

# Zahnradprüfgerät

Gebrauchsanweisung



## N A C H D R U C K

von Text und Bildern mit Quellenangabe nur  
Zeitschriften gestattet, im übrigen verboten.  
Das Recht der Übersetzung ist vorbehalten.

## Ä N D E R U N G E N

der in dieser Druckschrift angegebenen Bau-  
arten, Maße und Gewichte sind vorbehalten.  
Abbildungen und Zahlenangaben sind un-  
verbindlich.

## Inhaltsverzeichnis.

	Abb.	Seite
<b>I. Teil.</b>		
<b>Beschreibung des Aufbaues und der Aufstellung des Gerätes . . . . .</b>		
	1—13	6—23
<b>II. Teil.</b>		
<b>Beschreibung der Messungen.</b>		
Teilungsmessung an Zahnrädern . . . . .	14—17	25—29
Zahndickenmessung an Zahnrädern . . . . .	18—19	30—31
Schlag- und Zahnlückenmessung an Zahnrädern . .	20—24	32—37
Teilungsmessung an Rastenteilscheiben . . . . .	25—26	38—39
Schlagmessung an Rastenteilscheiben . . . . .		39
<b>III. Teil.</b>		
<b>Auswertung der Ergebnisse.</b>		
Teilungsmessung an Zahnrädern . . . . .	27	42—43
Zahndickenmessung an Zahnrädern . . . . .	28	44—45
Schlag- und Zahnlückenmessung an Zahnrädern . .		45—46
Teilungsmessung an Rastenteilscheiben . . . . .		46
Schlagmessung an Rastenteilscheiben . . . . .		46

## Anwendungsbereich des Zahnradprüfgerätes.

### I. Messen von:

**Teilung, Zahndicke, Schlag und Zahnücke,**  
an Stirn-, Kegel-, Schrauben- und Schneckenrädern

### II. Messen von:

**Teilung, Schlag**  
an Rastenteilscheiben

## Haupt-Abmessungen.

Größter Rad- oder Rastenteilscheibendurchmesser <sup>1)</sup> . . . . .	380 mm
Größte Länge des Einspanndornes . . . . .	355 ..
Höhenverstellbereich der Meßeinrichtung . . . . .	150 ..
Kleinster Modul bei Teilungs- und Schlagmessungen . . . . .	0,5 ..
„ „ „ Zahndickenmessungen . . . . .	1 ..
Größter Modul . . . . .	10 ..
Größte Sehnenweite (für Rastenteilscheibenprüfung) . . . . .	150 ..
Größte Meßtiefe der normalen Meßschnäbel . . . . .	20 ..

## Meßgenauigkeiten.

### I. Zahnräder.

Je nach der Formgüte, Oberflächenbeschaffenheit und Modul der Verzahnung:

Teilungsmessung . . . . .	$\pm 0,001$ mm
Zahndickenmessung . . . . .	$\pm 0,002$ ..
Schlagmessung . . . . .	$\pm 0,001$ ..

### II. Rastenteilscheiben.

Je nach der Oberflächengüte:

Teilungsmessung . . . . .	$\pm 0,002$ ..
Schlagmessung . . . . .	$\pm 0,001$ ..

<sup>1)</sup> Die Meßeinrichtung kann von dem Unterteil des Zahnradprüfgerätes abgenommen und direkt auf die Bearbeitungsmaschine oder eine Richtplatte aufgesetzt werden, um Zahnräder mit einem größeren Durchmesser als oben angegeben zu prüfen.

I. T E I L

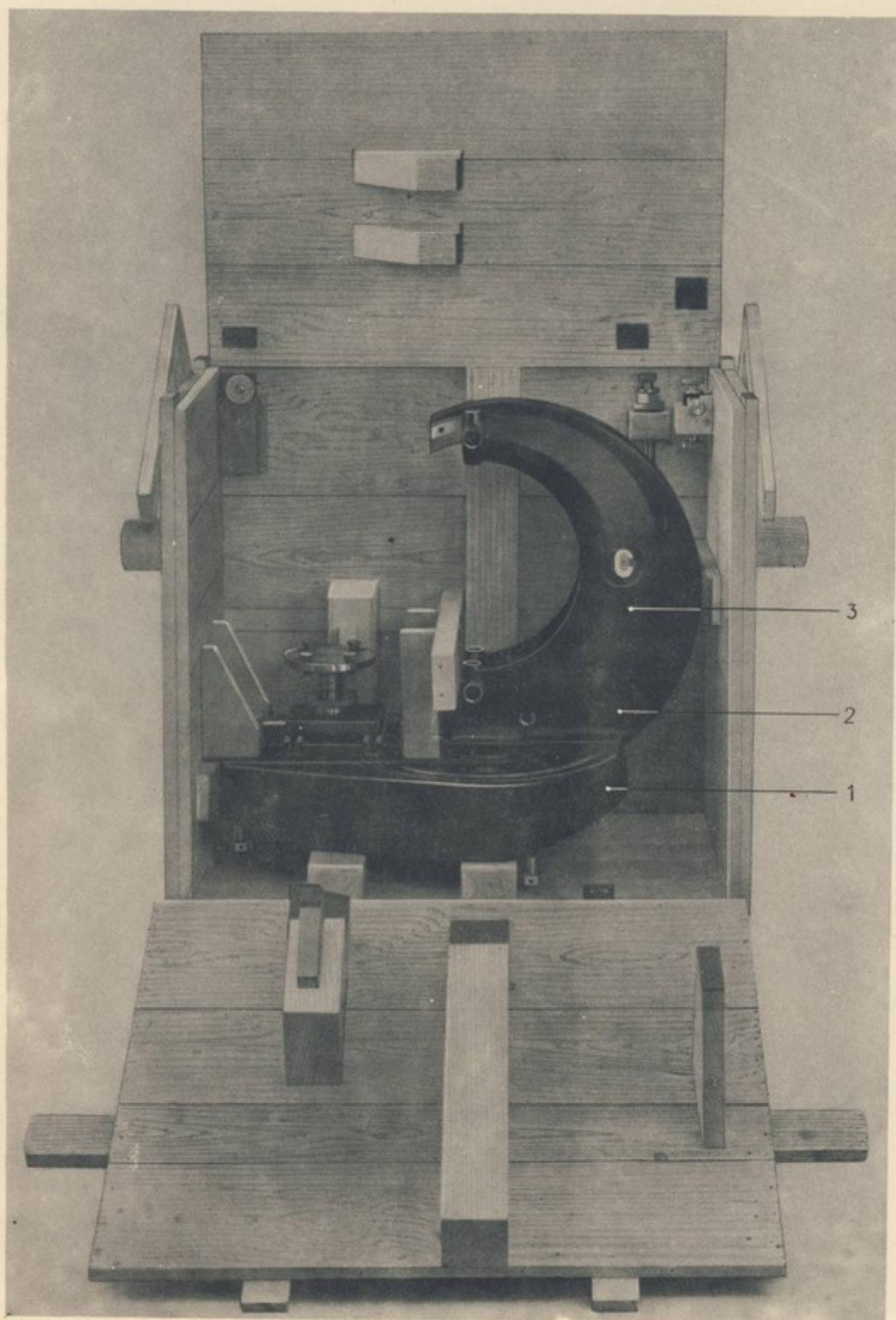


Abb. 1. Grundplatte, Einspannbögen und Ständer der Meßeinrichtung in Versandkiste.

## **Beschreibung des Aufbaues und der Aufstellung des Gerätes.**

Das Zahnrad-Prüfgerät umfaßt:

Grundplatte,  
Einspannvorrichtung und  
Meßeinrichtung.

**Die Grundplatte** (1, Abb. 1) trägt zwei Parallelnuten zur Befestigung der längsverschiebbaren Meßeinrichtung und zwei konzentrische Kreisnuten zur Befestigung der waagrecht schwenkbaren Einspannvorrichtung.

**Die Einspannvorrichtung** (2 u. 3, Abb. 1) besteht aus dem äußeren (2) und inneren (3) Einspannbogen, die das zu prüfende Zahnrad in jeder erforderlichen Meßlage zwischen Spitzen aufnehmen sollen. Die Handhabung geht aus den Bildern 4 bis 6 hervor. Für die Klemmung des äußeren Bogens sind 4, für die des inneren 3 versenkte Schrauben vorgesehen.

**Die Meßeinrichtung** besitzt einen aus Kreuzschlitten, Führungssäule und Tragplatte aufgebauten Ständer, Abb. 1, einen Meßwagen mit Meßschlitten, Abb. 2, und einen Radialfühlhebel, Abb. 21.

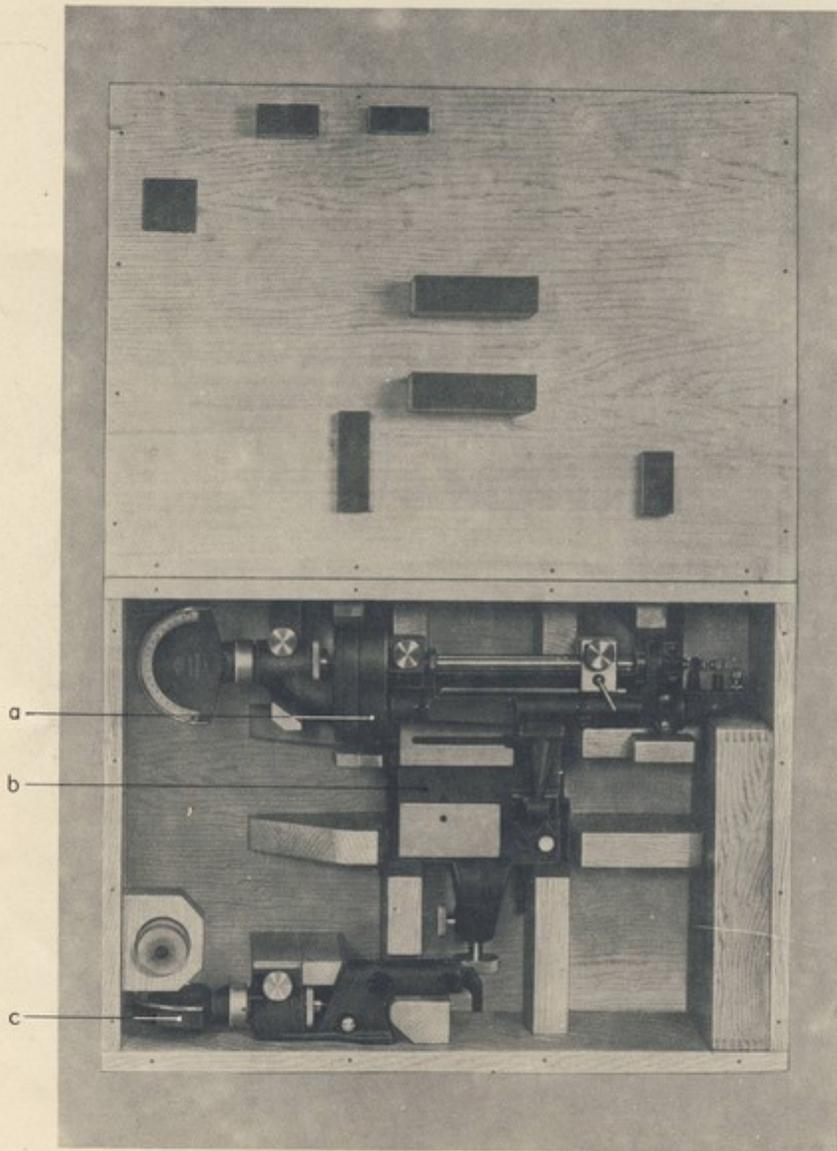


Abb. 2 Meßeinrichtung in Versandkiste.

- a) Meßschlitten
- b) Meßwagen
- c) Radialführlhebel.

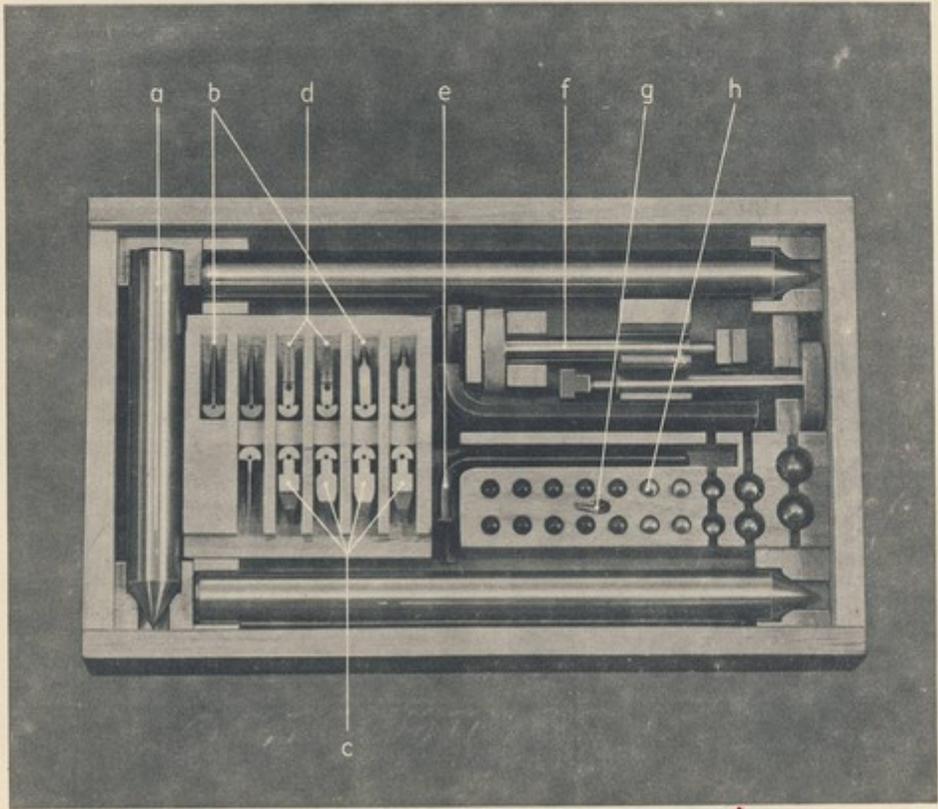


Abb. 3 Schiebekasten mit Zubehörteilen.

- a) Zentrierspitzen zum Einsetzen in die Einspannvorrichtung
- b) Meißschnäbel für Teilungsmessung, links
- c) " " " rechts
- d) " " Zahndickenmessung
- e) Schlüssel für Einspannvorrichtung und Kreuzschlitten
- f) Spannschrauben zur Befestigung des Radialfühlhebels
- g) Stiftschlüssel für Tastkugeln
- h) Tastkugeln.

