

# **PTB-Prüfregeln**

**Meßmaschinen für  
Längen- und Flächenmessung**

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**

Braunschweig und Berlin

ISSN 0341-7964



Diese elektronische Version der PTB-Prüfregel Band 1 ist durch Digitalisierung der 1980 erschienenen Druckversion erzeugt worden. Die folgenden Seiten sind Bilddateien.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt und unterliegt der Creative Commons Nutzerlizenz CC BY-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



**Empfohlene Zitierweise:**

Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Meßmaschinen für Längen- und Flächenmessung [online]. 3. überarbeitete Auflage. Neubearbeitung und Erweiterung (Flächenmeßmaschinen) von R. Mann und P. Zervos der Ausgabe 1.01-73. Braunschweig, © 1980, digitalisiert 2020. PTB-Prüfregeln, Band 1. ISSN 0341-7964.

Verfügbar unter: <https://doi.org.10.7795/510.20200618>

**Herausgeber:**

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

ISNI: 0000 0001 2186 1887

Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Bundesallee 100

38116 Braunschweig

Telefon:(05 31) 592-93 13

Telefax:(05 31) 592-92 92

[www.ptb.de](http://www.ptb.de)

# **PTB-Prüfregeln**

## **Meßmaschinen für Längen- und Flächenmessung**

Neubearbeitung und Erweiterung (Flächenmeßmaschinen)  
von R. Mann und P. Zervos  
der Ausgabe 1.01-73

Herausgegeben von der  
Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)  
in Zusammenarbeit mit den Eichaufsichtsbehörden

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**

Bundesallee 100 · 3300 Braunschweig

<https://doi.org.10.7795/510.20200618>

Die PTB-Prüfregeln sollen als Unterlage und Richtlinie für die Prüfung von Meßgeräten und Betriebsmitteln dienen. Den wesentlichen Teil einer Prüfregel bildet demnach die ausführliche Beschreibung der Prüfverfahren, der benötigten Normalgeräte und anderer Prüfmittel. Soweit es zum besseren Verständnis nützlich erscheint, wird auch auf die Ausführung der Gerätearten und auf Besonderheiten, die bei ihrer Anwendung zu beachten sind, eingegangen. Das Gebiet der PTB-Prüfregeln umfaßt nicht nur die eich- und beglaubigungsfähigen Meßgeräte, sondern auch Meßgeräte und Objekte anderer Art, die im Bereich der PTB geprüft werden. Die Prüfregeln wenden sich sowohl an die Eichbehörden, staatlich anerkannten Prüfstellen und Überwachungsorgane als auch an die Prüflaboratorien von Industrie und Wirtschaft. Sie werden ferner für die Einrichtung von Prüfstellen und Meßräumen sowie für Lehrzwecke von Nutzen sein.

Schriftleitung: Dr. W. Hauser, Bundesallee 100, 3300 Braunschweig

PTB-Prüfregeln Band 1, 3. überarbeitete Auflage 1980

Alle Rechte vorbehalten

Copyright © 1980 by Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig

Satz und Druck: ACO DRUCK GMBH, 33 Braunschweig

Printed in Germany

<https://doi.org.10.7795/510.20200618>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorbemerkung</b>	VII
<b>Teil I Längenmeßmaschinen</b>	1
<b>1. Grundlagen der maschinellen Längenmessung</b>	1
1.1. Maschinengruppen	1
1.1.1. Abrollende Meßmaschinen	1
1.1.2. Legende Meßmaschinen	4
1.1.3. Wickelnde Meßmaschinen	5
1.2. Meßtechnische Begriffe	6
1.2.1. Zustand des Meßgutes	6
1.2.2. Fehlerdefinition	7
1.2.3. Bestimmung des richtigen Längenwertes	7
1.2.3.1. Textilien und ähnlich dehnbare Meßgüter	7
1.2.3.2. Praktisch undehnbare Meßgüter	9
1.2.3.3. Anzahl der Messungen	9
1.3. Fehlerquellen bei der Maschinenmessung	9
1.3.1. Schlupffehler	9
1.3.2. Dehnungsfehler	10
1.3.2.1. Kennwert K von Textilien	10
1.3.2.2. K-Wert-Einteilung der Stoffmeßmaschinen	12
1.3.2.3. Entspannungseinrichtungen bei abrollenden Meßmaschinen	13
1.3.2.4. Entspannungseinrichtungen bei legenden Meßmaschinen	15
1.3.3. Dickenfehler	16
1.3.3.1. Physikalische Grundlagen	16
1.3.3.2. Berechnung bei abrollenden Maschinen	17
1.3.3.3. Berechnung bei legenden Maschinen	20
1.3.4. Oberflächenfehler	21
1.3.5. Umfangsfehler des Meßrades	23
1.3.6. Funktionsfehler elektronischer Einrichtungen	23
<b>2. Prüfung</b>	26
2.1. Allgemeine Prüfredeln	26
2.1.1. Beschaffenheitsprüfung	26
2.1.2. Meßtechnische Prüfung	26
2.2. Besondere Prüfredeln	27
2.2.1. Abrollende Meßmaschinen	27
2.2.1.1. Draht- und Kabelmeßmaschinen	29
2.2.1.2. Bandmeßmaschinen	30
2.2.1.3. Stoffmeßmaschinen	31

2.2.1.4.	Verbandstoffmeßmaschinen	33
2.2.1.5.	Tapetenmeßmaschinen	33
2.2.1.6.	Bodenbelagmeßmaschinen	33
2.2.1.7.	Kleinverkaufmeßmaschinen	34
2.2.1.8.	Wegstreckenmeßmaschinen	34
2.2.1.9.	Folienmeßmaschinen	34
2.2.1.10.	Drahtgeflechtmeßmaschinen	35
2.2.1.11.	Kunststoffmeßmaschinen	35
2.2.1.12.	Markiereinrichtungen	35
2.2.2.	Legende Meßmaschinen (Stofflegemeßmaschinen)	37
2.2.3.	Wickelnde Meßmaschinen (Garnweifen)	39
<b>3.</b>	<b>Prüfmittel</b>	41
3.1.	Einteilung der Prüfmittel	41
3.2.	Beschaffenheit der Prüfmittel	41
3.2.1.	Gebrauchsnormalgeräte	41
3.2.2.	Hilfsmeßgeräte	41
3.2.3.	Hilfseinrichtungen	42
3.2.4.	Meßgut	43
3.3.	Prüfung der Gebrauchsnormalgeräte u. Hilfsmeßgeräte	43
3.3.1.	Gebrauchsnormalgeräte	43
3.3.2.	Hilfsmeßgeräte	44
<b>4.</b>	<b>Fehlergrenzen</b>	45
<b>Teil II</b>	<b>Flächenmeßmaschinen</b>	47
<b>5.</b>	<b>Grundlagen der maschinellen Flächenmessung</b>	47
5.1.	Meßverfahren	47
5.2.	Maschinengruppen	47
5.3.	Technische Ausführung	48
5.4.	Fehlerarten	50
5.4.1.	Randfehler	50
5.4.2.	Dickenfehler	52
5.4.3.	Schlupffehler	52
5.4.4.	Welligkeitsfehler	52
5.4.5.	Beschaffenheitsfehler	53
<b>6.</b>	<b>Prüfung</b>	54
6.1.	Flächeneinheit	54
6.2.	Zustand des Meßgutes	55
6.3.	Beschaffenheitsprüfung	55



6.4.	Meßtechnische Prüfung	56
6.4.1.	Normalflächen	56
6.4.2.	Ablauf der Prüfung	57
6.5.	Zusatzeinrichtungen	59
<b>7.</b>	<b>Prüfmittel</b>	<b>60</b>
7.1.	Gebrauchsnormalgeräte	60
7.2.	Hilfsmeßgeräte	60
<b>8.</b>	<b>Fehlergrenzen</b>	<b>61</b>



## Vorbemerkung

Zur dynamischen Messung größerer Längen von Waren sowie zur Bestimmung des Inhalts vorwiegend unregelmäßig begrenzter Materialflächen werden in Industrie und Handel Meßmaschinen verwendet. Sie gestatten im Gegensatz zum zeitraubenden, unrationellen manuellen Meßvorgang eine maschinelle, kontinuierliche Messung am bewegten Meßgut.

Längen- und Flächenmeßmaschinen, die im geschäftlichen oder amtlichen Verkehr verwendet oder im geschäftlichen Verkehr so bereit gehalten werden, daß sie ohne besondere Vorbereitung in Gebrauch genommen werden können, müssen – soweit sie nicht der Fertigpackungsverordnung unterliegen – nach § 1 des Eichgesetzes vom 11. Juli 1969 (BGBl. I S. 759) geeicht sein.

Die nachfolgende Darstellung zeigt Eichbehörden, Herstellern und Anwendern solcher Meßmaschinen die Regeln, nach denen die Maschinenprüfung vorgenommen werden sollte; sie löst die PTB-Prüfregeln 1.01-73 (Meßmaschinen für Längenmessung) ab.

Zum besseren Verständnis sind diesen Prüfregeln die Grundlagen der maschinellen Längen- und Flächenmessung in kurzer Form vorangestellt.

Die im Text enthaltenen Hinweise auf Vorschriften der Eichordnung beziehen sich auf die Eichordnung vom 15.1.1975 mit 1. Änderung vom 13.1.1977 und 2. Änderung vom 9.8.1978. Das Zitat „EO 1-5 Nr. 5.3.1“ bedeutet die Vorschrift Nr. 5.3.1 im Abschnitt 5 (Meßmaschinen für Längenmessung) der Anlage 1 (Längenmeßgeräte) der genannten Eichordnung.



# Teil I Längenmeßmaschinen (EO 1-5)

## 1. Grundlagen der maschinellen Längenmessung

### 1.1. Maschinengruppen

Längenmeßmaschinen kommen in zahlreichen Formen und Bauarten vor. Die Vielfalt der Ausführungen entstand durch die Verschiedenartigkeit der Meßgüter, die unterschiedlichen Forderungen hinsichtlich der Meßgenauigkeit und die neben der Längenmessung gewünschten technischen Verarbeitungsmöglichkeiten des Meßgutes.

Nach dem Prinzip des Meßvorganges lassen sich die Maschinen in drei Gruppen ordnen.

#### 1.1.1. Abrollende Meßmaschinen

Abrollende Maschinen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie die zu messende Länge eines Meßgutes oder einer Wegstrecke durch Abrollen eines Meßrades (auch Meßwalze) mit festgesetztem Umfang bestimmen. Der Drehwinkel des Meßrades ist ein Maß für die gemessene Länge, die mit Hilfe eines Zählwerks angezeigt wird.

