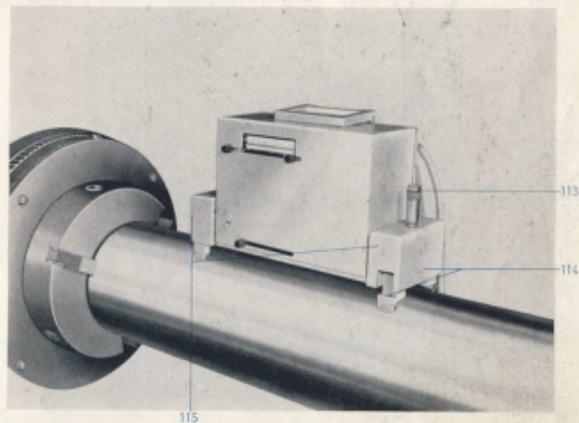


ЭНЕРГО

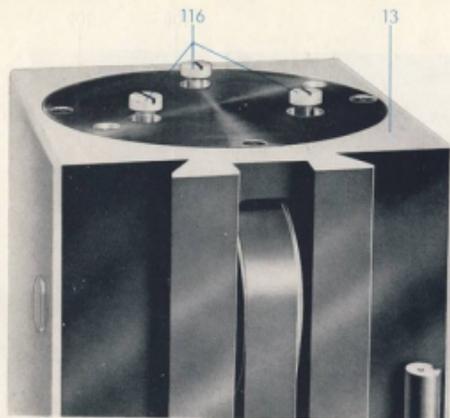


18

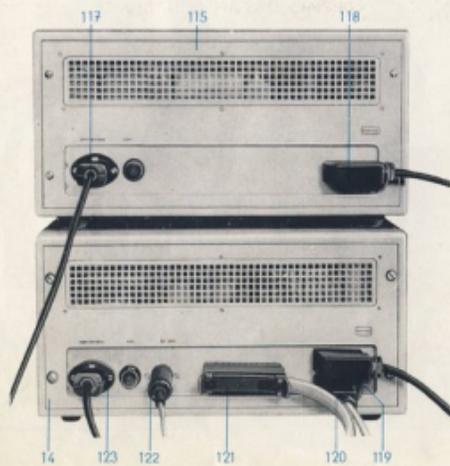
ДЕТАЛЬ НЕРАБОЧЕЙ УСТАНОВКИ



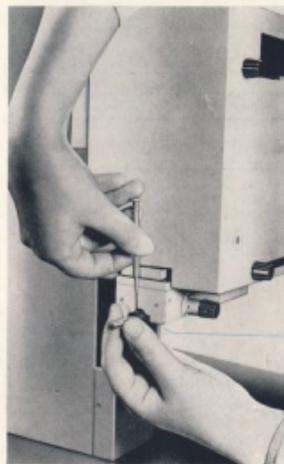
19



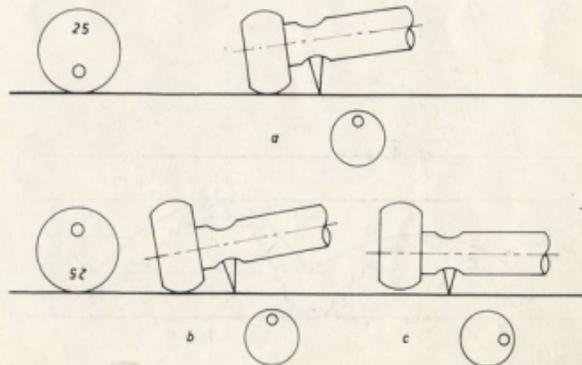
20



21

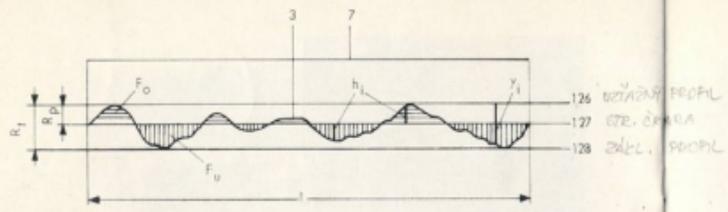


22

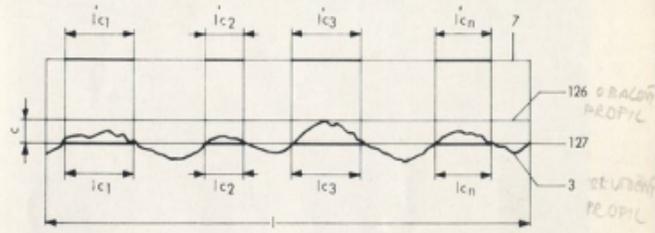


23