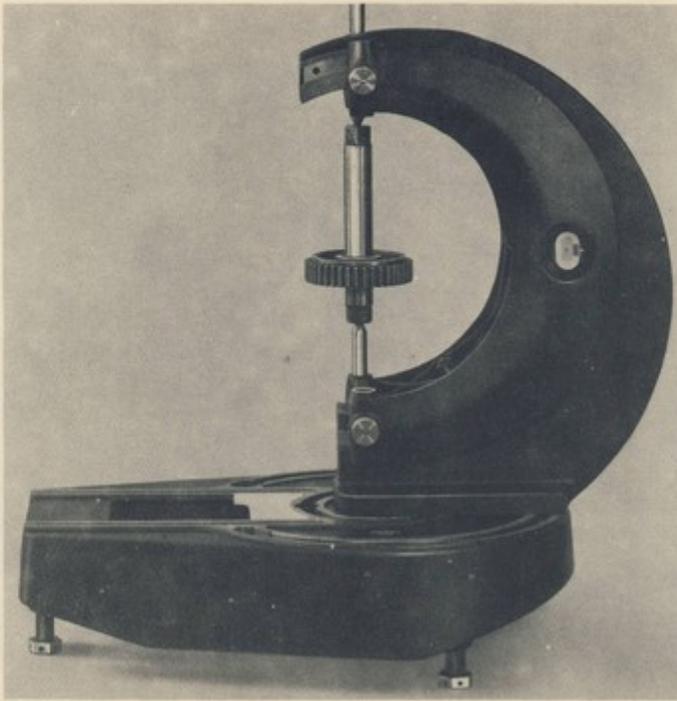


Abb. 4 Einspannen eines Stirnrades.

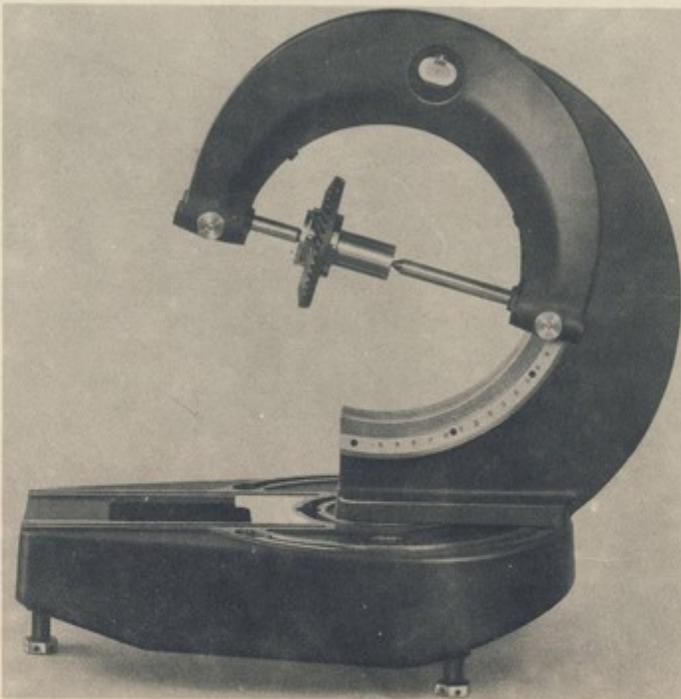


Abb. 5 Einspannen eines bogenverzahnten Kegelrades.



Abb. 6 Einspannen eines Schraubenrades.

**Das Einspannen der Räder.**

Abb. 4 Stirnrad: Keine Schwenkung der Einspannbögen, innerer Einspannbogen steht auf  $0^\circ$ .

Abb. 5 Kegelrad: Schwenkung des inneren Einspannbogens. Angezeigter Winkel =  $\frac{1}{2}$  Kegelwinkel.

Abb. 6 Schraubenrad: Schwenkung beider Einspannbögen bis ein der Meßeinrichtung gegenüberliegender Zahn senkrecht steht.

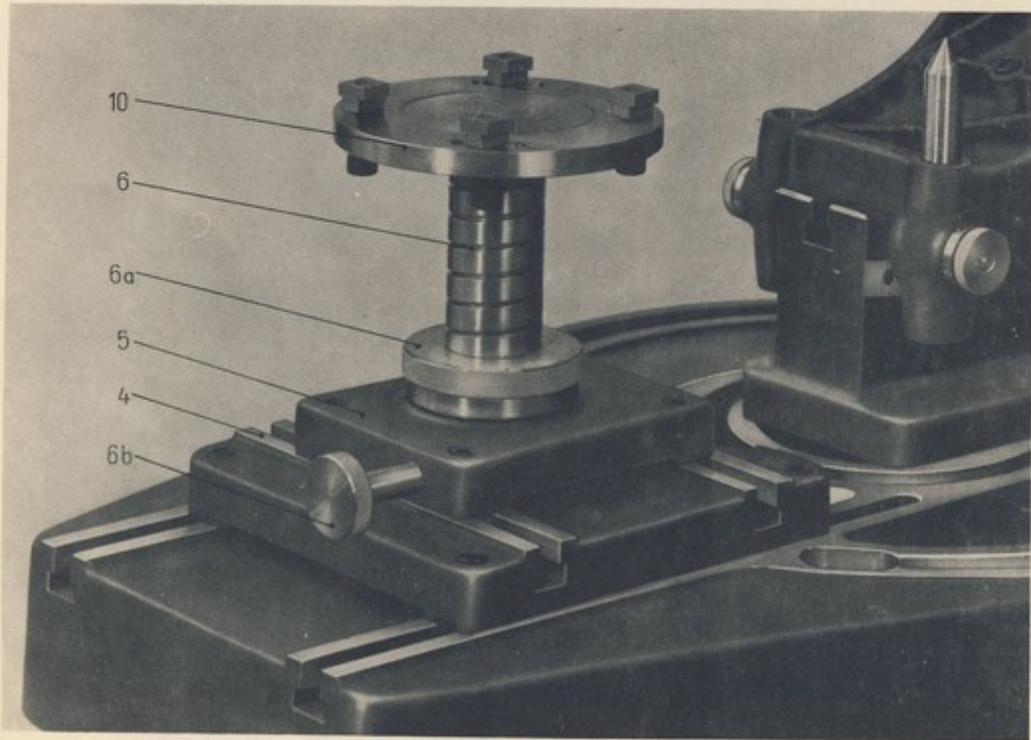


Abb. 7 Ständer der Meßeinrichtung.

- 4 Kreuzschlitten-Unterteil
- 5       "       Oberteil
- 6 Führungssäule mit Steilgewinde
- 6a Stellmutter zu 6
- 6b Klemmschraube zu 6
- 10 Tragplatte.

**Der Kreuzschlitten** (4 und 5, Abb. 7), in den Parallelnuten der Grundplatte geführt, gestattet die Meßeinrichtung nach zwei Richtungen hin zu verschieben und in die gewünschte Stellung gegenüber dem Zahnrad zu bringen. Mit Hilfe der Stellmutter 6a läßt sich die mit Steilgewinde versehene Führungssäule 6 samt Tragplatte 10 in der Höhe verstellen und mit Schraube 6b festklemmen.

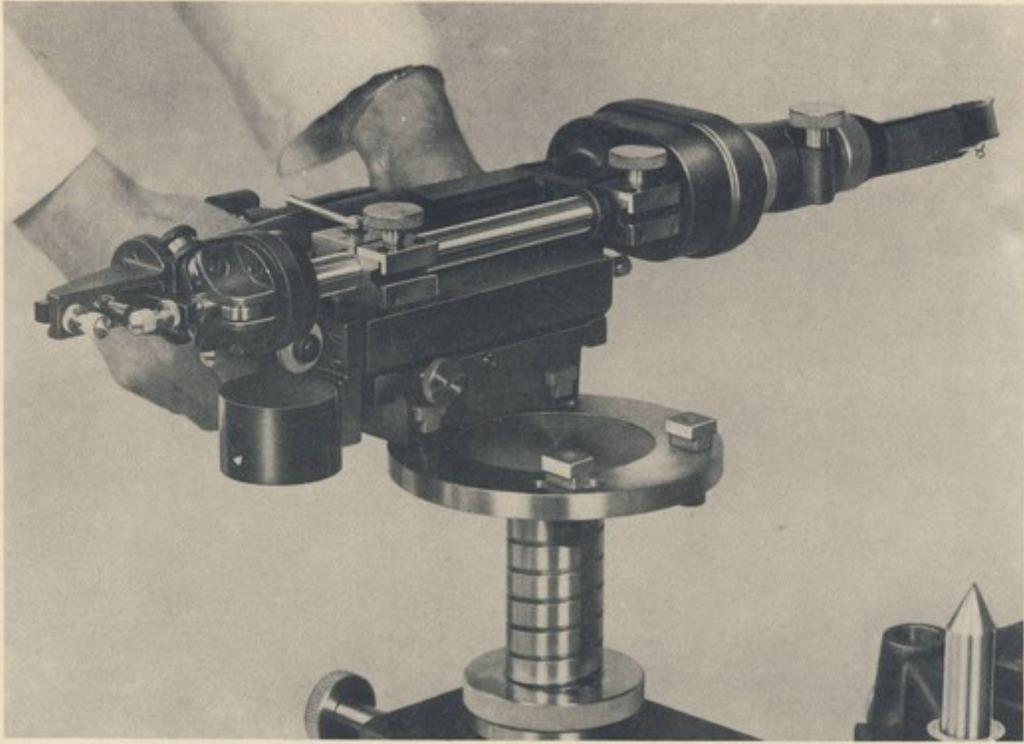


Abb. 8 Der Meßwagen wird auf die Tragplatte der Führungssäule geschoben.

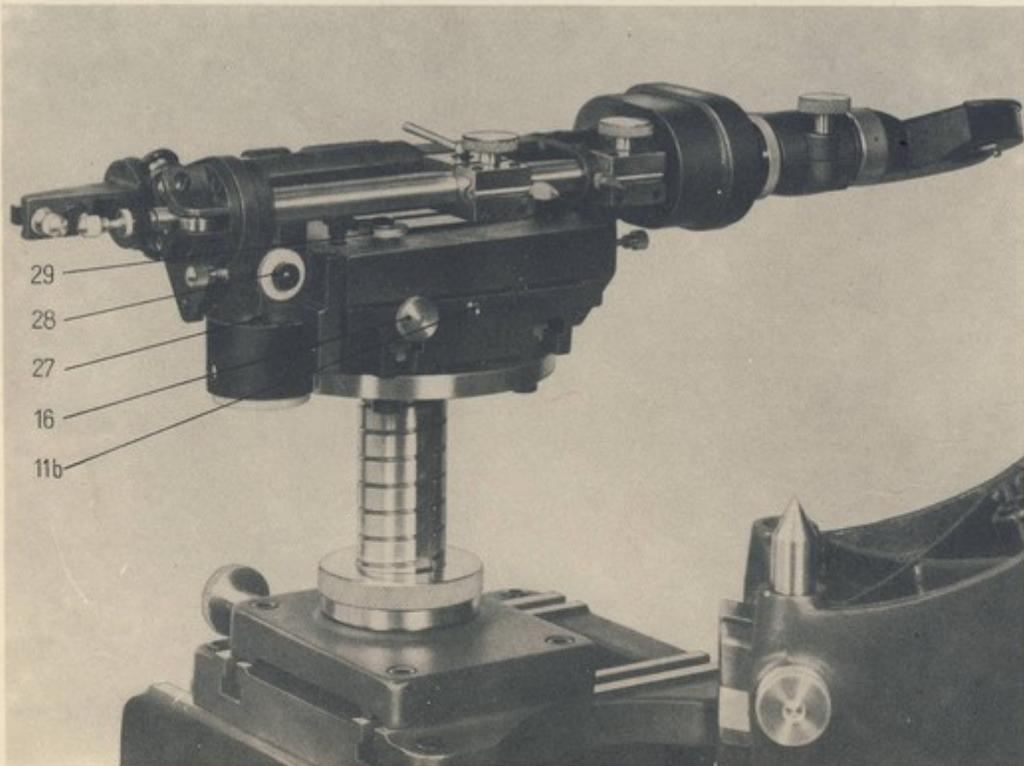


Abb. 9 Meßeinrichtung; Gewichtszug eingehängt, Meßschnäbel eingespant.

Auf der Tragplatte 10 wird das Meßwagenunterteil mittels vier T-Schlitzschrauben festgehalten (Abb. 8 und 9).

Eine Erläuterung der Aufgabe der Stellschraube 11b und des Gewichtszuges 27 folgt auf den Seiten 17 und 19.

Die Umleitrollen 28 und 29 ermöglichen die Veränderung der Zugrichtung des Gewichtes.

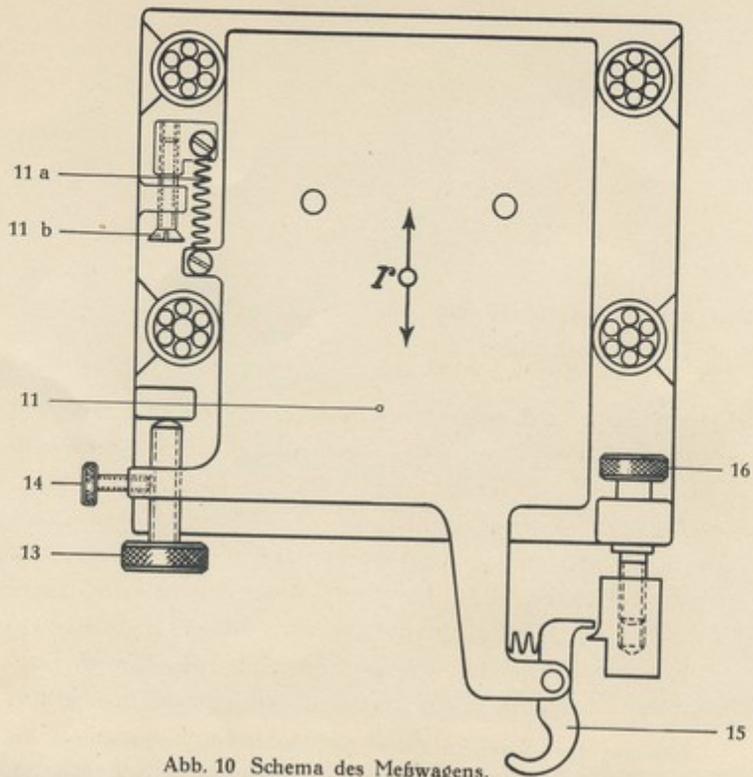


Abb. 10 Schema des Meßwagens.