Der weitaus größte Teil aller Längenmeßmaschinen gehört zur Gruppe der abrollenden Meßmaschinen. Die Ausführungsform ist vom zu messenden Gut geprägt.

Man unterscheidet daher Meßmaschinen für:

- Drähte und Kabel (Seile, Schläuche u.dgl.),
- Bänder (Litzen, Kordeln u.dgl.),
- Stoffe (Web- und Maschenstoffe, kaschierte Stoffe, Vliesstoffe),
- Verbandstoffe,
- Tapeten,
- Bodenbeläge,
- den Kleinverkauf bestimmter Meßgutarten (Kabel, Seile, Bänder u.dgl.),
- Wegstrecken,
- Folien (Papier, Folien aus Metall oder Kunststoff),
- Kunststoffe (Rohre, Profile, Bahnen),
- Drahtgeflechte.

Im Bild 1 ist als Beispiel das Schema einer Stoffmeß- und Schaumaschine dargestellt (die Tastrollenanordnung ist patentrechtlich geschützt). Beim Messen läuft das Meßgut von der Docke 1 über die Zuführwalzen 2, 3 von unten um die Tastrolle 4 zur Zugwalze 5. Die in der Schwinde 6 pendelnd gelagerte Tastrolle 4 dient als mechanischer Fühler und steuert über eine Regeleinrichtung die Umfangsgeschwindigkeit der Zuführwalzen 2, 3, so daß zwischen ihnen und der Meßstelle (5, 17, 18) stets eine Schlaufe entspannten Meßgutes existiert. Beim Absinken der Tastrolle unter die Ausgangslage verringert sich die Umfangsgeschwindigkeit der Walzen 2, 3 und es wird weniger Meßgut zugeführt als die Walze 5 abzieht; die Durchhangtiefe der Entspannungsschlaufe nimmt ab. Steigt die Tastrolle über die Ausgangslage, so erhöht sich die Umfangsgeschwindigkeit der Walzen 2, 3 und es wird mehr Meßgut gefördert; die Durchhangtiefe der Schlaufe nimmt zu.

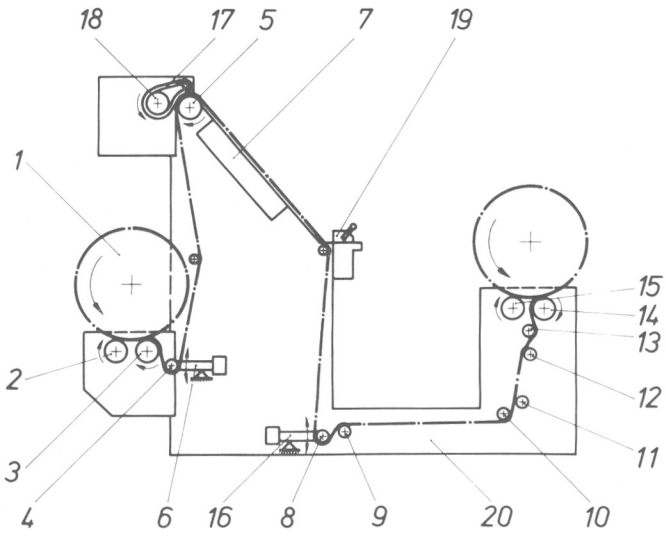


Bild 1

Schema einer Stoffmeß- und Schaumaschine

- 1 Docke, 2, 3 Zuführwalze, 4 Tastrolle, 5 Zugwalze, 6 Schwinde,
- 7 Schautisch, 8 Tastrolle, 9, 10, 11, 12 Umlenkrolle, 13 Breitstreckwalze,
- 14, 15 Aufrollwalze, 16 Schwinde, 17 Gurt, 18 Meßrad, 19 Zählwerk, 20 Podest

An der Walze 5 tastet der Gurt 17 die Länge des Meßgutes ab. Die Gurtbewegung überträgt sich auf das Meßrad, das mechanisch, elektromechanisch oder elektronisch mit dem Zählwerk 19 gekoppelt ist.

Nach der Meßstelle gelangt das Meßgut über den Beschautisch 7 zur Tastrolle 8 und von dort über die Umlenkrollen 9, 10, 11, 12 sowie die Breitstreckwalze 13 zur Steigdockenaufrollung 14, 15. Die in der Schwinde 16 pendelnd gelagerte Tastrolle 8 arbeitet analog der Tastrolle 4 und steuert beim Rückwärtsfahren des Meßgutes die Umfangsgeschwindigkeit der Walzen 14, 15.

Das auf dem Podest 20 sich befindende Bedienungspersonal hat bei dieser Maschinenausführung gleichzeitig das Zählwerk und den Beschautisch im Blickfeld.

Im gezeigten Beispiel wird das Meßrad indirekt über den endlosen Gurt angetrieben. Im allgemeinen berührt jedoch das Meßrad das Meßgut unmittelbar und wird dadurch direkt angetrieben. Je nach Ausführungsart der Meßmaschine ist auch Eigenantrieb des Meßrades möglich.

Ein besonderes Augenmerk ist auf die Meßgutführung im Bereich des Meßrades zu richten, da in diesem Bereich leicht Meßfehler entstehen. Nur dünnes Meßgut (z.B. Stoff) darf im gekrümmten Zustand abgetastet werden, da in diesem Fall der Dickenfehler (siehe Abschn. 1.3.3) kompensiert oder vernachlässigt werden kann. Bei dicken Materialien (z.B. Kabel) führt eine Krümmung des Meßgutes an der Meßstelle zu großen Fehlern, so daß an dieser Stelle eine geradlinige Führung des Meßgutes anzustreben ist.

Besondere Bedeutung gewinnt die Führung des Meßgutes vor der Meßstelle bei spannungsempfindlichem Meßgut. In diesem Fall müssen besondere Einrichtungen das Meßgut entspannen und entspannt der Meßstelle zuführen (siehe Abschn. 1.3.2.3).

Zusätzlich unterscheidet man hinsichtlich der Arbeitsweise zwei Arten abrollender Längenmeßmaschinen:

- a) Zum Messen: Auf diesen Maschinen werden beliebige Längen von Meßgut gemessen, z.B. die gesamte Länge eines vorgelegten Stoffballens. Die Meßeinrichtung zeigt die gemessene Länge an, die durch ein wahlweise vorhandenes Druckwerk registriert werden kann.
- b) Zum Abmessen: Auf diesen Maschinen werden fortlaufend bestimmte, meist gleiche Längen von Meßgut abgemessen und abgetrennt. Der Vorgang erfolgt häufig automatisch (z.B. Kabelmeßautomaten). Einstellvorrichtungen für die abzumessende Länge und die Geschwindigkeitsänderungen des Meßgutes müssen vorhanden sein. Ein Längenzählwerk ist nicht vorgeschrieben, wenn lediglich eine Länge abmeßbar ist.

### 1.1.2. Legende Meßmaschinen

Die Maschinen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie die zu messende Länge durch Aufschichten des Meßgutes in Lagen festgesetzter Länge und Zählen der Lagen bestimmen. Das Zählwerk ist in diesem Fall ein Lagenzählwerk. Die Länge der letzten im allgemeinen unvollständigen Lage (Reststück) wird mit einem Maßstab von Hand festgestellt. Die Gesamtlänge des Stapels ergibt sich aus dem Produkt von Lagenanzahl und Lagenlänge, zuzüglich der Länge des Reststückes.

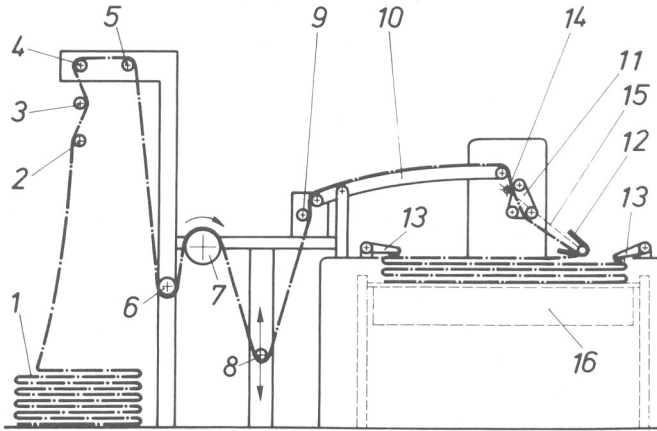


Bild 2

Schema einer Stofflegemeßmaschine

- 1 Vorratsstapel, 2, 3, 4, 5 Führungsstange, 6 Umlenkrolle, 7 Zugwalze, 8 Ausgleichsrolle, 9 Führungsstange, 10 Einlauftisch, 11 Schwenkrahmen, 12 Legeschaukel, 13 Greifer, 14 Drehachse, 15 Schubstange, 16 Hubtisch

Bisher sind Legemeßmaschinen nur für Stoffe ausgeführt worden. Im Bild 2 ist als Beispiel ein Schema dieser Art von Maschinen dargestellt. Das im Vorratsstapel 1 gelagerte Meßgut gelangt über die Führungsstangen 2, 3, 4, 5 und die Umlenkrolle 6 zur Zugwalze 7, die dem Legeteil kontinuierlich Meßgut zuführt. Von der Zugwalze läuft das Meßgut unter der Ausgleichsrolle 8 um die Führungsstange 9 über den Einlauftisch 10 durch den Schwenkrahmen 11 zur Legeschaukel 12, die den Greifern 13 in gleichmäßigen Lagen das Meßgut zuführt. Ein im Gestell sich bewegender Legewagen (nicht gezeichnet) treibt die Legeschaukel an, wobei die Schaukel an den Endstellungen bei den Greifern 13 durch eine in der Drehachse 14 gelagerte Schubstange 15 umgekehrt wird. Infolge der oszillierenden Bewegung der Schaukel treten starke Beschleunigungen auf, die zur Dehnung des Meßgutes führen. Ein Vermindern dieser Dehnung, kurz bevor das Meßgut die Greifer erreicht, bewirkt der Schwenkrahmen



11 (siehe Abschn. 1.3.2.4). Eine durch die starken Beschleunigungen mögliche Faltenbildung des Meßgutes auf dem Einlauftisch verhindert die Ausgleichsrolle 8, die durch ihre Eigengewichtskraft des Meßgut gleichmäßig unter geringer Zugspannung hält. Im Gestell befindet sich ein Hubtisch 16, der den Meßgutstapel aufnimmt und sich während jeder neuen Lagenbildung absenkt.