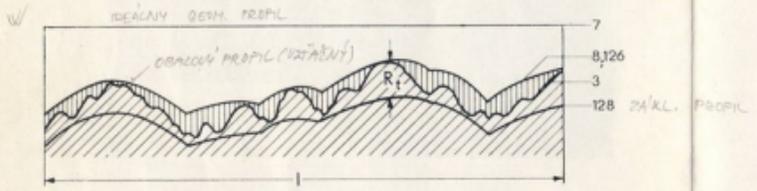
$2F_0 = 2F_u$



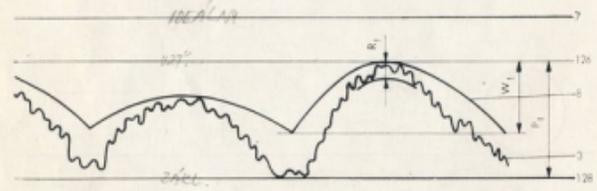
24 23



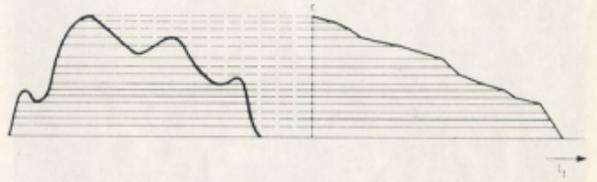
27



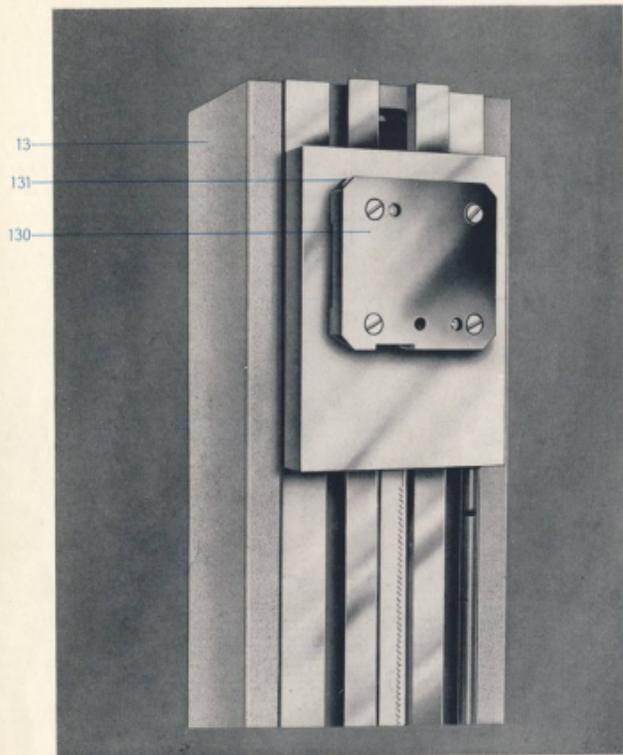
25 24



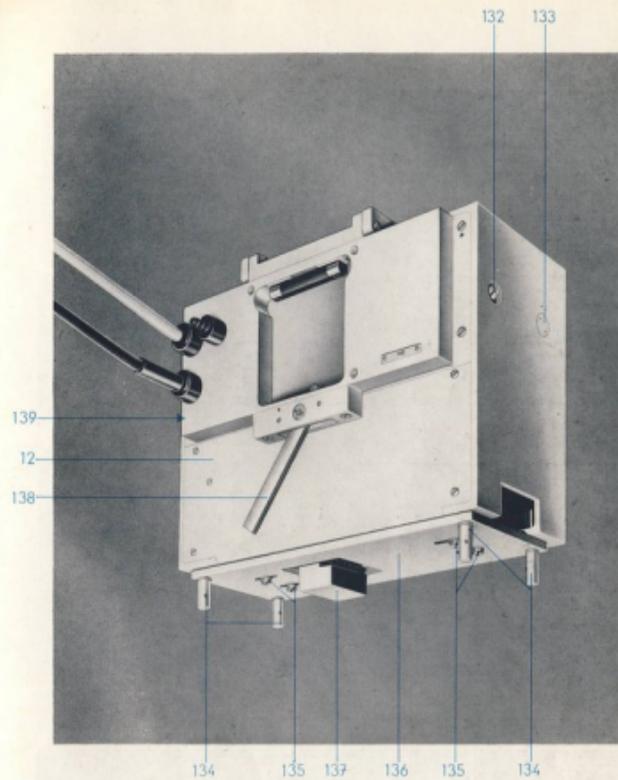
26 25



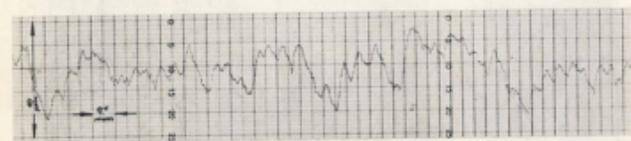
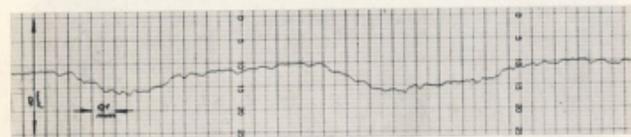
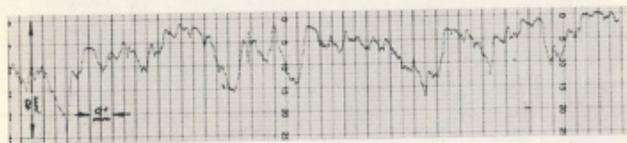
28