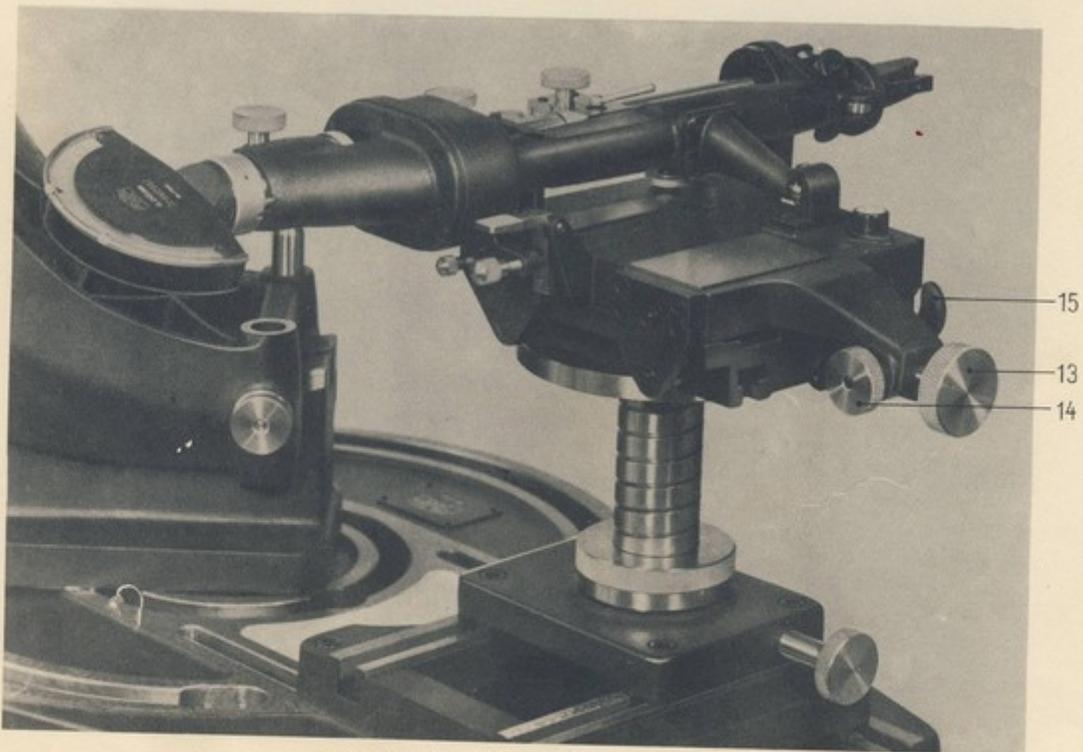


Abb. 11 Meßeinrichtung. Bedienungsseite.

*Handwritten signature or mark.*

### **Meßwagen und Meßschlitten.**

Diese beiden Teile führen die zwei für die eigentlichen Messungen erforderlichen Bewegungen aus, d. h. der Meßwagen vom und zum Zahnrad, also radial, der Meßschlitten senkrecht hierzu, also tangential.

Aus einer bestimmten Ausgangsstellung [festgelegt durch die mittels Schraube 16 (Abb. 9 und 10) verstellbare Zughakenrast] läuft der Meßwagen nach Niederdrücken des Zughakens 15 (Abb. 10 und 11) unter dem Zug der Feder 11a (*durch Luftbremse gedämpft*) gegen das Zahnrad in die Meßstellung vor. Bestimmt wird diese durch einen Anschlag, gegen den die für Feineinstellung vorgesehene (Klemmen durch Schraube 14) Stellschraube 13 stößt.

Mit Hilfe der Schraube 11 b (Abb. 9 und 10) läßt sich die Federspannung und damit die Laufgeschwindigkeit des Meßwagens ändern.

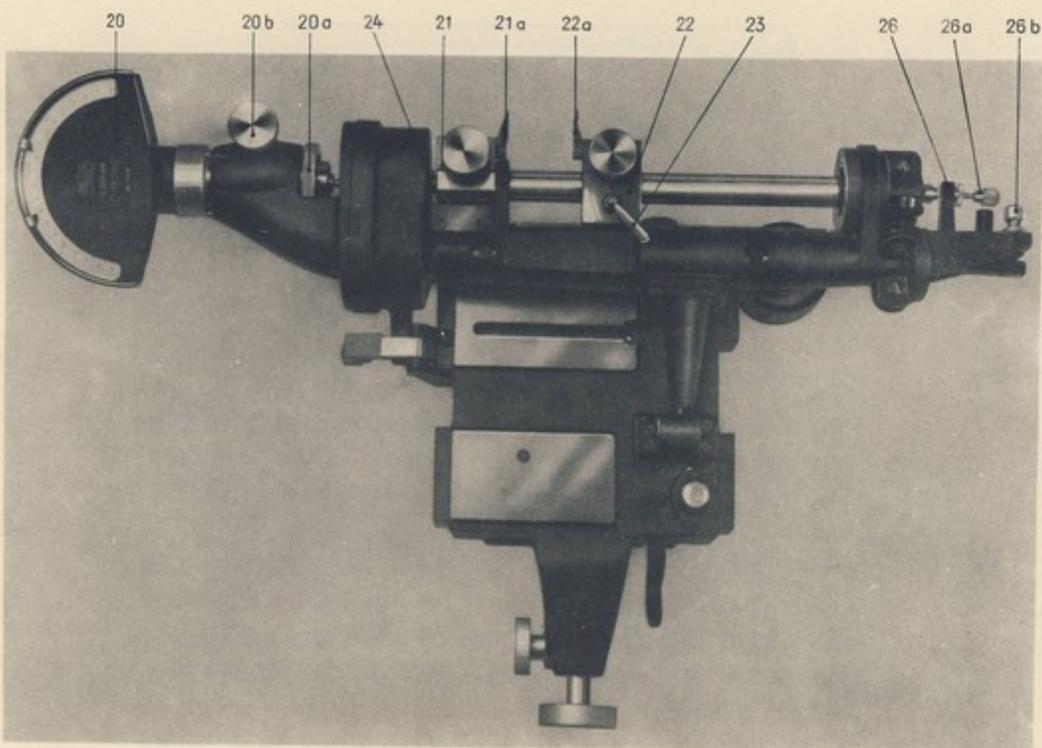


Abb. 12 Meßwagen und Meßschlitten von oben gesehen.

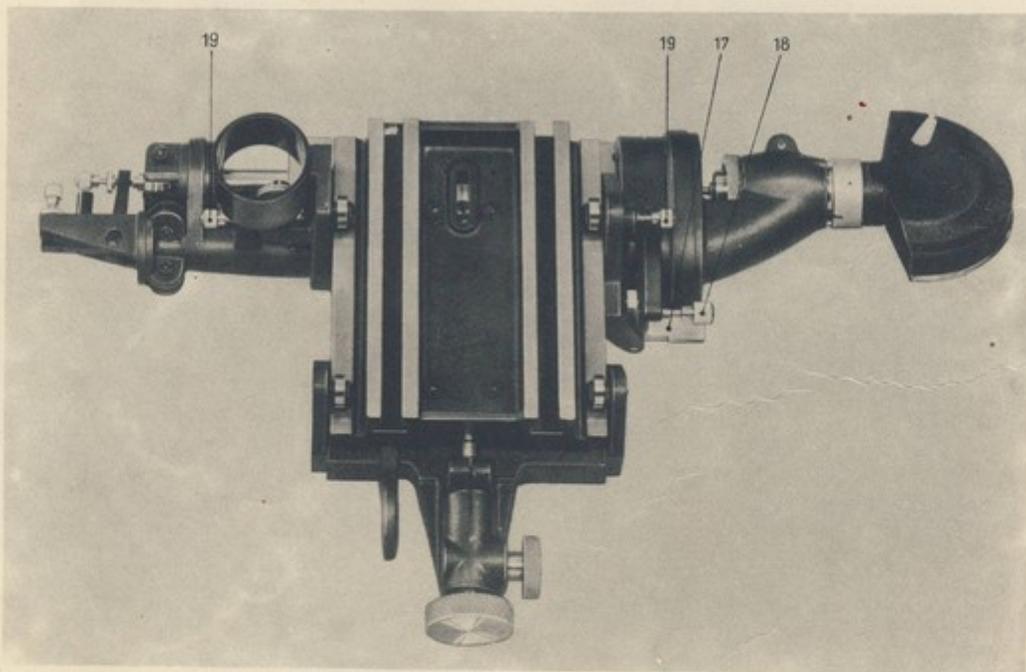


Abb. 13 Meßwagen und Meßschlitten von unten gesehen.  
Die Längsnuten dienen zur Befestigung auf der Tragplatte.

Der Meßschlitten trägt zwei Meßschnabelhalter 21 u. 22 (Abb. 12), in denen die Meßschnäbel 21a und 22a geklemmt werden. Der linke ist mit der unter Federdruck stehenden Taststange 24 fest verbunden, die durch den Winkelhebel 26 gegenüber dem Schlitten verstellt werden kann und den mit Stellmutter 20a und Klemmschraube 20b versehenen Fühlhebel 20 betätigt.

Die Lage der Taststange wird durch die Stellschrauben 26a und 26b bestimmt.

Der rechte Meßschneidenhalter ist mit dem Meßschlitten starr verbunden und kann nach Lösen des federnden Knebels 23 auf seiner Führung verschoben werden. Der mit der Stellschraube 18 versehene Lufthebel 17 (Abb. 13) gestattet, den unter Federkraft angedrückten Schlitten innerhalb eines durch die Anschlagsschrauben 19 bestimmten freien Weges zu verschieben. Diese Bewegung wird durch den Gewichtszug 27 ausgelöst, der für Teilungsmessungen am Gerät nach Abb. 9 einzuhängen ist.

Anm.: Wird die Meßeinrichtung (einschließlich Ständer und Kreuzschlitten) von der Grundplatte abgehoben, so kann sie unmittelbar an der Werkzeugmaschine oder auf einer Richtplatte zu Messungen an großen Rädern verwendet werden. Bei schrägverzahnten Rädern muß dann die gesamte Einrichtung dem Schrägungswinkel entsprechend geneigt werden, wodurch unter Umständen das Schlittengewicht die Kraft der Schlittenfeder 12a (Abb. 14) überwindet. In diesem Falle ist der Gewichtszug 27 gemäß Abb. 14 (gestrichelte Linie) über die Rolle 29 (Abb. 9 und 14) auf Zug nach links umzulegen.

## Übersicht der Bildbezeichnungen

(nach Nummern).

	Abb.	Seite
1 Grundplatte . . . . .	1	6
2 Äußerer Einspannbogen . . . . .	1	6
3 Innerer „ . . . . .	1	6
4 Kreuzschlitten-Unterteil . . . . .	7	12
5 „ -Oberteil . . . . .	7	12
6 Führungssäule mit Steilgewinde . . . . .	7	12
6a Stellmutter zu 6 . . . . .	7	12
6b Klemmschraube zu 6 . . . . .	7	12
7 Kugelraster . . . . .	15	26
8 Doppelklemme . . . . .	15	26
9 Spannschiene mit Haltestange . . . . .	15	26
10 Tragplatte mit T-Schlitz-Schrauben . . . . .	7	12
11 Meßwagen . . . . .	10	16
11a Zugfeder zu 11 . . . . .	10	16
11b Stellschraube zu 11a . . . . .	9/10	14/16
12 Meßschlitten . . . . .	12/13	18
12a Druckfeder zu 12 . . . . .	14	26
13 Stellschraube für Meßwagen . . . . .	10/11	16
14 Klemmschraube zu 13 . . . . .	11	16
15 Zughaken mit Rast . . . . .	10/11	16
16 Stellschraube für Zughakenrast . . . . .	9/10	14/16
17 Lufthebel . . . . .	13	18
18 Stellschraube zu Lufthebel . . . . .	13	18
19 2 Anschlagsschrauben (links und rechts) . . . . .	13	18
20 Fühlhebel . . . . .	12	18
20a Stellmutter zu 20 . . . . .	12	18
20b Klemmschraube zu 20 . . . . .	12	18
21 Meßschnabelhalter links . . . . .	12	18
21a Linker Meßeinsatz . . . . .	12	18