### 1.1.3. Wickelnde Meßmaschinen

Diese Maschinen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie die zu messende Länge durch Wickeln des Meßgutes auf ein drehbares Gestell (Weife) von 1 Meter Umfang bestimmen. Der Drehwinkel des Gestelles ist ein Maß für die Länge; er überträgt sich auf ein Zählwerk, das die Zahl der Umdrehungen anzeigt. Die Länge des gewickelten Gutes ergibt sich aus dem Produkt von Umdrehungszahl und Umfang der Weife.

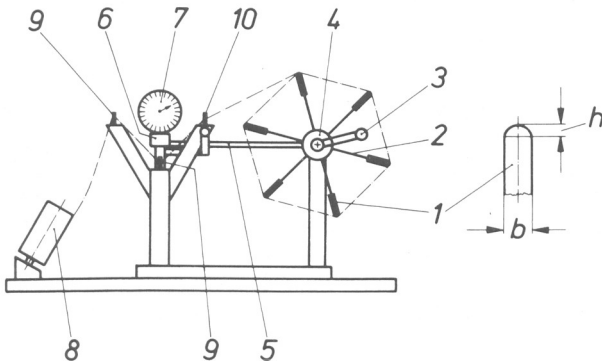


Bild 3

Vorderansicht einer schematisierten Garnweife

- 1 Garträger, 2 Stäbe, 3 Handkurbel, 4 Übersetzungsgetriebe,  
5 Verbindungsstange, 6 Schneckengetriebe, 7 Zählwerk, 8 Vorratsspulen,  
9 feste Leitösen, 10 bewegliche Leitösen

Bisher sind wickelnde Meßmaschinen nur für Garne ausgeführt worden. Im Bild 3 ist als Beispiel das Schema einer manuell anzutreibenden Garnweife dargestellt. Die Weife besteht aus 6 Garträgern 1, die durch die Lagerung mittels der Stäbe 2 ein regelmäßiges Sechseck bilden. Der Antrieb der Weife erfolgt manuell über die Kurbel 3, wobei das Getriebe 4 die Drehzahl der Weife verdoppelt. Die Umdrehungen der Weife werden durch ein Winkelgetriebe, die Verbindungsstange 5 und ein Schneckengetriebe auf das analoge Zählwerk 7 übertragen, das die Anzahl der Weifenumdrehungen anzeigt. Das Meßgut gelangt

von den Vorratsspulen 8 über die festen Leitösen 9 und die beweglichen Leitösen 10 auf die Weife. Ein mit der Verbindungsstange 5 gekoppeltes Kurvengetriebe verschiebt beim Drehen der Weife die Leitösen 10 senkrecht zur Zeichenebene, so daß sich beim Wickeln das Meßgut nebeneinander auf der Weifkronen anlagert (maximal 2 Lagen). Es befinden sich jeweils 4 Ösen auf den Haltern senkrecht zur Zeichenebene, wodurch gleichzeitig 4 unabhängige Wickel herstellbar sind. Die 6 Garträger sind in ihrer Form und ihren Abmessungen festgelegt (Breitenbereich  $b$  des Steges von 2,7 mm bis 3,2 mm, Höhenbereich  $h$  des Kreisbogens von 0,2 mm bis 0,5 mm).

## 1.2. Meßtechnische Begriffe

### 1.2.1. Zustand des Meßgutes

Die mechanisch technologischen Eigenschaften des Meßgutes hängen mehr oder weniger stark vom Klima des umgebenden Raumes und von den inneren Spannungen des Meßgutes ab.

Als Normklima ist ein Luftzustand mit einer Temperatur von  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  und einer relativen Luftfeuchtigkeit von  $65\% \pm 2\%$  definiert. Der Einfluß der Temperatur und Feuchtigkeit auf die Länge des Meßgutes ist je nach Meßgutart sehr unterschiedlich. Feste Materialien (Kabel, Profile, Rohre) sind hauptsächlich temperaturabhängig, jedoch unempfindlich gegen Luftfeuchtigkeit; Textilien und Papier sind neben der Temperaturabhängigkeit sehr empfindlich gegen Luftfeuchtigkeit. Im praktischen Meßbetrieb sind die Bedingungen des Normklimas nur selten einzuhalten, wobei die möglichen Fehler selten die Eichfehlergrenzen überschreiten. Lediglich in Zweifelsfällen ist das Normklima herzustellen.

Spannungen im Meßgut führen bei dehnungsempfindlichen Meßgütern zu Meßfehlern, wenn die Spannungen sich an der Meßstelle noch nicht abgebaut haben. Diese Spannungen können bereits vor der Messung im Meßgut vorhanden sein (z.B. durch straffes Aufwickeln auf einer Vorratsrolle) oder aber während der Messung innerhalb der Maschine im Meßgut hervorgerufen werden (z.B. durch große Zug- und Fliehkräfte). Durch besondere Entspannungseinrichtungen müssen diese Spannungen an der Meßstelle soweit reduziert sein, daß sie keine nennenswerten Dehnungsfehler verursachen können (vgl. Abschn. 1.3.2).

Besonders problematisch sind Längenmessungen, wenn herstellungsbedingte Einflüsse im Meßgut noch nicht abgeklungen sind (z.B. Kriechen bei Kunststoffprofilen, Nadelfilzbodenbelägen). In diesem Fall müssen die nach der Messung auftretenden Längenänderungen genau bekannt sein, damit sie

bereits im Meßergebnis berücksichtigt werden können. Andernfalls ist eine Messung erst nach Erreichen des Meßgutendzustandes möglich.

### **1.2.2. Fehlerdefinition**

Die Fehlerdefinition lautet: „Fehler gleich ausgegebener Wert minus richtiger Wert“. Der maschinenmäßig bestimmte – angezeigte oder registrierte – Meßwert ist in allen Fällen der ausgegebene Wert; er wird oft auch „Maschinenmaß“ genannt. Bei den zum Abmessen dienenden Maschinen gilt jedoch als „Maschinenmaß“ nicht die Zählwerksanzeige, sondern die auf der Verpackung der fertigen Verkaufseinheit angegebene Länge.

Die zugehörige richtige Länge wird in der Regel durch Nachmessen der maschinenmäßig bestimmten Meßgutlänge mit Hilfe eines Meßbandes von Hand erhalten.

Nur in Sonderfällen ist das Nachmessen des Meßgutes zur Feststellung der richtigen Längen entbehrlich, und zwar dann, wenn der zu erwartende Fehler der Maschinenmessung aus den geometrischen Daten der meßtechnisch wesentlichen Bauteile errechnet werden kann. So gilt z.B. bei den Garnweifen das Produkt aus Nennumfang der Weifkronen und Anzahl der Umdrehungen als der maschinenmäßig ermittelte Meßwert und das Produkt aus dem gemessenen Umfang und Anzahl der Umdrehungen als der richtige Meßwert.

### **1.2.3. Bestimmung der richtigen Länge**

Die richtige Länge muß bei klimatisch längenempfindlichem Meßgut im gleichen Klima wie bei der Maschinenmessung bestimmt werden, um lediglich die Fehler der Maschine festzustellen. Das Meßgut muß sich im dehnungsfreien, glatten und geradlinigen Zustand befinden. Dieser Zustand ist bei dehnungsempfindlichem Meßgut nicht einfach zu erreichen, so daß eine bestimmte Handhabung vorgeschrieben ist. Bei Textilien ist dafür ein besonderer Meßtisch notwendig, von dem die Bezeichnung „Tischmaß“ abgeleitet ist.

#### **1.2.3.1. Textilien und ähnlich dehbare Meßgüter**

Die richtige Länge von Textilien wird erhalten, indem das Meßgut in faltenlosem und ungedehntem Zustand auf einen Meßtisch gelegt und in Abschnitten von mindestens 4 m Länge gemessen wird. Die Abmessungen des Tisches müssen größer sein, als diejenigen des Meßgutabschnittes; die Oberfläche des Tisches muß eben und glatt sein und sollte möglichst nicht aus Kunststoff bestehen (elektrostatische Aufladung).

Folgende Handhabung des Meßgutes ist vorgeschrieben:

Das Meßgut wird in losen Lagen auf einem Tischende oder in einer angrenzenden Mulde bereitgelegt und soll dort ca. 5 Minuten zur Vorentspannung ruhen. Anschließend wird es von Hand soweit über den Tisch gezogen, bis sich die Ausgangsmarke der Messung am anderen Tischende befindet. Nun wird am entgegengesetzten Tischende ein glatter Metallrundstab (Länge ca. 30 cm größer als die Meßgutbreite, Durchmesser etwa 25 mm) unter dem Meßgut durchgesteckt und beiderseitig so angehoben, daß sich aus dem Vorrat eine Meßgutschlaufe gemäß Bild 4 bildet.

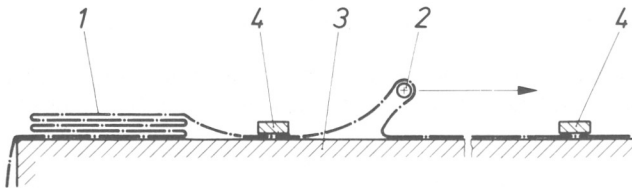


Bild 4

Handhabung von dehnungsempfindlichen Textilien zur Bestimmung  
des richtigen Längenwertes

1 Meßgutvorrat, 2 Rundstab, 3 Tisch, 4 Gewichtsstück

Nach Sichern des Abschnittes gegen Verrutschen führt man den in ca. 10 cm Höhe über den Tisch gehaltenen Stab mit geringer Schrittgeschwindigkeit zum anderen Tischende. Bei diesem Vorgang kann sich eine vorhandene Dehnung des Meßgutes durch Materialentnahme aus der Schlaufe abbauen. Ist die Schlaufe vor Erreichen des Tischendes aufgezehrt, so muß der Entspannungsvorgang wiederholt werden. Reibung von Meßgutteilen aneinander innerhalb der Schlaufe ist zu vermeiden, da diese den Abbau der Dehnung behindert. Beim Messen wird die Ausgangsmarke auf der Stoffbahn mit dem Nullstrich des Meßbandes (oder Maßstabs) zur Deckung gebracht und das Ende der Meßstrecke (zugleich Anfang des folgenden Abschnittes) z.B. durch eine Stecknadel markiert (Einstichstelle gilt als Marke). Durch Aneinanderreihen der Abschnitte unter Beibehaltung der gleichen Verfahrensweise gewinnt man die Gesamtlänge des Meßgutes.

Der beschriebene Vorgang zur Bestimmung der richtigen Länge hat sich in der Praxis sowohl bei Web- als auch bei Maschenstoffen grundsätzlich gut bewährt. Bei Textilarten mit großer „Biegesteifheit“ ist jedoch die beschriebene Handhabung zum spannungslosen Ausbreiten nicht möglich, weil sich das Meßgut dem Bilden einer Schlaufe gemäß Bild 4 widersetzt.