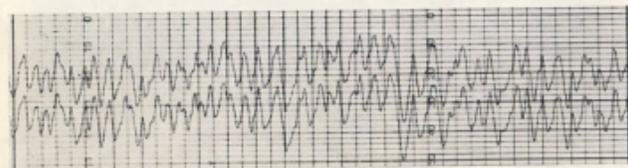
29



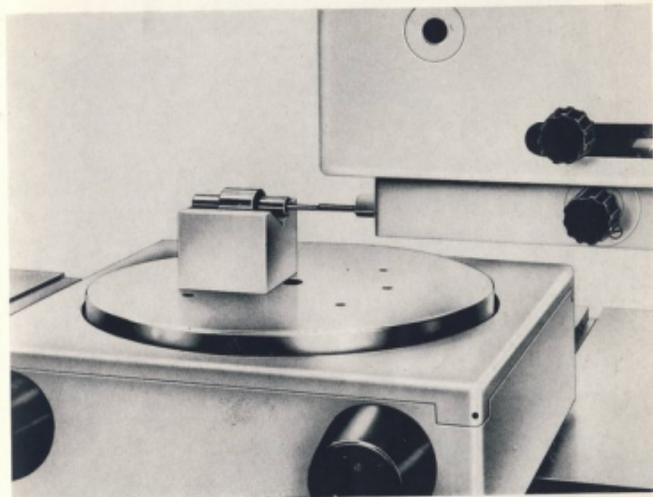
30



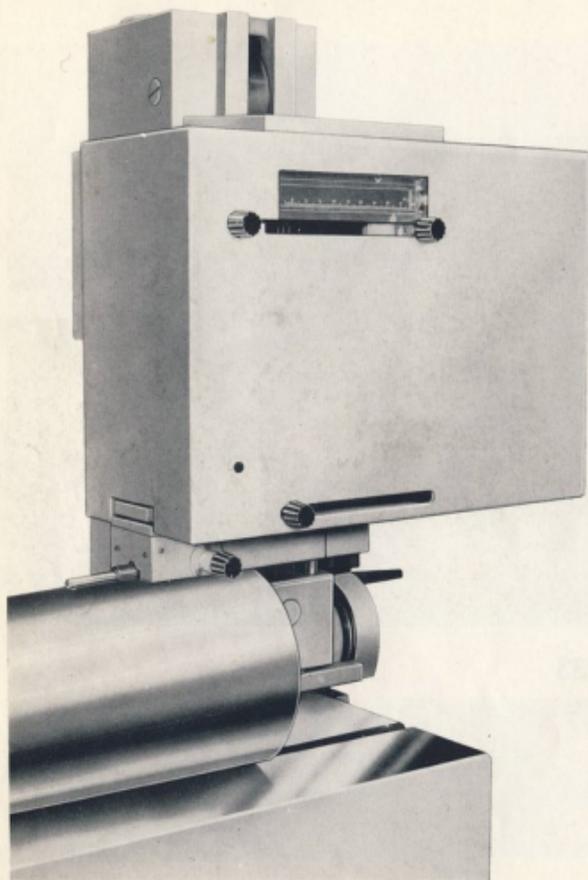
31



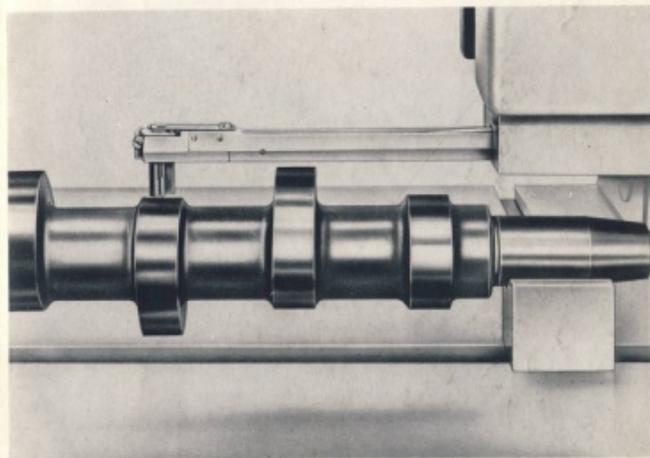
32



33



34



35