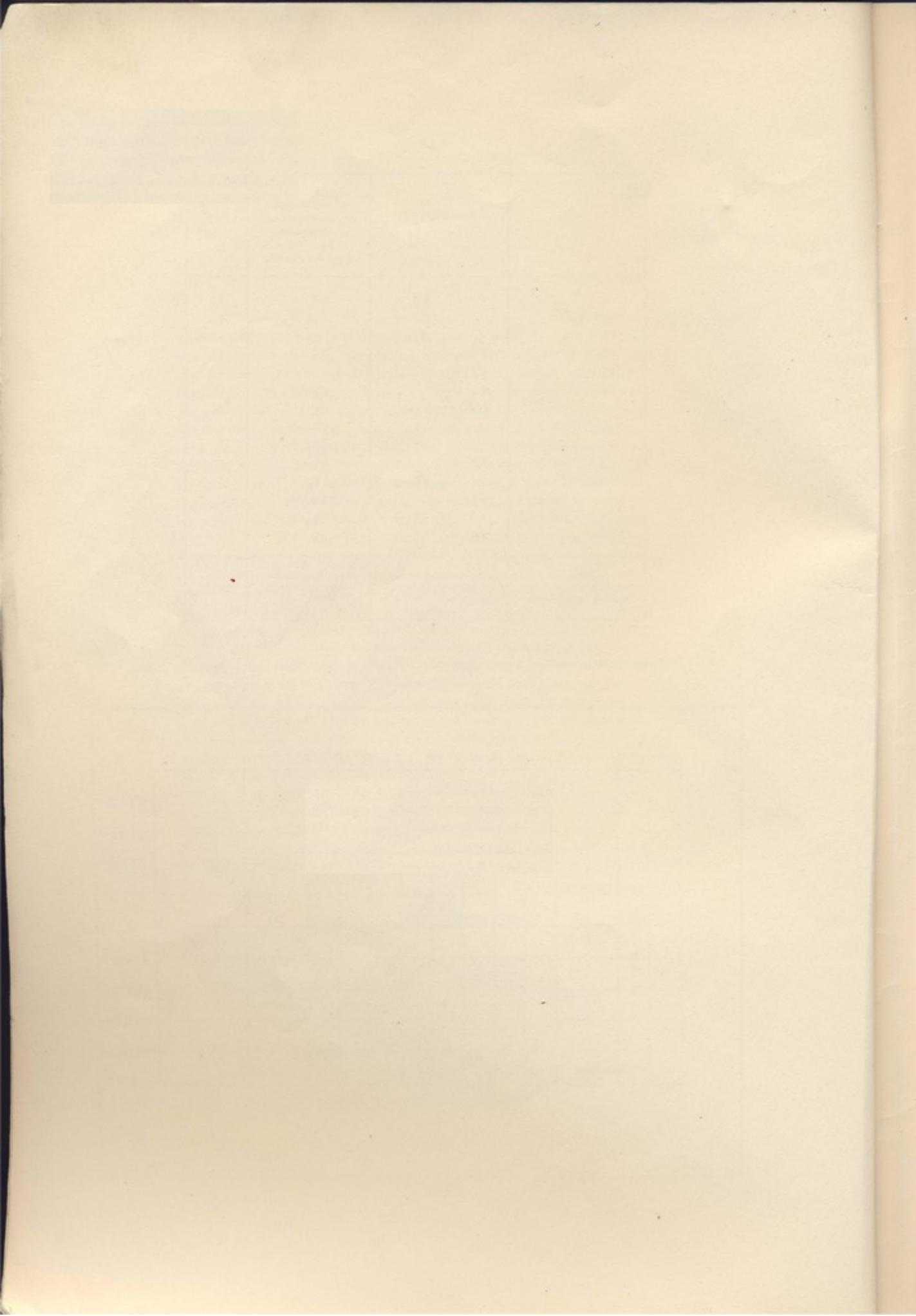
	Abb.	Seite
22 Meßschnabelhalter rechts . . . . .	12	18
22a Rechter Meßeinsatz . . . . .	12	18
23 Knebel . . . . .	12	18
24 Taststange . . . . .	12	18
25 Taststangenfeder . . . . .	14	26
26 Winkelhebel . . . . .	12	18
26a Kontaktstellschraube zu 26 . . . . .	12	18
26b Hubstellschraube zu 26 . . . . .	12	18
27 Gewichtszug . . . . .	9/14	14/26
28 Umleitrolle für Zug nach rechts . . . . .	9	14
29 " " " " links . . . . .	9	14
30 Radialfühlhebel . . . . .	21	32
30a Stellmutter zu 30 . . . . .	21	32
30b Klemmschraube zu 30 . . . . .	21	32
31 Gehäuse . . . . .	21	32
32 Stellschrauben zu 33 . . . . .	21	32
33 Tastschlitten . . . . .	21	32
34 Spannschrauben mit Fußmuttern . . . . .	22	34

## Übersicht der Bildbezeichnungen

(nach Buchstaben).

	Abb.	Seite
<b>A.</b>		
2 Anschlagsschrauben (links und rechts) 19 . . . . .	13	18
<b>D.</b>		
Doppelklemme (8) . . . . .	15	26
Druckfeder zu Meßschlitten (12a) . . . . .	14	26
<b>E.</b>		
Einspannbogen (äußerer und innerer) 2 + 3 . . . . .	1	6
<b>F.</b>		
Führungssäule mit Steilgewinde . . . . .	7	12
<b>G.</b>		
Gehäuse (31) . . . . .	21	32
Gewichtszug (27) . . . . .	9/14	14/26
Grundplatte (1) . . . . .	1	6
<b>H.</b>		
Hubstellschraube zu Winkelhebel (26b) . . . . .	12	18
<b>K.</b>		
Klemmschraube zu Führungssäule mit Steilgewinde (6b)	7	12
„ „ Stellschraube für Meßwagen (14)	11	16
„ „ Fühlhebel (20b) . . . . .	12	18
„ „ Radialfühlhebel (30b) . . . . .	21	32
Knebel (23) . . . . .	12	18
Kontaktstellschraube zu Winkelhebel (26a) . . . . .	12	18
Kreuzschlitten-Oberteil (5) . . . . .	7	12
„ -Unterteil (4) . . . . .	7	12
Kugelraster (7) . . . . .	15	26
<b>L.</b>		
Lüfthebel (17) . . . . .	13	18

	Abb.	Seite
<b>M.</b>		
Mefeinsatz links und rechts (21a + 22a) . . . . .	12	18
Meßschlitten (12) . . . . .	12/13	18
Meßschnabelhalter links und rechts (21 + 22) . . . . .	12	18
Meßwagen (11) . . . . .	10	16
<b>O.</b>		
Fühlhebel (20) . . . . .	12	18
<b>R.</b>		
Radialfühlhebel (30) . . . . .	21	32
<b>S.</b>		
Spannschiene mit Haltestange (9) . . . . .	15	26
Spannschrauben mit Fußmutter (34) . . . . .	22	34
Stellmutter zu Führungssäule mit Steilgewinde (6a)	7	12
„ „ Fühlhebel (20a) . . . . .	12	18
„ „ Radialfühlhebel (30a) . . . . .	21	32
Stellschraube zu Lufthebel (18) . . . . .	13	18
„ für Meßwagen (13) . . . . .	10/11	16
„ zu Tastschlitten (32) . . . . .	21	32
„ zu Zugfeder (11b) . . . . .	9	14
„ für Zughakenrast (16) . . . . .	9/10	14/16
<b>T.</b>		
Tragplatte mit T-Schlitz-Schrauben (10) . . . . .	7	12
Taststange (24) . . . . .	12	18
Taststangenfeder (25) . . . . .	14	26
Tastschlitten (33) . . . . .	21	32
<b>U.</b>		
Umleitrolle für Zug nach links und rechts (28 + 29)	9	14
<b>W.</b>		
Winkelhebel (26) . . . . .	12	18
<b>Z.</b>		
Zugfeder zu Meßwagen (11a) . . . . .	10	16
Zughaken mit Rast (15) . . . . .	10/11	16



II. TEIL

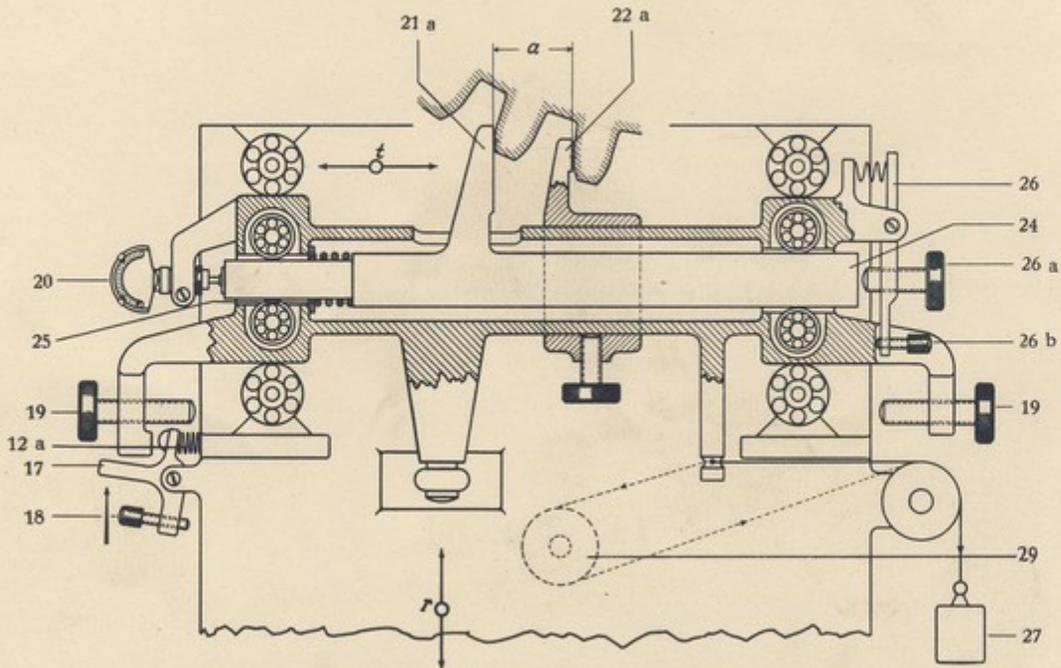


Abb. 14 Schema der Teilungsmessung.

N.B. Zur Vereinfachung der Darstellung ist die Schraube 18 im Bild am Lufthebel 17 angebracht, im Gegensatz zum Gerät, wo sie sich am Meßschlitten befindet.

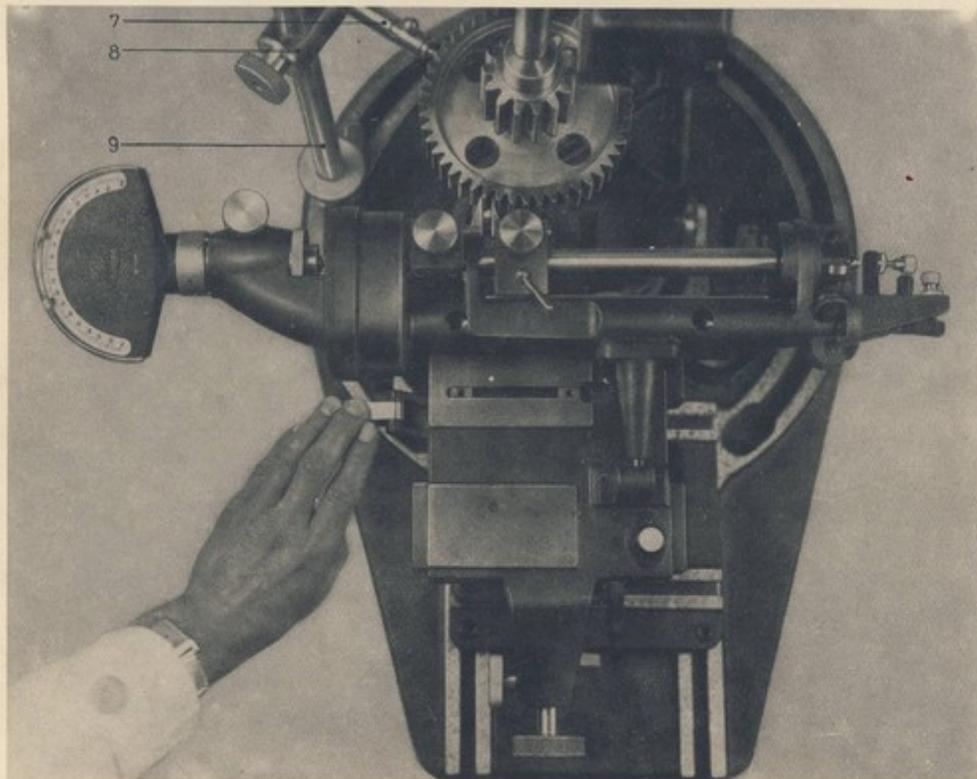


Abb. 15 Teilungsmessung an einem Stirnrad.

## Beschreibung der Messungen.

### Vorbemerkung:

Zur Erreichung der erforderlichen Kontaktsicherheit und Meßgenauigkeit ist auf größte Sauberkeit zu achten. Vor Beginn der Messungen sind deshalb die Körner des Zahnradornes, die Zahnflanken und sämtliche Kontaktflächen der Meßeinrichtung *peinlichst* zu reinigen.

### Teilungsmessung.

#### Meßschema (Abb. 14).

Zwei auf bestimmten Abstand (a, Abb. 14) eingestellte, gleichgerichtete Meßschneiden, deren eine mit einem Fühlhebel verbunden ist, während die andere unter Gewichtszug steht, legen sich an zwei benachbarte, parallele Zahnflanken an. Jede Abweichung des Zahnflanken-Abstandes (also der Teilung) vom Einstellmaß zeigt der Fühlhebel an.

#### Meßvorgang (Abb. 15).

Meßwagen vorlaufen lassen, zwei gleichgerichtete Meßschneiden einspannen und gesamte Meßeinrichtung durch Verschieben des Kreuzschlittens soweit an das Zahnrad heranbringen, daß es sich gerade noch an den Spitzen der Meßschneiden vorbei bewegen läßt.

Linken Meßschnabelhalter zurückführen, daß Fühlhebel 20 gerade anspricht und rechten Meßschnabelhalter nach Lösen des federnden Knebels 23 (Abb. 12) so weit heranbringen, daß der Abstand beider Schneiden etwas kleiner als die Teilung ist. Meßschneiden durch Verschieben des Kreuzschlittens in die Zähne des Rades bringen und bei gleichzeitigem Drehen des Rades und leichtem Andrücken eines Zahnes an die Meßschneide 22a eine Stellung nach Abb. 14 suchen.

Anm.: Die Schneiden sollen weder am Zahnkopf anliegen noch mit ihren Spitzen berühren, sondern als Tangenten an der Zahnflanke anliegen.

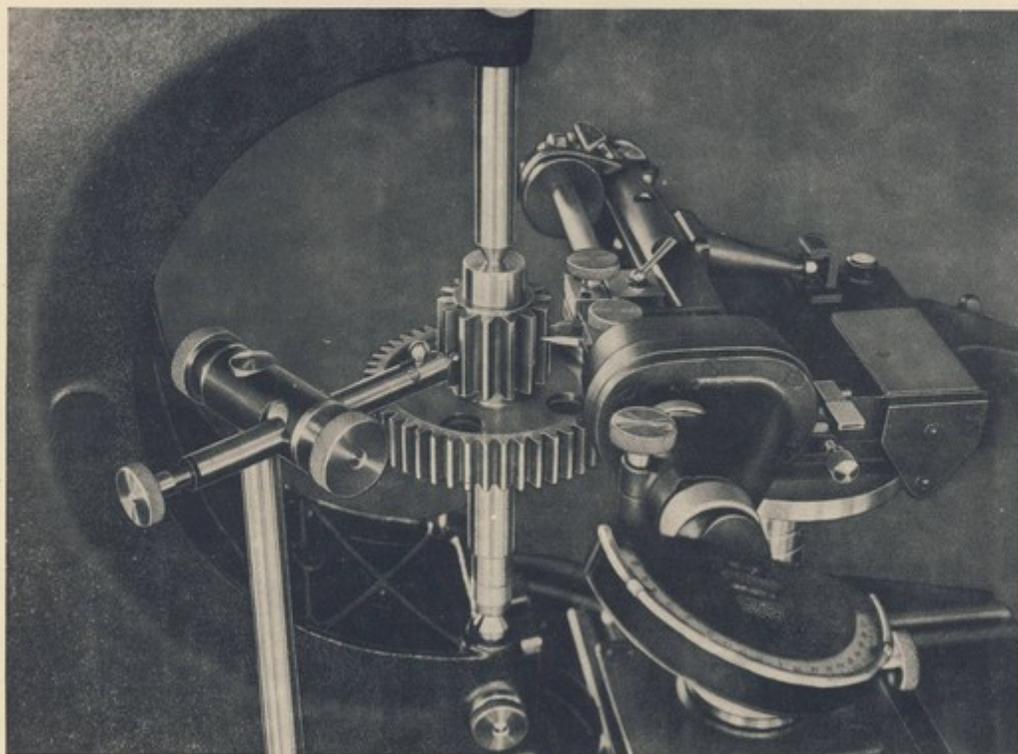


Abb. 16 Teilungsmessung an einem Satzrad.