In diesen Ausnahmefällen sollte das früher übliche Verfahren angewendet werden. Der auf dem Tisch ausgebreitete Meßgutabschnitt wird an seinem Anfang

um ca. 30 cm angehoben und schnell nach unten bewegt, so daß zwischen Meßgut und Tischoberfläche eine Luftwelle entsteht, die in der gesamten Meßgutbreite die Abschnittlänge durchläuft („Anlüften“ des Meßgutes). Kurz bevor die Luftwelle das Abschnittsende erreicht, wird das Meßgut an diesem Ende zum Entweichen der Luft angehoben. Nach mehrmaligem Wiederholen dieses Vorganges liegt das Meßgut annähernd ungedehnt für die Messung auf dem Tisch.

### **1.2.3.2. Praktisch undeformbare Meßgüter**

Die richtige Länge von dehnungsunempfindlichen Materialien (z.B. Drähte, Kabel, Bodenbeläge) wird erhalten, wenn das Meßgut im geradlinigen bzw. faltenlosen Zustand auf einer geeigneten Bahn oder dem Fußboden in Abschnitten von ca. 10 m Länge mit Hilfe eines Meßbandes nachgemessen wird. Die Kennzeichnung der Abschnitte erfolgt durch auf dem Meßgut angebrachte Markierungen (Fettstift, Klebmarken, Drahtumwicklung).

### **1.2.3.3. Anzahl der Messungen**

Die Bestimmung der richtigen Länge ist bei undeformbaren Meßgütern unproblematisch. Daher reichen in diesem Fall 2 Messungen aus, um eine zufällige Falschablesung zu erkennen. Bei dehnungsempfindlichem Meßgut müssen mindestens 3 Messungen stattfinden. Die Abweichung des Einzelwertes vom Mittelwert der Messungen darf nicht größer als ein Drittel der Eichfehlergrenzen sein, andernfalls ist die Anzahl der Messungen zu erhöhen.

## **1.3. Fehlerquellen bei der Maschinenmessung**

Das Meßergebnis von Längenmeßmaschinen wird im wesentlichen von 6 Fehlerquellen beeinträchtigt: Schlupffehler, Dehnungsfehler, Dickenfehler, Oberflächenfehler, Umfangsfehler des Meßrades und Funktionsfehler elektronischer Einrichtungen.

### **1.3.1. Schlupffehler**

Schlupf tritt vornehmlich bei abrollenden Maschinen auf, und zwar dann, wenn der Kraftschluß zwischen dem Meßrad und Meßgut unzureichend ist und es zu einem Gleiten zwischen den Oberflächen kommt. Infolgedessen entsteht ein Meßfehler, weil die Umfangsgeschwindigkeit des Meßrades von der Vorschubgeschwindigkeit des Meßgutes abweicht. Dieser Fehler kann sowohl positiv als

auch negativ sein; er ist stets nicht reproduzierbar. Durch folgende Maßnahmen läßt sich der Schlupffehler weitgehend vermindern:

- a) Man erhöht den Kraftschluß, indem ein Rad, eine Rolle oder ein endloses Band das Meßgut an das Meßrad drückt. Diesem Vorhaben sind Grenzen gesetzt, da die zusätzliche Andruckkraft den Drehwiderstand der rotierenden Bauteile erhöht, wodurch unzulässige Dehnungsfehler im Meßgut auftreten können. Bei Kabelmeßmaschinen hat sich erfahrungsgemäß eine Druckkraft von ca. 30 N als günstig erwiesen.
- b) Man erhöht die Reibungszahl, indem das Meßrad mit einem dauerhaften Belag aus Gummi, Kunststoff o.ä. versehen wird. Durch eine Rändelung oder Riffelung der Meßradoberfläche ergibt sich neben der kraftschlüssigen Haftung eine formschlüssige Verbindung zwischen Meßrad und Meßgut im Mikrobereich.
- c) Man vermindert den Drehwiderstand des Meßrades und der mit dem Meßrad verbundenen umlaufenden Bauteile durch reibungsarme Ausführung aller Lagerungen und Kleinhalten der rotierenden Massen.
- d) Man vermeidet starke Beschleunigungen und Verzögerungen des Meßgutes. (Es darf kein Rucken auftreten.)

### **1.3.2. Dehnungsfehler**

Dehnungsfehler treten an abrollenden und legenden Maschinen auf, und zwar dann, wenn während des Meßvorganges Zugkräfte am Meßgut die Länge des Meßgutes in unzulässigem Maß beeinflussen. Das ist erfahrungsgemäß bei Meßgütern mit kleinem Elastizitätsmodul und relativ hoher Elastizitätsgrenze leicht möglich, also vornehmlich bei Bändern und Stoffen. Die EO 1-5 Nr. 5.2.4, 5.3.2 und 6.1.3 schreibt in diesen Fällen für die Meßmaschinen Einrichtungen vor, die vorhandene innere Spannungen und damit Dehnungen des Materials an der Meßstelle soweit aufheben, daß keine unzulässige Beeinträchtigung der Längenmessung auftritt. Der für diese Entspannungseinrichtungen notwendige technische Aufwand hängt maßgeblich von den Dehnungseigenschaften des Meßgutes ab. Für Textilien wurde zur Charakterisierung des Dehnungsverhaltens der Kennwert  $K$  definiert.

#### **1.3.2.1. Kennwert $K$ von Textilien**

Der Dehnungsfehler von Textilien hängt bei der maschinellen Längenmessung erfahrungsgemäß von der „Dehnbarkeit“ in Vorschubrichtung und der „Flä-

chengewichtskraft" des Meßgutes ab. Beide Eigenschaften sind in der Definitionsformel für den Kennwert  $K$  berücksichtigt:

$$K = \varepsilon (G_A + G_{Am}).$$

Darin bedeuten:

- $\varepsilon$  die Dehnung einer 1 m breiten Stoffprobe bei einer Zugkraft von 10 N;
- $G_A$  die Flächengewichtskraft einer Stoffprobe in  $N/m^2$ ;
- $G_{Am}$  eine Konstante ( $2,2 N/m^2$ ), die experimentell als Mittelwert der Flächengewichtskräfte sehr vieler Textilien ermittelt worden ist;
- $K$  Kennwert in  $N/m^2$ .

Der  $K$ -Wert ist leicht zu berechnen, wenn die Flächengewichtskraft  $G_A$  durch Wägung einer Probe von bekannten geometrischen Abmessungen bestimmt ist und die Dehnung durch ein speziell für diesen Fall entwickeltes Dehnungsmeßgerät festgestellt wird.

Dieses Dehnungsmeßgerät (Bild 5) besteht aus einer Grundplatte 1, an deren oberen Teil die feste Klemmvorrichtung 2 befestigt ist; mit ihr wird die Stoffprobe 3 an einem Ende eingespannt. Am unteren Teil der Platte befindet sich eine in Längsrichtung des Stoffes bewegliche Klemmvorrichtung 4 zum Einspannen des anderen Probenendes; ihre Stellung ist auf einem festen Maßstab 5 ablesbar.

Zur Feststellung des Dehnungswertes  $\varepsilon$  wird die Stoffprobe (Abmessungen 210 mm x 360 mm, wobei die längere Seite mit der Vorschubrichtung des Meßgutes übereinstimmen muß) bei horizontaler Lage des Meßgerätes im dehnungsfreien Zustand in die Klemmvorrichtungen 2 und 4 gespannt, wobei sich die Vorrichtung 4 in Nullstellung befinden soll.

Durch Schwenken des Gerätes in die vertikale Lage und anschließendes langsames Loslassen der Vorrichtung 4 wird die Stoffprobe durch die Gewichtskraft der Vorrichtung 4 (2,1 N) in Längsrichtung gedehnt. Der Wert der Längenänderung  $\Delta l$  ist auf dem Maßstab 5 in Millimetern ablesbar. Der Dehnungswert  $\varepsilon$  ergibt sich aus der Beziehung  $\varepsilon = \Delta l/l$ , wobei die Ausgangslänge  $l=333$  mm beträgt.

Allgemein läßt sich sagen, daß der Dehnungsfehler bei der maschinellen Längenmessung mit wachsendem  $K$ -Wert der Materialien zunimmt.

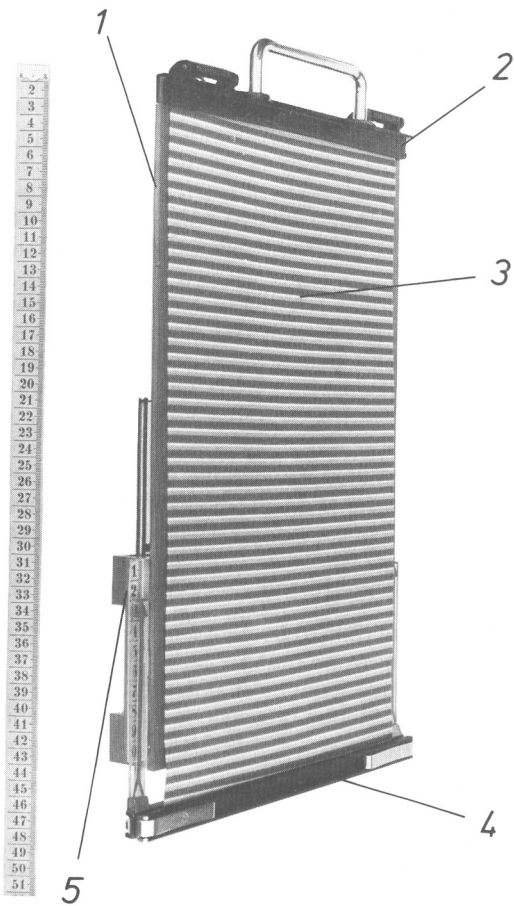


Bild 5  
 Dehnungsmeßgerät  
 1 Grundplatte, 2 feste Klemmvorrichtung, 3 Stoffprobe,  
 4 bewegliche Klemmvorrichtung, 5 Maßstab

### 1.3.2.2. K-Wert-Einteilung der Stoffmeßmaschinen

Je höher der K-Wert des Meßgutes ist, um so größer sind die notwendigen technischen Aufwendungen für die Entspannungseinrichtungen der Meßmaschinen. Es ist äußerst schwierig, Stoffmeßmaschinen herzustellen, die Meßgut aller vorkommenden K-Werte innerhalb der Eichfehlergrenzen mes-



sen können. Aus diesem Grunde gibt es drei K-Wert-Gruppen, nach denen die Maschinen unterteilt sind:

Gruppe I für festes und wenig dehnbares Meßgut,

$K$  größer  $0$  bis  $2 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$ ;

Gruppe II für mäßig dehnbares Meßgut,

$K$  größer  $2 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$  bis  $8 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$ ;

Gruppe III für stark dehnbares Meßgut,

$K$  größer  $8 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$  bis  $24 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$ .