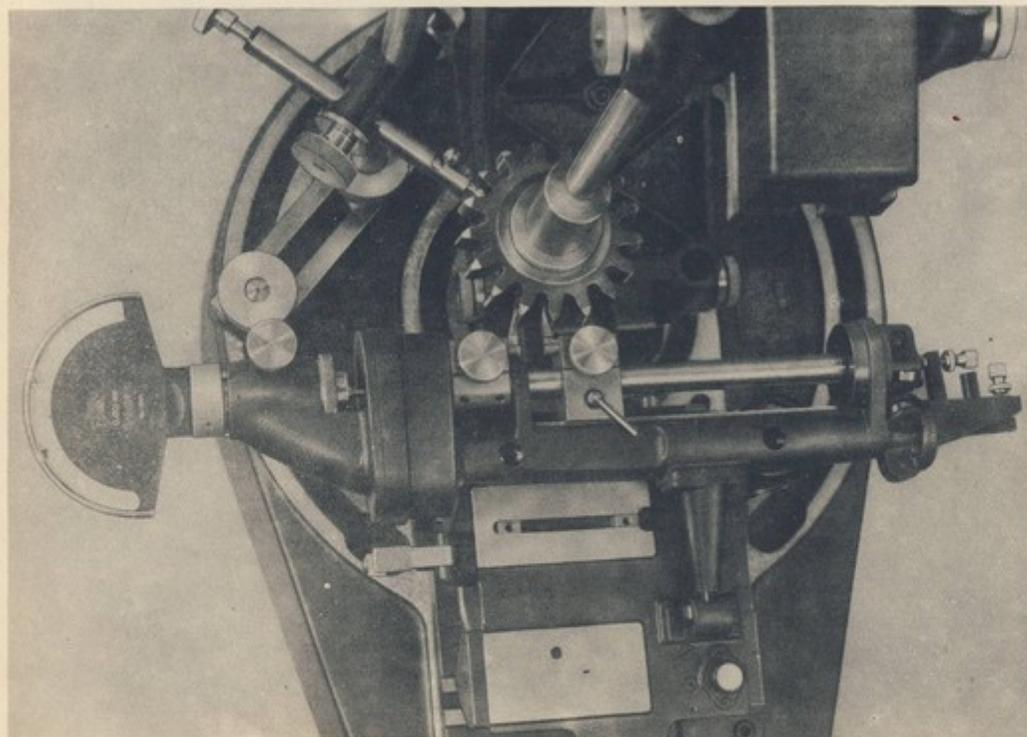


Abb. 17 Teilungsmessung an einem Stoßrad.

Kugelraster einsetzen (Auswahl der Kugelgröße so, daß Anlage in Flankenmitte erfolgt) und Zahnrad in dieser Lage festhalten; Kreuzschlittenoberteil ein wenig nach links schieben, so daß Meßschneide 22a (Abb. 14) etwas von der Zahnflanke absteht. Kreuzschlittenschrauben anziehen.

Wird jetzt der Lufthebel 17 niedergedrückt, so läuft der Meßschlitten unter dem Gewichtszug 27 nach rechts und die Schneiden 21a und 22a legen sich an benachbarte Zahnflanken an.

Die Lage des Meßwagens gegenüber dem Zahnrad kann durch die Stellschraube 13 (feststellen durch Klemmschraube 14, Abb. 10) verbessert werden.

Die linke Anschlagschraube 19 (Abb. 14) darf hierbei den Meßwagen nicht berühren.

Beim Tasten Finger-wie in Abb. 15 *nicht* gegen Schraube 18 abstützen.

Durch Drehen der Stellmutter 20a (Abb. 12) Fühlhebel 20 grob auf Null stellen — der Zeiger bewegt sich im Drehsinn der Mutter — Klemmschraube 20b anziehen (Feineinstellung an der Gehäuse-Rückseite).

Hiermit ist dieses Teilungs-Intervall zum Einstellmaß geworden.

Anm.: Reichen wenige Umdrehungen an der Stellmutter nicht aus, dann Lage des rechten Meßschnabelhalters verbessern.

Lufthebel öfters niederdrücken und Stetigkeit der Anzeige prüfen (bei sehr guter Oberfläche  $\pm 0,5 \mu$ ).

Wenn Anzeige ungleichmäßig, nochmals sämtliche Klemmschrauben gut anziehen.

Meßwagen zurückziehen, einrasten lassen und prüfen, ob sich das Zahnrad an den Spitzen vorbei drehen läßt oder ob der Abstand Schneidenspitze-Zahnkopf zu groß ( $> 1 \text{ mm}$ ) ist. Abhilfe durch Stellschraube 16 (Abb. 10).

Anm.: Im Interesse rascher Messungen ist darauf zu achten, daß der Leerweg des Meßwagens möglichst klein ist.

Ferner ist darauf zu achten, daß beim Vorlauf des Meßwagens die Meßschneide 21a (Abb. 14) nicht am Zahnkopf anstößt. Abhilfe durch Stellschraube 26a.

Anm.: Nach Niederdrücken des Lufthebels, also in der Meßstellung, muß aber immer ein *geringes* Spiel zwischen Taststange 24 (Abb. 12) und Stellschraube 26a vorhanden sein.

Nun von Zahn zu Zahn fortschreiten, indem der Kugelraster zurückgezogen, das Zahnrad weitergedreht und der Kugelraster wieder eingesetzt wird.

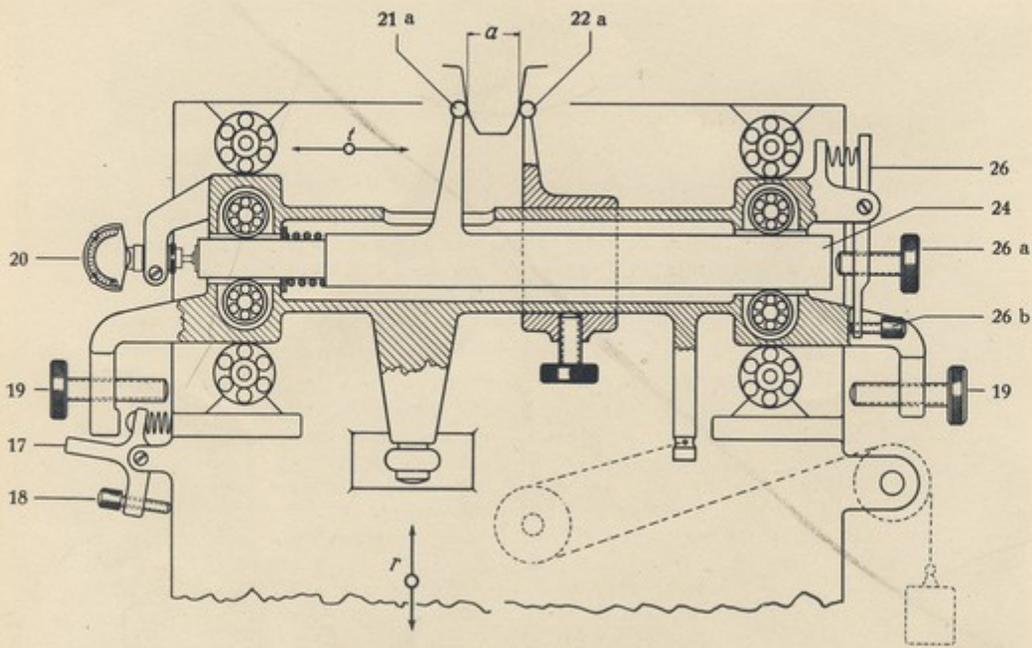


Abb. 18 Schema der Zahndickenmessung.

N.B. Zur Vereinfachung der Darstellung ist die Schraube 18 im Bild am Lufthebel 17 angebracht, im Gegensatz zum Gerät, wo sie sich am Meßschlitten befindet.

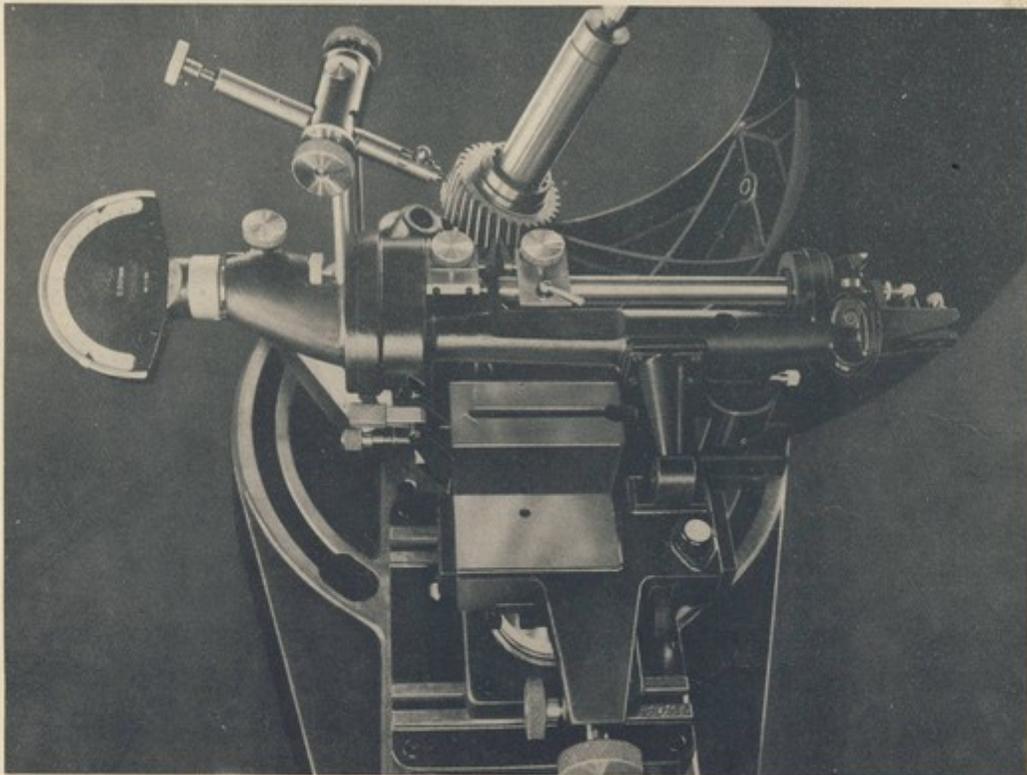


Abb. 19 Zahndickenmessung an einem Schraubenrad.

## Zahndickenmessung.

### Meßschema (Abb. 18).

Zwei auf bestimmten Abstand (a, Abb. 18) eingestellte, gegeneinander gerichtete Kugeltaster, deren einer mit einem Fühlhebel verbunden ist, legen sich an zwei benachbarte, entgegengesetzte Zahnflanken an. Jede Abweichung des Zahnflankenabstandes (also der Zahndicke) vom Einstellmaß zeigt der Fühlhebel an.

### Meßvorgang (Abb. 19).

Meßwagen vorlaufen lassen; zwei Kugeltaster einspannen und gesamte Meßeinrichtung durch Verschieben des Kreuzschlittens so an das Zahnrad heranbringen, daß es sich gerade noch an den Spitzen vorbeibewegen läßt. Gewichtszug aushängen.

Linken Meßschnabelhalter zurückführen bis Fühlhebelzeiger 20 gerade anspricht und rechten Meßschnabelhalter nach Lösen des federnden Knebels dem linken soweit nähern, daß der Kugelabstand etwas kleiner als die Zahndicke ist.

Kreuzschlitten-Oberteil verschieben, bis die Meßschnäbel symmetrisch zur Zahnradmitte weisen.

Zahnrad mittels Kugelraster (Auswahl der Kugelgröße so, daß Anlage in Flankenmitte erfolgt) derart festhalten, daß ein Zahn in der Mitte vor den Meßschnäbeln steht.

Meßschlitten bis zum Anschlag und Meßschnabel 21a bis zum Ansprechen des Fühlhebels 20 nach links führen. Rechte Anschlagsschraube 19 so einstellen, daß die Tastkugeln symmetrisch vor der Zahnkopfkante stehen. Linke Tastkugel von Hand zurückführen und beide Kugeltaster durch Verschieben des Kreuzschlittenunterteiles in das Zahnrad bringen. Stellschraube 18 ganz nach links schrauben.

Hierbei läuft die rechte Kugel auf der Zahnflanke auf und der Meßschlitten weicht nach rechts aus. Die linke Anschlagsschraube 19 darf nicht zur Berührung kommen. Abhilfe durch Verschieben des Kreuzschlittenoberteils.

Linke Tastkugel loslassen, Kreuzschlittenschrauben anziehen. Meßwagen mittels Schraube 13 (Abb. 10) in die richtige Lage zum Zahnrad (Tastkugelanlage in Flankenmitte) bringen. Klemmschraube 14 gut anziehen.

Fühlhebel durch Stellmutter 20a (Abb. 12) grob auf Null stellen — der Zeiger bewegt sich im Drehsinn der Mutter — Klemmschraube 20b anziehen (Feineinstellung an der Gehäuserückseite).

Hiermit ist also dieser Zahn zum Einstellmaß geworden.

Anm.: Reichen wenige Umdrehungen der Stellmutter nicht aus, so ist die Lage des rechten Meßschnabelhalters und entsprechend auch die der Anschlagsschraube 19 zu verbessern.

Winkelhebel mit Hilfe der Stellschrauben 26a und 26b so einrichten, daß in der Meßstellung zwischen Schraube 26a und Taststange noch ein Spiel von rund 0,5 mm besteht. Den Abstand zwischen linker Anschlagsschraube 19 und Meßwagen-Oberteil ebenfalls auf rd. 0,5 mm bringen. Meßwagen zurückziehen, einrasten lassen und prüfen, ob sich das Zahnrad noch an den Kugeln vorbeidrehen läßt oder ob der Abstand Tastkugel-Zahnkopf zu groß ( $> 1$  mm) ist. Abhilfe durch Schraube 16 (Abb. 10).

Anm.: Im Interesse rascher Messungen ist darauf zu achten, daß der Leerweg des Meßwagens möglichst klein ist.

Meßwagen nochmals vorlaufen lassen und Stetigkeit der Anzeige prüfen (bei sehr guter Oberfläche  $\pm 0,5 \mu$ ).

Wenn Anzeige ungleichmäßig, nochmals sämtliche Klemmschrauben gut anziehen.

Nun von Zahn zu Zahn fortschreiten, indem der Kugelraster zurückgezogen, das Zahnrad weitergedreht und der Kugelraster wieder eingesetzt wird.

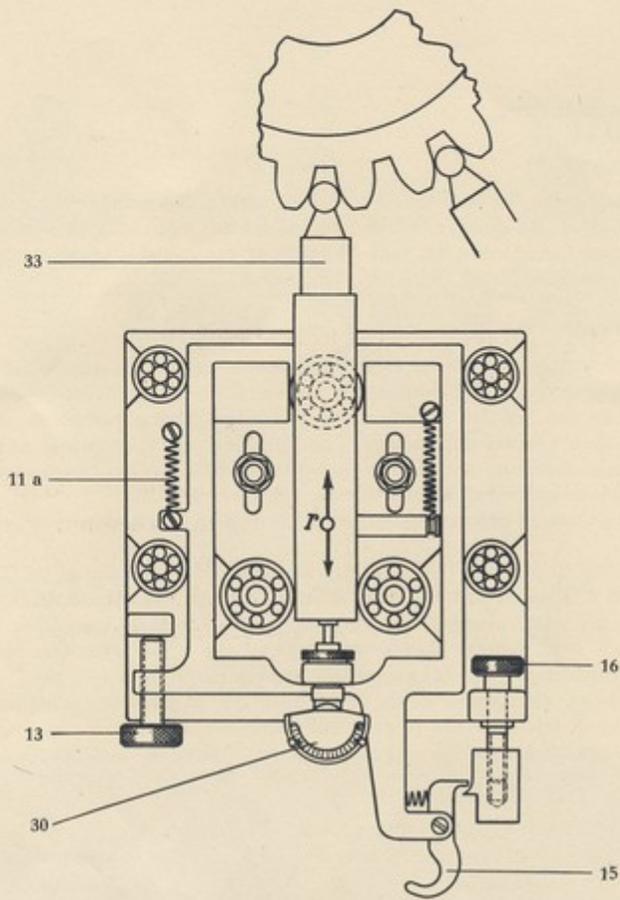


Abb. 20 Schema der Schlag- und Zahnlückenmessung.

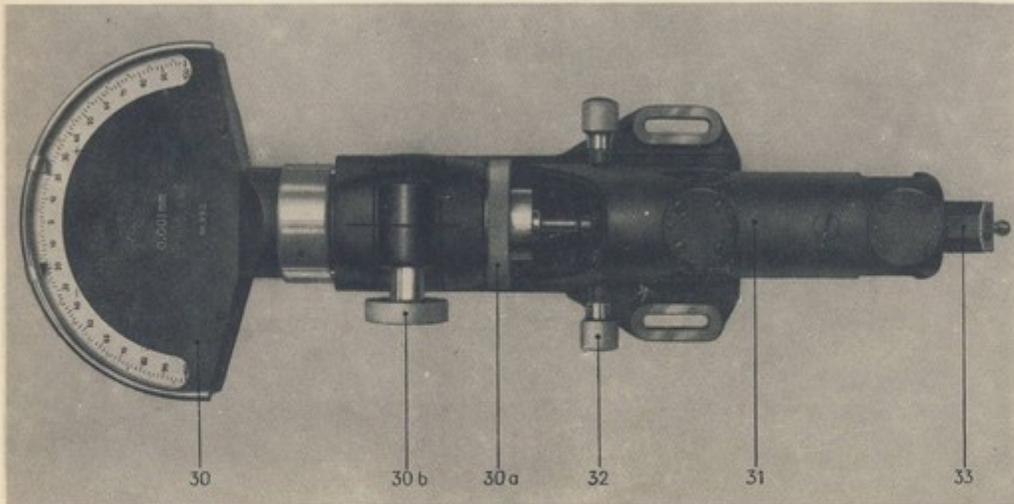


Abb. 21 Radialführlhebel

## **Schlag- und Zahnlückenmessung.**

### **Meßschema (Abb. 20).**

Eine auf bestimmten Abstand von der Zahnradmitte eingestellte und mit einem Fühlhebel verbundene Tastkugel legt sich in einer Zahnücke an zwei gegenüberliegende Flanken an. Jede Abweichung des Fühlhebels zeigt an, daß diese Zahnücke entweder einen anderen radialen Abstand (also Schlag) oder anderen Flankenabstand (also Zahnückenfehler) besitzt.

Für diese Messungen wird eine Hilfseinrichtung verwendet, der sog. Radialfühlhebel, (Abb. 21). Seine Hauptbestandteile sind:

der Fühlhebel (30) mit Stellmutter 30a  
und Klemmschraube 30b,

das Gehäuse 31 mit Langlöchern und Justierschrauben 32,  
der Tastschlitten 33 mit Kugel.

Zur Befestigung auf dem Meßwagen dienen zwei Spannschrauben 34 mit Fußmuttern (Abb. 22).

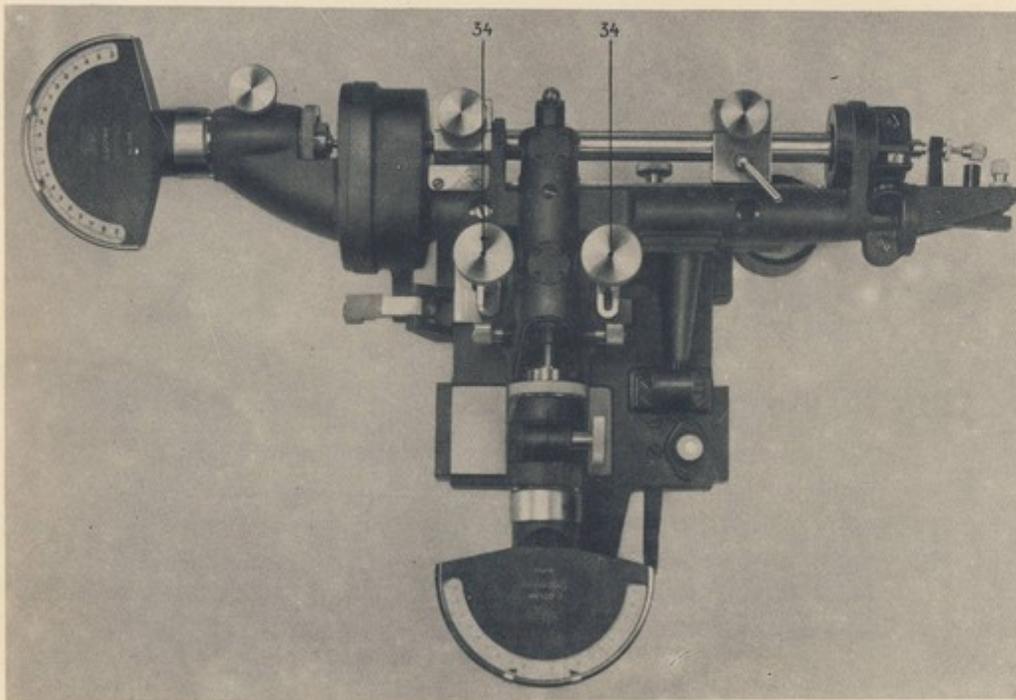
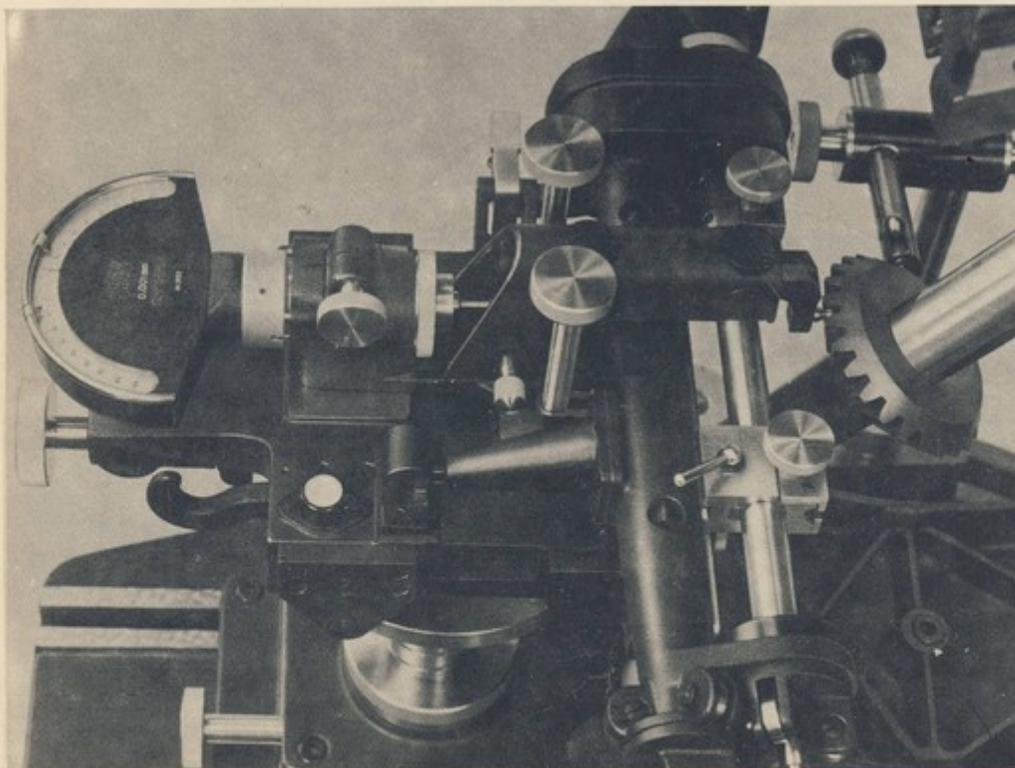


Abb. 22 Radialführlhebel auf Meßwagen befestigt.



23 Schlag- und Zahnlückenmessung an einem Kegelrad.

### Meßvorgang (Abb. 23).

Meßwagen vorlaufen lassen, Meßschlitten durch Anziehen der Anschlagsschrauben 19 (Abb. 18) festklemmen und die Fußmutter der Spannschrauben in die T-Nut einsetzen. Eine Tastkugel nach Maßgabe des Zahnradmoduls aussuchen (Anlage ungefähr in Flankenmitte) und in den Tastschlitten einschrauben. Radialfühlhebel auf Meßwagen setzen, zur Zahnradmitte ausrichten, Spannschrauben einsetzen und anziehen. Fühlhebel 30 (Abb. 21) mit Stellmutter 30a so einrichten, daß der Zeiger schon nach geringem Rücklauf des Tastschlittens anspricht.

Tastkugel durch Verschieben des Kreuzschlittens radial soweit in eine Zahnücke schieben, daß der Fühlhebel ausschlägt. Kreuzschlittenschrauben anziehen, Kugelraster einsetzen (Auswahl der Tastkugel so, daß Anlage in Flankenmitte erfolgt) und Zahnrad in dieser Lage festhalten.

Damit der Fühlhebel nicht auch bei *Teilungsfehlern* anzeigt, müssen die Justierschrauben 32 so eingestellt werden, daß der Tastschlitten nach beiden Seiten geringes Spiel hat.

Fühlhebel durch Stellmutter 30a grob auf Null stellen — der Zeiger bewegt sich im Drehsinn der Mutter — Klemmschraube 30b anziehen (Feineinstellung an der Gehäuse-Rückseite). Stellschraube 13 (Abb. 10) mittels Schraube 14 gut klemmen. Hiermit ist diese Zahnücke sowohl für den Radial- als auch für den Flankenabstand zum Einstellmaß geworden. Meßwagen zurückziehen, einrasten lassen und prüfen, ob sich das Zahnrad an der Tastkugel vorbei drehen läßt oder ob der Abstand Tastkugel—Zahnkopf zu groß ( $> 1$  mm) ist. Abhilfe durch Stellschraube 16 (Abb. 20).

Anm.: Im Interesse rascher Messungen ist darauf zu achten, daß der Leerweg des Meßwagens möglichst klein ist.

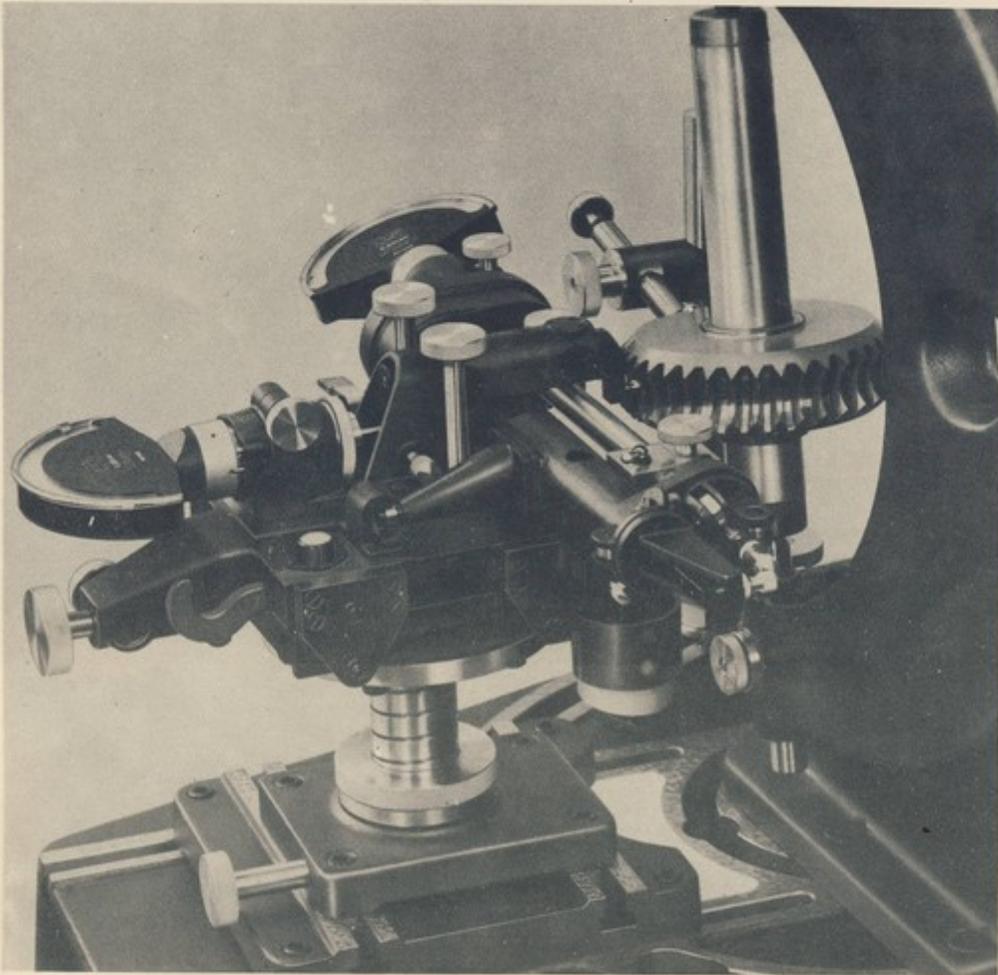


Abb. 24 Schlag- und Zahnlückenmessung an einem Schneckenrad.