Es ist durchaus möglich, daß Maschinen mehreren aufeinander folgenden Gruppen angehören; sie müssen dann Meßgut mit  $K$ -Werten aus allen  $K$ -Gruppen, denen sie zugeordnet sind, innerhalb der Eichfehlergrenzen messen.

### 1.3.2.3. Entspannungseinrichtungen bei abrollenden Meßmaschinen

Es werden Entspannungseinrichtungen verschiedener Art angewandt. Die einfachste Art ist im Bild 6 dargestellt.

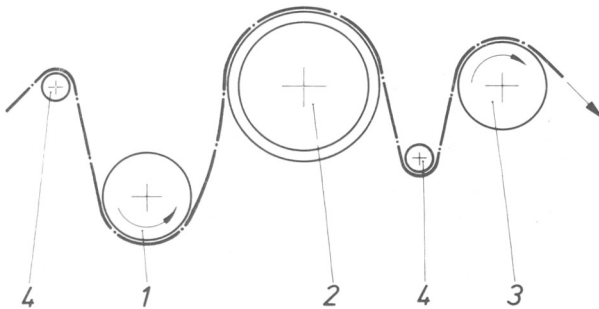


Bild 6

Schema einer Entspannungseinrichtung (Kraftschlußregelung)  
1 Zuführwalze, 2 Meßrolle, 3 Abzugswalze, 4 Umlenkstange

Das auf einem Stapel oder einer Rolle gespeicherte Meßgut wird durch eine angetriebene Walze 1 der Meßrolle 2 zugeführt und von dieser durch eine angetriebene Abzugswalze 3 weitergeleitet. Die Umlenkstangen 4 bewirken, daß die Walze 1 an ihrer unteren Seite vom Meßgut berührt wird und die Rolle 2 sowie die Walze 3 für einen Kraftschluß genügend umschlungen werden.

Die Umfangsgeschwindigkeit der Zuführwalze 1 ist größer als die der Abzugswalze 3 (im allgemeinen 6%), so daß sich zwischen der Zuführwalze und der Meßrolle eine Schlaufe von gelockertem und damit spannungsarmem Meßgut

bildet. Mit wachsender Schlaufentiefe verringert sich der Kraftschluß zwischen Meßgut und Zuführwalze, so daß weniger Meßgut zur Meßrolle gefördert wird. Während des Betriebes stellt sich ein Gleichgewicht zwischen Kraftschluß und Schlaufentiefe ein, so daß in der Schlaufe ein ständiger Vorrat von spannungsgemem Meßgut für die Messung zur Verfügung steht.

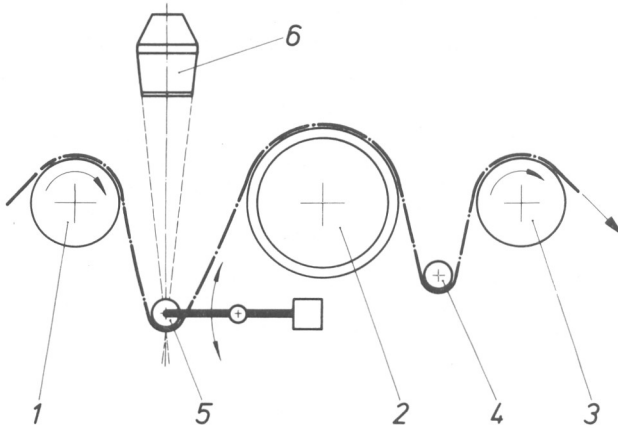


Bild 7

Schema einer Entspannungseinrichtung (Tastrollen- oder Optikregelung)  
 1 Zuführwalze, 2 Meßrolle, 3 Abzugswalze, 4 Umlenkstange, 5 Tastrolle,  
 6 optische Fühleinrichtung

Eine wirksamere Entspannungseinrichtung ist im Bild 7 dargestellt. Auch hier wird das bevorratete Meßgut durch eine angetriebene Walze 1 der Meßrolle 2 zugeführt und von dieser durch eine angetriebene Abzugswalze 3 weitergeleitet. Zwischen der Zuführwalze 1 und der Meßrolle 2 befindet sich eine Meßgutschlaufe, deren Durchhangtiefe von einer an einem Hebel pendelnd gelagerten Tastrolle 5 abgetastet wird. Die Hebelstellung steuert die Umfangsgeschwindigkeit der Walze 1, so daß in der Schlaufe immer spannungsarmes Meßgut für die Messung bereitsteht. Infolge des Kraftschlusses zwischen Tastrolle und Meßgut sind jedoch innerhalb der Schlaufe immer noch Spannungen vorhanden. Daher ist es günstiger, anstelle der mechanischen Tastrollen optische Fühleinrichtungen zur Steuerung der Durchhangtiefe zu verwenden (im Bild 7 gestrichelt angedeutet). Der von der optischen Einrichtung 6 ausgesandte infrarote Lichtstrahl wird gebündelt auf das Meßgut geworfen. Die optimale Durchhangtiefe fällt mit dem Brennpunkt des gebündelten Strahles zusammen. Ändert sich die Lage des Scheitelpunktes relativ zur Lage des Brennpunktes, so ändert sich entsprechend die zur Einrichtung 6 reflektierte Lichtmenge. Diese Schwankung der Lichtmenge wird zur Drehzahlsteuerung der Walze 1 verwandt.

In den beschriebenen Einrichtungen wirkt die Abzugswalze 3 als Schutzwalze und hält die von nachgeschalteten Aufmachungsvorrichtungen verursachten Zugkräfte von der Meßrolle ab. Bei stark spannungsempfindlichem Meßgut oder bei Meßgut, das unter starkem Zug auf einer Großkaule bevorratet war, sind im allgemeinen vor der Meßrolle mehrere gemäß Bild 7 dargestellte Entspannungsschlaufen angeordnet. Allgemein gilt, daß mit zunehmender Zeit zwischen Entnahme vom Vorrat und Messen sowie mit zunehmendem Durchlaufen von Krümmungen der Abbau der inneren Spannungen begünstigt wird.

#### 1.3.2.4. Entspannungseinrichtungen bei legenden Meßmaschinen

Bei den legenden Meßmaschinen ist das Meßgut besonders großen Zugbelastungen ausgesetzt, da die Legeschaukel während jedes Legevorganges vom Stillstand auf maximale Geschwindigkeit beschleunigt und anschließend auf Stillstand verzögert wird. In den Umkehrpunkten der Schaukel (Stillstand) erfolgt die Faltenbildung mit anschließendem Festhalten der Lage durch die Greifer. Die Entspannung des Meßgutes muß daher vor dem Festhalten geschehen.

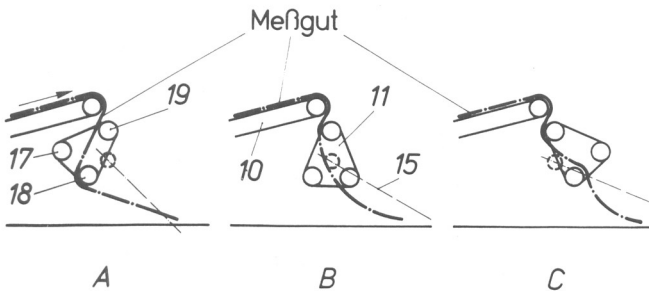


Bild 8

Schema einer Entspannungseinrichtung an Legemeßmaschinen  
 10 Einlaufrolle, 11 Schwenkrahmen, 15 Schubstange der Legeschaukel,  
 17, 18 Entspannungsrolle, 19 Drehachse, A, B, C Stellungen des Schwenkrahmens

Im Bild 8 ist ein Ausschnitt des Bildes 2 mit drei Stellungen der Entspannungseinrichtung dargestellt. Kurz vor der rechten Umkehrstellung (A) der Legeschaukel (12) beginnt die Entspannung. Der Schwenkarm 11 mit den Rollen 17 und 18 dreht sich um die Achse 19 zunächst in die Stellung (B) und schließlich in die Stellung (C), die am Umkehrzeitpunkt der Legeschaukel (Stillstand) erreicht ist. Dabei bildet sich ein Durchhang des Meßgutes zwischen den Rollen 17 bzw. 18 und der Legeschaukel, so daß sich Zugspannungen im Meßgut teilweise abbauen können. In diesem spannungsarmen Zustand des Meßgutes erfolgt das Erfassen und Festhalten der Lagenenden durch die Greifer.

Da der Zeitraum für die Entspannung nur sehr kurz ist, können keine mäßig oder gar stark dehnbaren Meßgutarten innerhalb der Eichfehlergrenzen gemessen werden. Aus diesem Grunde sind Legemeßmaschinen bisher nur für festes, wenig dehnbares Meßgut der K-Wert-Gruppe I zur Eichung zugelassen worden.

### **1.3.3. Dickenfehler**

Diese Fehlerart tritt hauptsächlich in abrollenden und legenden Meßmaschinen auf, wenn während des Meßvorganges das Meßgut einen gekrümmten Zustand einnimmt. Bei wickelnden Maschinen ist der Fehler vernachlässigbar klein. Die gekrümmte Führung des Meßgutes während des Meßvorganges ist in vielen Fällen unvermeidlich; der entstehende Dickenfehler muß dann im Meßergebnis berücksichtigt werden. Im allgemeinen erreicht man bei den abrollenden Meßmaschinen dieses Ziel, indem die Zulassung zur Eichung nur für einen bestimmten Dickenbereich des Meßgutes erteilt wird. Durch geeignete Wahl des Meßradumfangs können die Fehler symmetrisch zur Mitte des Dickenbereiches gelegt werden, so daß in jedem Fall die zulässigen Fehlergrenzen eingehalten werden. Diese Kompensationsmöglichkeiten sind nach der Eichordnung bei Meßmaschinen für Drähte, Kabel, Bänder, Stoffe, Bodenbeläge und Folien zulässig.

Für die legenden Stoffmeßmaschinen sind in der Eichordnung bei Meßgutedicken über 1 mm Dickeneinstelleinrichtungen vorgeschrieben, mit deren Hilfe der Dickenfehler korrigierbar ist. Eine Beschreibung dieser automatisch arbeitenden oder manuell zu betätigenden Einrichtungen würde hier zu weit führen.