Mefswagen mehrmals vorlaufen lassen und Stetigkeit der Anzeige prüfen (bei sehr guter Oberfläche  $\pm 0,5 \mu$ ).

Wenn Anzeige ungleichmäßig, nochmals sämtliche Klemmschrauben gut anziehen.

Nun von Zahn zu Zahn fortschreiten, indem der Kuglraster zurückgezogen, das Zahnrad weitergedreht und der Kuglraster wieder eingesetzt wird.

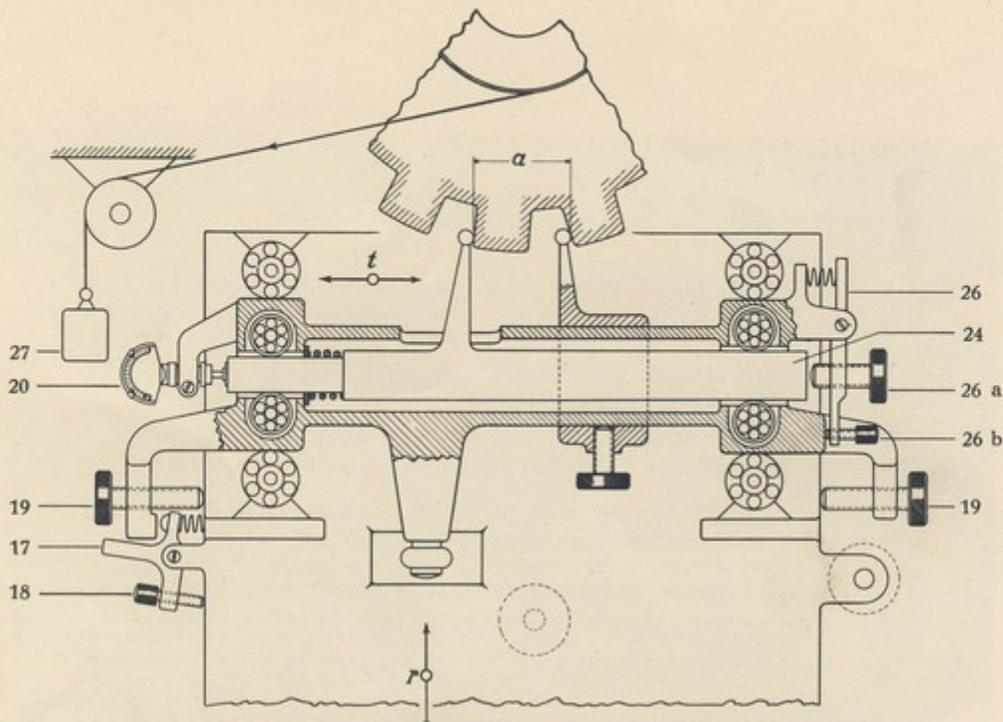


Abb. 25 Schema der Teilungsmessung an Rasten-Teilscheiben.

N.B. Zur Vereinfachung der Darstellung ist die Schraube 18 im Bild am Lufthebel 17 angebracht, im Gegensatz zum Gerät, wo sie sich am Meßschlitten befindet,

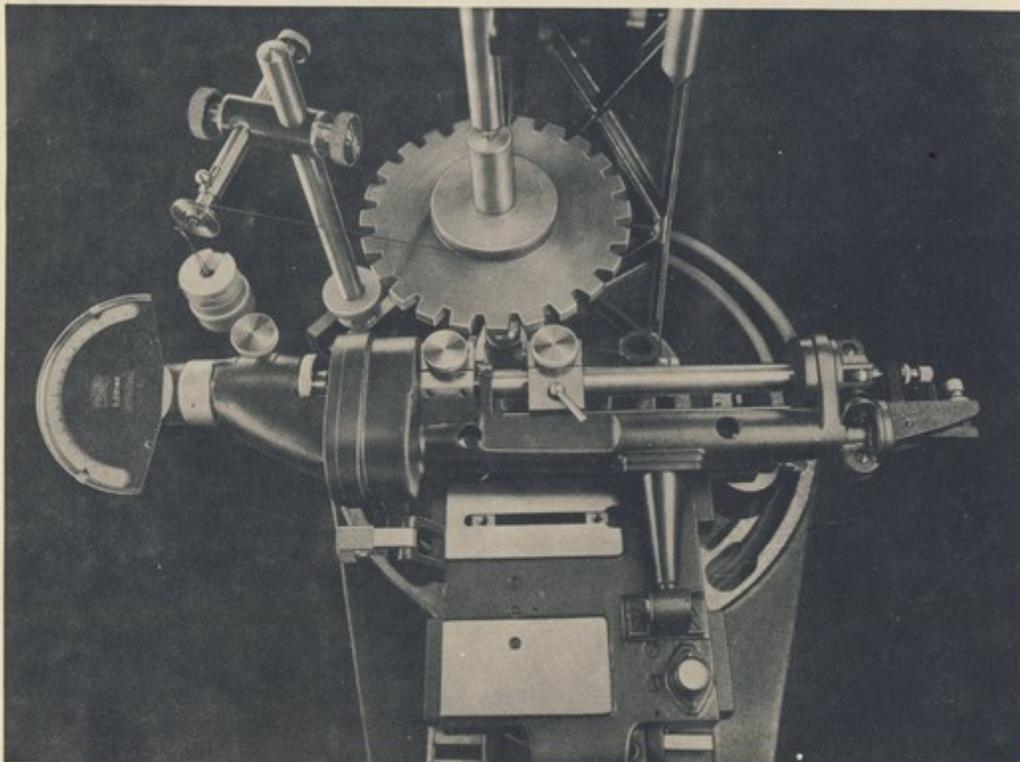


Abb. 26 Teilungsmessung an einer Rastenteilscheibe.

## Prüfung von Rastenteilscheiben.

### Teilungsmessung.

#### Meßschema (Abb. 25).

Zwei benachbarte, gleichgerichtete Rastflächen legen sich unter gleichbleibendem Druck an zwei auf bestimmten Abstand (a, Abb. 25) eingestellte Kugeltaster, deren einer mit einem Fühlhebel verbunden ist, während der andere feststeht. Jede Abweichung des Rastflächenabstandes vom Einstellmaß (also den Teilfehler) zeigt der Fühlhebel an.

#### Meßvorgang (Abb. 26).

Kugel aus dem Raster entfernen und Umleitrolle dafür einschrauben.

Meßwagen vorlaufen lassen. 2 Kugeltaster einsetzen und beide Anschlagsschrauben 19 anziehen.

Linken Meßschnabelhalter zurückführen, bis der Zeiger des Fühlhebels ausschlägt. Rechten Meßschnabelhalter nach Lösen des federnden Knebels dem linken soweit nähern, daß der Kugelabstand etwas kleiner ( $\sim 1$  mm) ist als die Teilung.

Gewichtszug an Teilscheibe befestigen und über die Umleitrolle legen.

Die Befestigung geschieht am einfachsten dadurch, daß man die Zugschnur mit einer Schlaufe in einen Zahn einhängt und mehrmals um den Dorn wickelt. Der Anlagendruck an den Meßschnäbeln muß nun aber so groß sein, daß er den Meßdruck der linken Tastkugel überwindet. Um mit geringen Zuggewichten auszukommen, ist es deshalb vorteilhaft, die Schnur auf einen Zylinder mit möglichst großem Durchmesser aufzuwickeln. Hierzu steckt man nur eine Schnurscheibe auf den Dorn, die lose auf der Teilscheibe liegen und für mehrere Dorn-Durchmesser Verwendung finden kann.

Teilscheibe mit der Hand festhalten und Meßschnäbel durch Verschieben des Kreuzschlittens in 2 benachbarte Rasten bringen. Teilscheibe an der festen Tastkugel anliegen lassen.

Die linke Tastkugel weicht hierbei nach links aus. Es ist eine Stellung zu suchen, in der beide Meßschnäbel die Rastfläche nur mit den Kugeln berühren.

#### Kreuzschlittenschrauben anziehen.

Lage des Meßwagens gegenüber der Rastenscheibe gegebenenfalls durch Stellschraube 13 (Abb. 10) verbessern; Klemmschraube 14 gut anziehen. Fühlhebel 20 (Abb. 12) mittels Stellmutter 20a grob auf Null stellen — der Zeiger bewegt sich im Drehstirn der Mutter — Klemmschraube 20b anziehen (Feineinstellung auf der Gehäuserückseite).

Reichen wenige Umdrehungen der Stellmutter nicht aus, so ist die Lage des rechten Meßschnabelhalters zu verbessern.

Winkelhebel mit Hilfe der Stellschrauben 26a und b so einstellen, daß zwischen Taststange und Stellschraube 26a nur mehr 0,5 mm Spiel vorhanden ist.

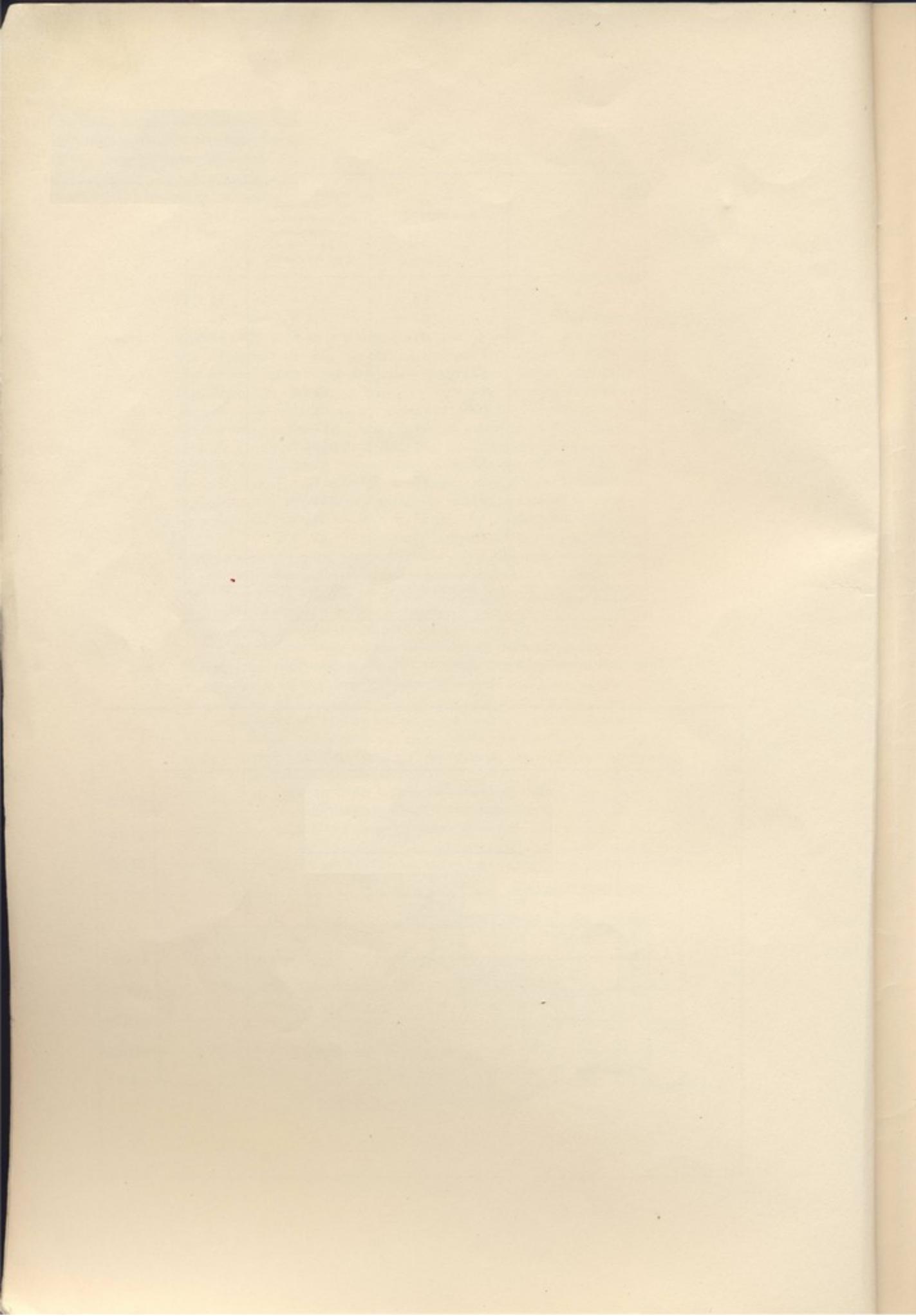
Teilscheibe von Hand mehrmals abheben und Stetigkeit der Anzeige prüfen (bei sehr guter Oberfläche  $\pm 0,5 \mu$ ).

Wenn Anzeige ungleichmäßig, nochmals sämtliche Klemmschrauben gut anziehen.

Nun von Rast zu Rast fortschreiten, indem die Teilscheibe von Hand abgehoben, der Meßwagen zurückgezogen und die Teilscheibe eine Rast weitergedreht wird. Beim Wiedereinfahren des Meßwagens ist darauf zu achten, daß die Tastkugeln nicht am Zahnkopf anstoßen.

### Schlagmessung.

Hierfür gilt die gleiche Anweisung wie für Zahnräder s. S. 32 ff., Abb. 20–24.