In allen Fällen setzt die Berücksichtigung des Dickenfehlers seine Kenntnis hinsichtlich des Betrages und Vorzeichens voraus. Im folgenden wird anhand einiger charakteristischer Beispiele die Entstehung des Dickenfehlers erläutert.

#### **1.3.3.1. Physikalische Grundlagen**

Bei einer Krümmung des Meßgutes bleibt nur die neutrale Faser frei von Stauchungen und Dehnungen und behält daher ihre ursprüngliche Länge. Diese Faser liegt bei Meßgut, das unter Zug- und Druckbeanspruchung den gleichen Elastizitätsmodul aufweist, in der Schicht mit mittlerem Krümmungsradius. Ein derartiges Verhalten zeigen homogene Materialien (z.B. Metalle). Bei inhomogenem Meßgut (z.B. geschichtet, verseilt, ummantelt) kann die neutrale Faser sowohl zur gestauchten Innenseite als auch zur gedehnten Außenseite des Meßgutes verlagert sein.

Textilien und ähnlich zusammengesetzte Materialien weisen unter Druckbeanspruchung einen kleineren Elastizitätsmodul auf als unter Zugbeanspruchung; die neutrale Faser ist daher von der mittleren Meßgutschicht zur gedehnten Außenseite verschoben. Entgegengesetzt verhalten sich homogene Gummi- und Kunststoffbahnen. Diese Materialien weisen unter Druck einen größeren Elastizitätsmodul als unter Zug auf; die neutrale Faser ist daher von der mittleren Meßgutschicht zur gestauchten Innenseite verschoben.

Mit wachsender Krümmung nimmt die Beanspruchung des Meßgutes zu und die Verlagerung der neutralen Faser wird stärker. Im Extremfall mit einem Krümmungsinnenradius nahe Null (Faltenbildung an den Lagenenden bei Stofflegemaschinen) liegt bei Textilien die neutrale Faser erfahrungsgemäß sehr nahe an der gedehnten Außenseite des Meßgutes (Abstand ca. 5% der Meßgutdicke).

### 1.3.3.2. Berechnung bei abrollenden Maschinen

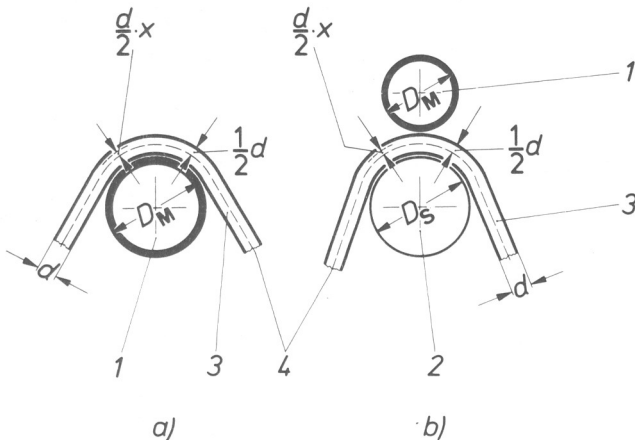


Bild 9

Schema einer direkten Abtastung von gekrümmtem Meßgut  
a) an der gestauchten Innenseite, b) an der gedehnten Außenseite

1 Meßrad, 2 Stützrad, 3 Meßgut, 4 neutrale Faser,

$D_M$  Durchmesser des Meßrades,

$D_S$  Durchmesser des Stützrades,

$d$  Meßgutdicke

Verschiedene Anordnungen des abtastenden Elementes sind bei vorliegender Krümmung des Meßgutes möglich. Im Bild 9 ist die direkte Abtastung durch das Meßrad sowohl an der gestauchten Innenseite als auch an der gedehnten Außenseite des Meßgutes dargestellt (Meßgut mit konstantem Elastizitätsmodul).

Im ersten Fall tastet das Meßrad weniger als die richtige Länge des Meßgutes ab (Minusfehler), im zweiten Fall mehr als die richtige Länge (Plusfehler). Der relative Dickenfehler  $F_D$  der gemessenen Länge beträgt im ersten Fall

$$F_D = - d / (D_M + d)$$

und im zweiten Fall

$$F_D = + d / (D_S + d).$$

In diesen Formeln bedeuten:

$d$  Meßgutdicke;

$D_M$  Durchmesser des Meßrades;

$D_S$  Durchmesser des Stützrades.

Der Fehler ist demnach proportional zur Meßgutdicke und näherungsweise umgekehrt proportional zum Durchmesser des Krümmungsbestimmenden Rades. Zur Verminderung des Fehlers bei gegebener Meßgutdicke ist es also günstig, einen möglichst großen Durchmesser dieses Rades zu wählen.

Sind bei konstanter Meßgutdicke die Durchmesser  $D_M$  und  $D_S$  gleich groß, so sind die Absolutbeträge der genannten zwei Fehler ebenfalls gleich groß. Das ändert sich für Meßgüter mit nicht konstantem Elastizitätsmodul. Ist die neutrale Faser z.B. um den Betrag  $d/2 \cdot x$  mit ( $0 < x < 1$ ) zur gedehnten Außenseite des Meßgutes verschoben, so ergibt sich für den Fall a des Bildes 9 der relative Fehler

$$F_D = - \frac{(1+x)d}{D_M + (1+x)d}$$

und für den Fall b

$$F_D = + \frac{(1-x)d}{D_S + (1+x)d}.$$

Der absolute Betrag des Fehlers vergrößert sich im Fall a und verkleinert sich im Fall b. Es ist also bei der Messung von Textilien günstig, eine Meßanordnung gemäß Fall b zu wählen.

Die indirekte Meßgutabtastung durch einen Gurt ist im Bild 10 gezeigt. Der Gurt – bei dem die Lage der neutralen Faser in der Materialmitte angenommen wird – dient als Verbindungsglied zwischen Meßgut und Meßrad und sorgt für eine flächenhafte Kraftübertragung zwischen beiden. Bei der Berechnung

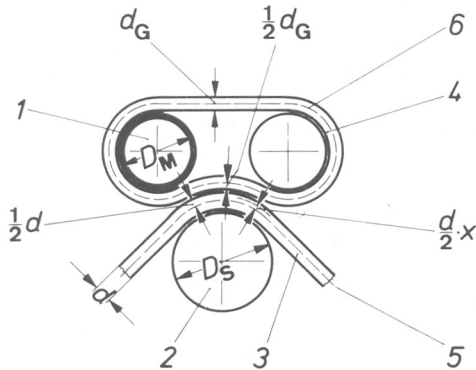


Bild 10

Schema einer indirekten Abtastung des Meßgutes

1 Meßrad, 2 Stützrad, 3 Meßgut, 4 Gurt, 5 neutrale Faser des Meßgutes, 6 neutrale Faser des Gurtes,  $d_G$  Gurtstärke, übrige Bezeichnungen wie Bild 9

des Dickenfehlers ist sowohl die Krümmung des Meßgutes als auch des Gurtes zu berücksichtigen. Für Meßgut mit konstantem Elastizitätsmodul beträgt der relative Dickenfehler

$$F_D = \frac{D_M(d + d_G) - d_G(D_S + d)}{(D_M + d_G)(D_S + d)}$$

In dieser Formel bedeutet neben den bereits bekannten Formelzeichen  $d_G$  die Dicke des Gurtes.

Mit Hilfe dieser Gleichung könnte man den Durchmesser des Meßrades relativ zu dem des krümmungsbestimmenden Stützrades optimieren; d.h. den Durchmesser des Meßrades so wählen, daß der Dickenfehler für eine bestimmte Meßgutdicke zu Null wird. Diesem Vorhaben sind jedoch enge Grenzen gesetzt, weil der Plusfehler zwischen Gurt und Meßgut durch einen gleichgroßen Minusfehler zwischen Gurt und Meßrad durch eine starke Krümmung des Gurtes am Meßrad ausgeglichen werden muß. Bei starker Krümmung des Gurtes stimmen jedoch die für die Berechnung des Dickenfehlers idealisierten Verhältnisse (Lage der neutralen Faser in Gurtmitte) nicht.

Erfahrungsgemäß empfiehlt es sich, den Durchmesser des Meßrades demjenigen des Stützrades anzugleichen. Der Dickenfehler ist in diesen Fällen etwas kleiner als der Fehler, der bei einer Anordnung ohne Gurt gemäß Bild 9b auftritt.

Zusammenfassend läßt sich für den Fehler aufgrund der Anordnungen gemäß Bild 9 und 10 allgemein sagen: Bei Lage der neutralen Faser in der mittleren

Meßgutschicht, gleichen Durchmessern  $D_M$  und  $D_S$  sowie geringer Meßgutdicke ( $D_M \gg d$ ) hat der Dickenfehler in erster Näherung den Betrag von  $d/D$ ;  $D = D_M = D_S$ . Sein Vorzeichen richtet sich nach der Lage der Abtaststelle am Meßgut; bei Abtastung an der gestauchten Innenseite des Meßgutes wird es negativ und bei Abtastung an der gedehnten Außenseite wird es positiv.

Durch die Verschiebung der neutralen Faser ändert sich der Fehler wesentlich. Der Änderungsbetrag lautet näherungsweise für alle Fälle  $x d/D$ . Das Vorzeichen dieses Änderungsbetrages richtet sich nach der Verschiebungsrichtung der neutralen Faser; bei Verschiebung zur gedehnten Außenseite des Meßgutes (Textilien) wird es negativ und bei Verschiebung zur gestauchten Innenseite (Gummi) wird es positiv.

### 1.3.3.3. Berechnung bei legenden Maschinen

Bei den legenden Meßmaschinen tritt eine Krümmung des Meßgutes lediglich an den Lagenenden ein, so daß nur an diesen Stellen ein Dickenfehler auftritt. Infolge des sehr geringen Krümmungsradius von nahe Null liegt beim textilen Meßgut die neutrale Faser erfahrungsgemäß im nahen Abstand zur gedehnten Außenseite (ca. 5% der Meßgutdicke). Aus dem Schema des Bildes 11 lassen sich die geometrischen Daten bei der Lagenbildung herleiten.

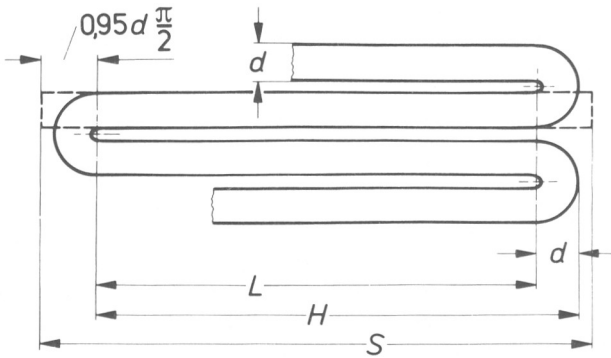


Bild 11  
 Schema der Lagenbildung  
 S richtige Lagenlänge, H Handmaßlänge, L Hublänge der Legeschaukel

Die richtige Lagenlänge  $S$  ergibt sich durch Strecken der Lagenenden. Erfahrungsgemäß haben die ausgestreckten Faltenstücke jeweils eine Länge von



$0,95 \cdot d \cdot \pi/2$ , so daß sich der Betrag von  $S$  aus der Hublänge  $L$  der Lege-  
schaufel und der Länge zweier gestreckter Faltenstücke berechnen läßt:

$$S = L + 2 \cdot 0,95d \cdot \pi/2 \approx L + 3d.$$

Bei Maschinen ohne Dickeneinstelleinrichtung wird die Lagenlänge  $S$  der  
Hublänge  $L$  gleichgesetzt, so daß in erster Näherung ein relativer Dickenfehler  
von  $-3d/S$  entsteht. Mit der Nennlagenlänge von 1 m beträgt der Fehler bis  
zu Meßgutdicken von 1 mm maximal  $-0,3\%$  und liegt damit noch innerhalb  
der zulässigen Eichfehlergrenzen. Stofflegemeßmaschinen für Meßgutdicken  
über 1 mm müssen daher eine Dickeneinstelleinrichtung besitzen (EO 1-5  
Nr. 6.1.2), mit deren Hilfe die Hublänge entsprechend der Meßgutdicke zur  
Kompensation des Dickenfehlers einstellbar ist.

Zur Feststellung der richtigen Lagenlängen  $S$  und deren Gleichmäßigkeit ist es  
notwendig, mit Hilfe eines Stahlmaßes die Handmaßlänge  $H$  manuell zu be-  
stimmen, wobei aus Bild 11 der Zusammenhang  $H = L + d$  abgeleitet werden  
kann. Mit der Formel  $S = L + 3d$  läßt sich die richtige Lagenlänge aus der Be-  
ziehung  $S = H + 2d$  berechnen.

#### 1.3.4. Oberflächenfehler

Oberflächenfehler sind Verfälschungen des Meßergebnisses infolge besonde-  
rer Beschaffenheit der abzutastenden Meßgutoberfläche. Sie entstehen bei  
abrollenden Maschinen mit geradliniger Führung des Meßgutes im Bereich der  
Meßstelle und sind auf die elastischen oder sogar plastischen Verformungen  
der Meßgutoberfläche zurückzuführen.

Textilien mit Florcharakter (woll-, plüsch- und veloursartiges Meßgut) weisen  
wegen der beweglichen, leicht umzulegenden Fasern ein besonders elastisches  
Verhalten an der Oberfläche auf.

Beim Abtasten solchen Meßgutes mittels eines Meßrades kann eine Relativbe-  
wegung zwischen dem Meßgut und dem Meßrad entstehen. Das maschinell  
bewegte Meßgut treibt durch Kraftschluß zwischen Meßrad und Meßgutober-  
fläche das Meßrad an. Dabei weichen die elastischen Fasern infolge der  
Kraftwirkung des Meßrades aus ihrer ursprünglichen Lage aus, wodurch die  
Geschwindigkeit  $v_{MG}$  des Meßgutgrundes nicht mit der Umfangsgeschwindig-  
keit  $v_{MR}$  des Meßrades übereinstimmt.

Besonders stark ist diese Erscheinung bei Stoffen mit ausgeprägter Neigung  
des Florbesatzes (Strichcharakter). Im Bild 12 ist die Abtastung von stricharti-  
gen Oberflächen schematisch gezeigt. Im Fall a erfolgt die Messung „mit dem  
Strich“, wobei der Florbesatz entgegen der Vorschubrichtung geneigt ist. In-

folge der Kraftwirkung zwischen Florbesatz und Meßrad verstärkt sich die Neigung der Fasern entgegen der Vorschubrichtung des Meßgutes, wodurch der Mantel des Meßrades relativ zur vorwärts laufenden Textilgrundschicht zurückbleibt; d.h. der Betrag von  $v_{MR}$  wird kleiner als der von  $v_{MG}$  und es entsteht eine Minderanzeige bei der Längenmessung.

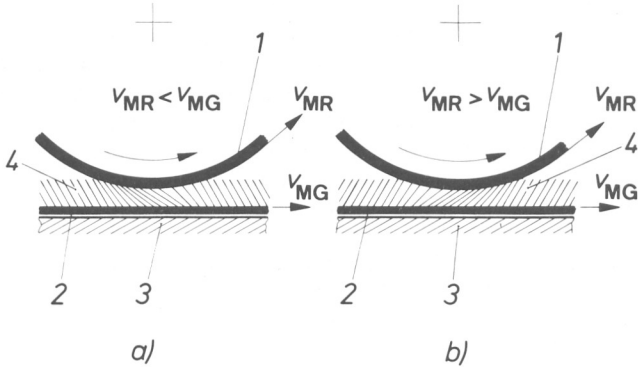


Bild 12

Schema der Abtastung von florbesetztem Meßgut

a) „mit dem Strich“ b) „entgegen dem Strich“

1 Meßradausschnitt, 2 Meßgut, 3 geradlinige Führung, 4 elastische Fasern,  
 $v_{MG}$  Geschwindigkeit des Meßgutes,  $v_{MR}$  Umfangsgeschwindigkeit  
 des Meßrades

Im Fall b erfolgt die Messung „gegen den Strich“, wobei der Florbesatz zur Vorschubrichtung geneigt ist. Die dargestellten Verhältnisse zwischen Meßrad und Meßgut kehren sich um, so daß eine Mehranzeige bei der Längenmessung entsteht.

Der beschriebene Fehler läßt sich annähernd vermeiden, indem anstelle der geradlinigen Führung eine das Meßrad umschlingende Führung des Meßgutes gewählt wird. Der Kraftschluß zwischen Meßrad und Meßgutoberfläche ist dadurch höher, so daß die Ausweichbewegungen der Fasern beim Einlauf in das Meßrad kaum Einfluß auf die Umfangsgeschwindigkeit des Meßrades ausüben. Der bei der umschlingenden Führung auftretende Dickenfehler muß gemäß Abschnitt 1.3.3 berücksichtigt und kompensiert werden.

Alle Meßgüter weisen eine elastisch und z.T. plastisch verformbare Oberfläche auf. Infolge einer zu großen Andruckkraft zwischen Meßrad und Meßgut besteht die Möglichkeit, daß das Meßrad in die oft weiche Meßgutoberfläche eindringt. Bei vereinfachter Betrachtungsweise tastet das Meßrad in diesem Fall die Länge des in der Oberfläche entstandenen Eindringbogens ab, wobei jedoch die richtige Länge der Sehne dieses Bogens entspricht. Durch die geome-

trische Längendifferenz zwischen Bogen und Sehne entsteht ein positiver Fehler, dessen Größe nur bei Kenntnis der Eindringtiefe des Meßrades angegeben werden kann. So ergibt sich z.B. für ein Meßrad von 500 mm Umfang bei einer Eindringtiefe von 1 mm ein Fehler von ca. 0,5%. Aus den genannten Gründen muß die Flächenpressung zwischen Meßrad und Meßgut möglichst klein sein.

Das ist besonders schwierig bei runden Meßgutarten (Kabel, Drähte, Seile) zu erreichen, da in diesen Fällen an der Kontaktstelle eine punktförmige Berührung vorhanden ist, die erst durch den Eindringvorgang zu einer flächenhaften Berührung und damit zu endlichen Beträgen der Flächenpressung führt. Erfahrungsgemäß sollte die Andruckkraft den Betrag von 30 N nicht überschreiten; sie darf jedoch nicht so klein sein, daß Schlupf zwischen Meßrad und Meßgut auftritt (s. Abschnitt 1.3.1). Bei dünnem Meßgut (ca. 2 mm Durchmesser) sind oftmals diese gegensätzlichen Forderungen nur in Einklang zu bringen, indem das geradlinig geführte Meßgut durch einen streckenweise anliegenden Gurt abgetastet wird, der die Meßgutbewegung auf das Meßrad überträgt.

### **1.3.5. Umfangsfehler des Meßrades**

Bei abrollenden Längenmeßmaschinen zeigt das Zählwerk für jede Meßradumdrehung die dem Sollumfang des Meßrades entsprechende Länge an. Negative Abweichungen des Umfanges ergeben positive Fehler der Längenmessung (Mehranzeige), positive Abweichungen führen zu negativen Fehlern (Minderanzeige).

### **1.3.6. Funktionsfehler elektronischer Einrichtungen**

Störungen mechanischer Art führen oft zum deutlich wahrnehmbaren Ausfall eines Meßgerätes oder lassen sich verhältnismäßig leicht erkennen. Im Gegensatz dazu können Fehler, die z.B. durch das funktionelle Versagen elektronischer Bauteile oder auf Grund äußerer elektrischer Störeinflüsse entstehen, oft nicht erkannt werden.

Hinsichtlich der Zuverlässigkeit müssen daher an elektronische Bauteile besondere Forderungen gestellt werden. Bei der Ausführung von elektronischen Einrichtungen als Bestand- oder Zusatzteile von eichpflichtigen Meßgeräten strebt man die sogenannte „Funktionsfehlersicherheit“ an. Sie ist einerseits im Sinne der Zuverlässigkeit, andererseits im Sinne der Fehlererkennbarkeit aufzufassen.

Zur Zeit gibt es noch keine allgemein verbindlichen Richtlinien hinsichtlich der Anforderungen an elektronische Bauteile eichpflichtiger Meßgeräte.

Auf EG-Ebene sind jedoch bereits Schritte zur Ausarbeitung einer Richtlinie über elektronische Einrichtungen an Meßgeräten unternommen worden. Die Kommission der EG hat dem Rat der Gemeinschaft am 24.1.79 einen Vorschlag zur Änderung der Richtlinie 71/316/EWG vom 26.7.71 unterbreitet, worin Bau-, Meß- und Prüfvorschriften für elektronische Einrichtungen enthalten sind.

Eine dem Eichwesen angemessene Konzeption und Bauweise der elektronischen Einrichtungen verbunden mit einer hohen Qualität der Bauteile trägt entschieden zur „Funktionsfehlersicherheit“ bei. Aus Sicherheitsgründen sollten Kontrollmöglichkeiten während des betrieblichen Einsatzes vorhanden sein.