III. TEIL

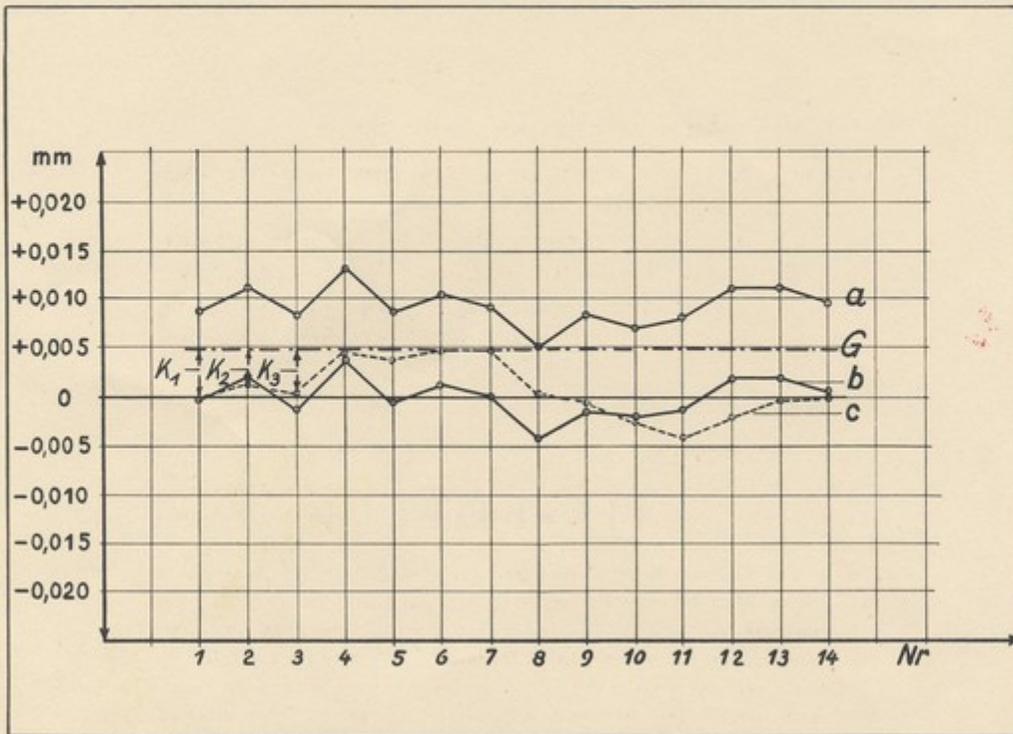


Abb. 27 Teilungsmessung.

$K_1, K_2, K_3$  ..... Korrekturen der betr. Intervalle, wenn Nacharbeit beabsichtigt.  
(Bezugslinie durch größten positiven oder negativen Wert.)

Teilung	Ablesung = Einzelfehler gegen Einstellintervall $\mu$	Ablesung minus Einstell- fehler = Einzelfehler gegen mittleres Intervall $\mu$		Summenfehler bezogen auf den Ausgangswert von Teilung 14 $\mu$	
1	+ 8,7		- 0,5		- 0,5
2	+ 11	+ 1,8		+ 1,3	
3	+ 8,2		- 1,0	+ 0,3	
4	+ 13	+ 3,8		+ 4,1	
5	+ 8,7		- 0,5	+ 3,6	
6	+ 10,2	+ 1,0		+ 4,6	
7	+ 9,2	+ 0		+ 4,6	
8	+ 5,0		- 4,2	+ 0,4	
9	+ 8,2		- 1,0		- 0,6
10	+ 7		- 2,2		- 2,8
11	+ 8		- 1,2		- 4,0
12	+ 11	+ 1,8			- 2,2
13	+ 11	+ 1,8			- 0,4
14	+ 9,6	+ 0,4			0
Mittel- wert	Summe = + 128,8 ( : 14 = + 9,2 = „Einstellfehler“ = Abweichung des Ein- stellintervalls vom mittleren Intervall	+ 10,6	- 10,6		Summe = 0

## Auswertung der Ergebnisse.

Allgemein: Es empfiehlt sich, die gewonnenen Ergebnisse (nach Möglichkeit Mittelwerte mehrerer Einzelmessungen) auf Millimeterpapier über den Nummern der fortlaufend bezifferten Zähne oder Rasten aufzutragen. Man hat in diesem Falle die Möglichkeit, die Lage der einzelnen Werte zueinander übersehen zu können.

## Prüfung von Zahnrädern.

### Teilungsmessung.

Da man einen beliebigen Wert der Teilung zur Nulleinstellung verwendet hat, muß zunächst der Fehler dieses Einstellintervalls gegenüber dem mittleren Intervall bestimmt werden. Er ergibt sich als Mittelwert sämtlicher Einzelfehler, die man bei der Teilungsfehlermessung (s. S. 27–29) ermittelt hat. Dieser Wert ist vom Fehler des jeweiligen Intervalls unter Berücksichtigung des Vorzeichens abzuziehen, um dessen Abweichung gegenüber dem mittleren Wert zu erhalten (Abb. 27a und b und Spalte 3 nebenstehender Tabelle). Über den wahren (Ist-)Wert der gemessenen Teilung ist damit noch nichts gesagt. Da aber die Größe der Teilung bei im Wälzverfahren erzeugten Rädern durch die Herstellungsgenauigkeit der Schneidwerkzeuge bedingt ist, wird man bei der Prüfung von Zahnrädern in erster Linie auf die *Gleichmäßigkeit* der Teilungen achten und ihre Größe am Werkzeug selbst bestimmen.

Die Exzentrizität des Rades übt auf diese Messung keinen Einfluß aus.

Soll noch der Fehler eines Teilwertes gegenüber einem bestimmten Ausgangswert ermittelt werden, so geht man auf folgende Weise vor:

Man bildet zunächst, an dem betreffenden Ausgangswert beginnend, die Summe der Einzelfehler bis zu dem fraglichen Intervall. S. hierzu Tabelle Seite 42, Spalte 4. (Ausgangswert Teilung 14.)

Die Werte der Spalte 4 (s. a. Abb. 27, c) geben also an, um wieviel die fragliche Zahnflanke von ihrem theoretisch richtigen Ort, bezogen auf den Ausgangswert, entfernt liegt. Sollen nun auf Grund der Meßergebnisse die Teilfehler beseitigt werden (durch Nacharbeit), so sucht man sich unter den Summenfehlern diejenigen mit der größten positiven (Abb. 27, G) oder negativen Abweichung heraus und zieht diesen Wert von sämtlichen anderen Summenfehlern ab. Die Ergebnisse stellen die Korrektur an dem betreffenden Teilwert (Abb. 27,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  . . .) dar. Sie müssen sämtlich positiv oder negativ sein (d. h. die Teilungen sind scheinbar sämtlich zu groß oder zu klein), je nachdem in welchem Umlaufsinn man die Nacharbeit vornehmen will, da diese ja nur in irgendeiner Form der Spanabnahme erfolgen kann.

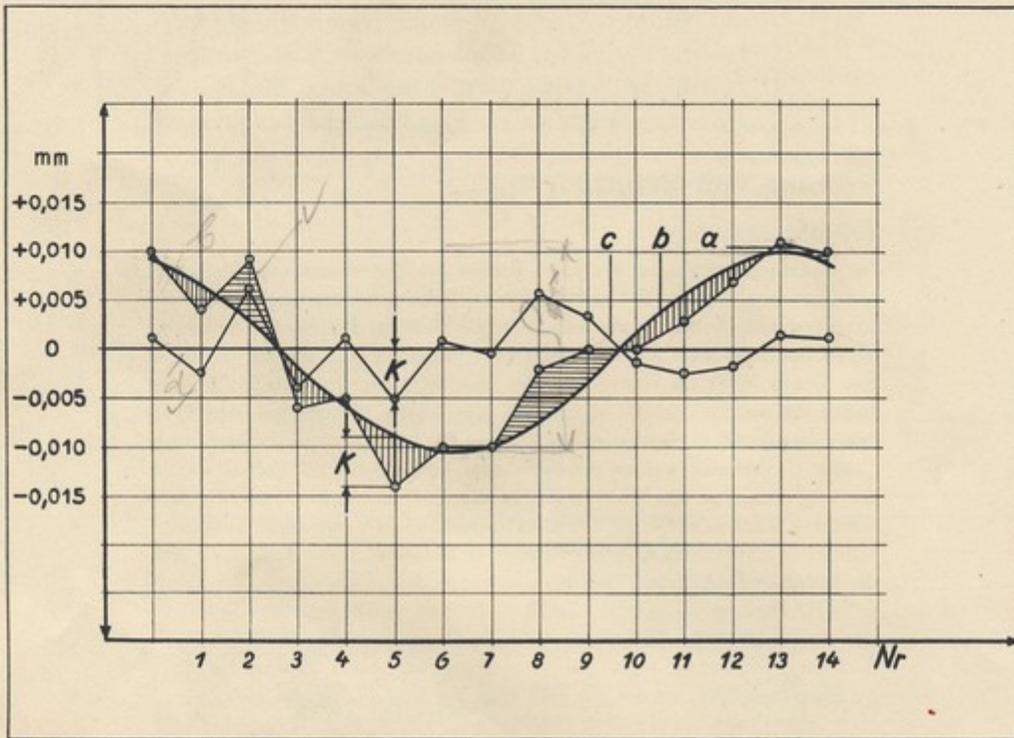


Abb. 28 Zahndicken- und Schlagmessung.

- a) Ablesungen.      b) Ideale Sinuskurve des Schlagfehlers.      c) Zahndickenfehler.

### Zahndickenmessung.

Auch hier wurde zur Nulleinstellung des Fühlhebels ein beliebiger Zahn verwendet, sodaß der Verlauf der erhaltenen Werte nur einen Überblick über die Gleichmäßigkeit der geprüften Zahndicken gibt. Um die Abweichung vom mittleren Wert zu bestimmen, wäre es wieder erforderlich, den Fehler des Einstellzahnes zu ermitteln.

Da sich aber bei dieser Messung die Zahndickenfehler und der Schlag überdecken, ergeben sich erstere in der graphischen Darstellung nur als Abweichungen der Zackenlinie (a in Abb. 28) gegenüber der durch die Exzentrizität bedingten Sinuskurve (b in Abb. 28). Die Ermittlung des Einstellfehlers kann also hierbei unterbleiben. Es sei noch bemerkt, daß der durch tangenciales Abtasten ermittelte Schlag nicht den *wahren*, auf den Durchmesser bezogenen Wert darstellt, da diese beiden nur unter der Voraussetzung gleich sind, daß die Tangenten an die beiden Evoluten des Zahnes in den Berührungspunkten der Kugeln einen Winkel von rund  $53^{\circ}$  miteinander bilden.

Zur Trennung von Zahndickenfehler und Schlag wird man also zunächst durch die aus den Beobachtungen folgende Zickzacklinie eine Sinuskurve legen, die sich den gegebenen Werten soweit anpaßt, daß die über- und unterschließenden Flächen der Zacken ungefähr gleich groß sind. Dabei ist besonders auf die Lage der Nullstellen zu achten (s. hierzu Berndt: Zahnradmessungen, Erfurt 1925). Die Unterschiede der gemessenen und der durch die Sinuskurve bestimmten Ordinatenwerte geben dann die Zahndickenfehler (c, Abb. 28).

### Schlag- und Zahnlückenmessung.

Stellt man die gefundenen Ergebnisse zeichnerisch dar, so wird sich auch hier zeigen, daß die Fehlerkurve einen sinusartigen Verlauf besitzt, sofern das betreffende Rad Schlag hat (s. a, Abb. 28). Die Abweichungen von einer idealen Sinuslinie aber bedeuten, daß sich Fehler durch ungleichförmige Zahnlücken dem des Schlags noch überlagern.

Während sich also die Größe des Schlags aus der Schwingungsweite der Sinuskurve ergibt, kann man die Zahnlückenfehler aus den in der Ordinate gemessenen Abweichungen der Zackenlinie von der Sinuskurve ablesen. Hierzu sei aber bemerkt, daß die durch radiales Abtasten ermittelten Zahnlückenfehler, nicht die *wahren*, auf den Umfang bezogenen darstellen, da diese nur unter der Voraussetzung gleich sind, daß die Tangenten an die beiden Evoluten der Zahnücke in den Berührungspunkten der Kugel einen Winkel von rd.  $53^{\circ}$  miteinander bilden. Die Ermittlung des Einstellfehlers kann unterbleiben, da hier nur der Größtwert des Schlags bestimmt werden muß.

Man wird also wie bei der Zahndickenmessung durch die Zackenlinie der Fehlerreihe zunächst eine Sinuslinie derart legen, daß die über- und unter-

schießenden Flächen der Zacken ungefähr gleich groß sind. Die Schwingungsweite der Sinuslinie ergibt dann die Größe des Schlages. Die Unterschiede der gemessenen und der durch die Sinuskurve bestimmten Ordinaten-Werte geben die Zahnücken-Fehler.

## **Prüfung von Rastenteilscheiben.**

### **Teilungsmessung.**

Da es sich bei den Anlageflächen solcher Scheiben nicht um Evolventen handelt, ist diese Messung im Gegensatz zu der an Zahnrädern nicht unabhängig vom Schlag.

Es ist also nötig, entsprechend der Auswertung von Zahndicken- oder Schlagmessungen (Abb. 28) zunächst die Fehlerkurven aufzutragen, welche bei vorhandenem Schlag einen sinusartigen Verlauf zeigen, und durch die Zackenlinie eine fehlerfreie Sinuskurve zu legen, so daß die über- und unterschließenden Flächen der Zacken einander gleich sind.

Die Abweichungen der gemessenen gegenüber den durch die Sinuskurve bestimmten Ordinatenwerten geben dann die Teilfehler der einzelnen Intervalle. Aus diesen Werten erst ist die Summenfehlerkurve zu bestimmen, sofern man die Lage der Teilungen zu einem bestimmten Ausgangswert feststellen will (siehe hierzu auch Seite 43). Die Schwingungsweite der fehlerfreien Sinuslinie, das Maß für den vorhandenen Schlag, gibt aber auch hier nicht dessen wahren Wert, da die Anzeige des Fühlhebels abhängig ist von der Neigung der Rastflächen zueinander.

Um einen Ueberblick über die Gleichmäßigkeit der Rastflächenneigung zu bekommen, welche ja ebenfalls für die Richtigkeit der Teilscheibeneinstellung maßgebend ist, kann man die Teilungsmessung einmal in Höhe des Teilscheibenrandes und einmal in der Nähe des Rastgrundes durchführen und beide Ergebnisse miteinander vergleichen.

### **Schlagmessung.**

Hierfür kann auf die entsprechende Auswertung von Zahnradmessungen S. 45 verwiesen werden.

Auch hier überlagern sich die Fehler der Rastbreiten dem Schlag.

**V E B C a r l Z e i s s J E N A**

Vertriebsabteilung Feinmeßgeräte

Drahtwort: Zeisswerk Jena

Fernsprecher 3541