Für Längenmessungen kann unter der Voraussetzung der Wiederholbarkeit der Messungen sowie der ständigen Anwesenheit von mit der Maschinenbedienung vertrautem Personal von vollautomatischen Kontrolleinrichtungen abgesehen werden. Es genügen manuell auslösbare Kontrollmöglichkeiten, wodurch das Bedienungspersonal Fehler erkennen kann.

Die Unbedenklichkeit der Anwendung elektronischer Einrichtungen in Verbindung mit eichfähigen Längenmeßmaschinen wird von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) auf Antrag bescheinigt. Diese Bescheinigung ist keine Zulassung zur Eichung. Sie wird erteilt, wenn auf Grund der eingereichten beschreibenden Unterlagen (Funktionsbeschreibung ergänzt durch schematische und detaillierte Schaltzeichnungen) sowie der laboratoriumsmäßigen Prüfung eines Mustergerätes eine ausreichende Funktionssicherheit nachgewiesen wird.

Wie bereits erwähnt sind die an elektronische Einrichtungen zu stellenden Forderungen noch nicht endgültig fixiert, so daß noch keine allgemein gültigen quantitativen Angaben gemacht werden können. Daher sind die nachfolgenden von elektronischen Einrichtungen an eichfähigen Längenmeßmaschinen zu erfüllenden Merkmale als *Orientierungshilfe* aufzufassen:

- a) Hinsichtlich der Konzeption und Bauweise muß sichergestellt sein, daß
  - elektronische Zählwerke entsprechend der Bewegung des Meßrades vorwärts und rückwärts zählen, soweit nicht bereits in der Meßgutführung die Möglichkeit eines Rücklaufes ausgeschlossen ist;
  - alle Einrichtungen ausreichend „funktionsfehlersicher“ sind, d.h. unbeeinflussbar sind von äußeren elektrischen Störimpulsen, mechanischen Stößen sowie Schwankungen der Versorgungsspannung, der Umgebungstemperatur und der rel. Luftfeuchte;
  - alle leicht lösbaren Verbindungsleitungen durch Verplombung gegen unbefugtes Eingreifen gesichert werden können.

- b) Hinsichtlich der Kontrollmöglichkeiten muß sichergestellt sein, daß z.B. bei Zählwerken in Verbindung mit Impulsgebern
- für die vorgesehene opto-elektronische Anzeige die Möglichkeit zur jederzeitigen Überprüfung der Funktionsfähigkeit aller schaltbaren Leuchtelemente vorhanden ist;
  - Störungen in der Impulsgeberstromversorgung – wie Unterbrechung, Kurzschluß u.ä. – durch eine Kontrollschaltung festgestellt und nach außen deutlich sichtbar (z.B. durch Nullstellen oder periodisches Aufblinken der Anzeige) signalisiert werden;
  - die Bildung, Übertragung und Anzeige der Meßwerte vom Maschinenpersonal jederzeit auf einfache Weise überprüfbar sind. Das kann durch manuell auslösbare Testschaltungen oder durch einige gezielte Umdrehungen des Meßrades und somit des mit ihm gekuppelten Impulsgebers geschehen, wobei in der Anzeige bestimmte Sollwerte erscheinen müssen.

## 2. Prüfung

### 2.1. Allgemeine Prüfregeln

Die Prüfung gliedert sich in zwei Bereiche, wobei im ersten Teil die Beschaffenheit der Maschine und im zweiten Teil das meßtechnische Verhalten untersucht wird.

#### 2.1.1. Beschaffenheitsprüfung

Unter Beschaffenheitsprüfung versteht man den Vergleich des Zustandes der Maschine mit den Betriebs- und Zulassungsunterlagen und die Prüfung im Hinblick auf ein funktionsgerechtes Verhalten aller Bauteile:

- Einhalten der äußeren Abmessungen,
- Vorhandensein der gemäß Zulassung notwendigen Schilder und Stempelstellen,
- Meßgutverlauf gemäß Betriebsvorschrift,
- Leichtgängigkeit aller beweglichen Teile,
- Gleichmäßiges Fortschalten des Zählwerkes im Vor- und Rücklauf,
- Zurückspringen des Zählwerkes in Null- oder Anfangslage bei Betätigung der Nulltaste,
- Feststellung des Spieles der Übertragungsglieder zwischen Meßelement und Zählwerk (EO 1-5 Nr. 4.3.3). Das Spiel darf maximal den Kleinstwert der zulässigen Eichfehlergrenzen erreichen,
- Einhalten der Zulassungsbedingungen bei Betätigung eventuell vorhandener elektronischer Testmöglichkeiten.

#### 2.1.2. Meßtechnische Prüfung

In diesen Bereich fallen alle Prüfungen, für deren Durchführung die Verwendung von speziellen meßtechnischen Hilfsmitteln notwendig ist:

- Einhalten der maximal zulässigen Vorschubgeschwindigkeit,
- Feststellen des Dehnungsverhaltens des Meßgutes,
- Feststellen der Maschinenmaße beim betriebsmäßigen Durchlauf von Meßgutabschnitten,
- Feststellen der Tischmaße der maschinenmäßig bestimmten Meßgutabschnitte.

Die Differenzen zwischen Maschinen- und Tischmaß dürfen nicht größer als die Eichfehlergrenzen sein.

Zusatzeinrichtungen werden nach den gleichen Regeln wie die Haupteinrichtungen geprüft (Ausnahme Abschnitt 2.2.1.12).

## 2.2. Besondere Prüfregeln

Die besonderen Prüfregeln ergänzen die allgemeinen Prüfregeln und enthalten spezielle Hinweise für die einzelnen Maschinenarten.

### 2.2.1. Abrollende Meßmaschinen

An diesen Maschinen ist grundsätzlich festzustellen, ob eine geradlinige oder eine gekrümmte Führung des Meßgutes im Bereich des Meßrades vorhanden ist.

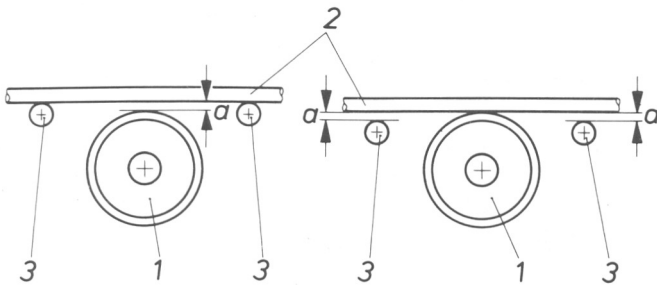


Bild 13

Schema der Geradlinigkeitsprüfung  
1 Meßrad (Führungsrad), 2 gerader Stab, 3 Führungsrolle

Eine geradlinige Führung liegt vor, wenn die Führungspunkte des Meßgutes (im allgemeinen drei) im Bereich des Meßrades auf einer Geraden liegen. Die Führungspunkte können durch Walzen, Rollen, Ösen sowie durch die Kombination von Meß- und Andruckrad verkörpert sein. Die Prüfung erfolgt mittels eines geraden Stabes (siehe Bild 13) und Fühlerlehren. Der Abstand  $a$  darf maximal 0,5 mm je Dezimeter Abstand zweier benachbarter Führungspunkte betragen.

Wird dieser Maximalwert überschritten, so liegt eine gekrümmte Führung des Meßgutes im Bereich des Meßrades vor. In diesem Fall muß die Maschine eine Aufschrift tragen, in der die Anwendung auf einen bestimmten Dickenbereich des Meßgutes beschränkt ist (EO 1-5 Nr. 5.1.4 und Nr. 8.4).

Liegt eine gekrümmte Führung des Meßgutes vor, muß die betriebsmäßige Prüfung der Maschine mit Meßgut kleinster und größter Dicke des zugelassenen Dickenbereiches erfolgen.

Der Sollwert des Meßradumfanges hängt von der Längenanzeige pro Umdrehung der Zählwerkswelle (siehe Abschnitt 1.3.5) und der Art der Meßgutführung im Bereich des Meßrades ab. Bei geradliniger Führung entspricht der Sollwert der gerätespezifischen Längenanzeige des Zählwerkes; bei gewundener Führung darf der Meßradumfang zur Kompensation des Dickenfehlers vom Sollwert abweichen. Die Größe der Abweichung wird – entsprechend der Einschränkung des Meßgutdickenbereiches – in der Zulassung festgelegt.

Die Prüfung des Meßradumfanges erfolgt nach einem der nachstehend angegebenen Verfahren:

a) Mit einer Schieblehre wird die Länge von drei gleichmäßig verteilten Durchmessern des Meßrades bestimmt, wobei die Unsicherheit der einzelnen Messung nicht größer als  $\pm 0,05$  mm sein soll. Durch Multiplikation des arithmetischen Durchmesserwertes mit der Zahl  $\pi$  ergibt sich der Meßradumfang.

b) Mit einem dünnen Meßband in Sonderausführung (Dicke 0,1 mm) wird durch Umschlingen des Meßrades ein Meßwert bestimmt. Subtrahiert man von diesem Meßwert das Produkt aus Meßbanddicke und Zahl  $\pi$ , so erhält man den Meßradumfang.

Die Differenz zwischen dem gemessenen Meßradumfang und dem Sollwert darf in der Regel höchstens  $1/5$  der für die jeweilige Maschinenart geltenden relativen Eichfehlergrenzen betragen. Das Meßrad muß gute Rundlaufeigenschaften aufweisen (kein Höhen- oder Seitenschlag).

Die Prüfung der Meßgutdruckkraft sowie der Kräfte innerhalb von Entspannungseinrichtungen erfolgt mit Dynamometern, wobei die Abweichung der gemessenen Kraft gegenüber dem vorgeschriebenen Wert bis zu 10% betragen darf.

Die Mindestlänge der bei der Prüfung zu verwendenden Meßgutabschnitte sollte bei 20 m liegen, weil sonst die Unsicherheit der Fehlerbestimmung zu groß wird.

Ferner ist auf das sanfte Anlaufverhalten der Maschine zu achten. Ein ruckartiges Anfahren könnte Schlupf- oder Dehnungsfehler verursachen.



### 2.2.1.1. Draht- und Kabelmeßmaschinen (EO 1-5 Nr. 5.1)

Zur Vermeidung von Oberflächenfehlern (siehe Abschnitt 1.3.4) und zur besseren Anlage von z.B. verseilten Kabeln mit dem Meßelement wendet man bei diesen Maschinen oftmals Meßeinrichtungen gemäß Bild 14 an. In diesem Fall dient der Gurt als Übertragungsglied zwischen Meßgut und Meßrad. Die Stützrollen unterhalb des Andruckrades sind notwendig, um ein Durchhängen des Gurtes und damit Abweichungen von der geradlinigen Führung oder Schlupf zu vermeiden.

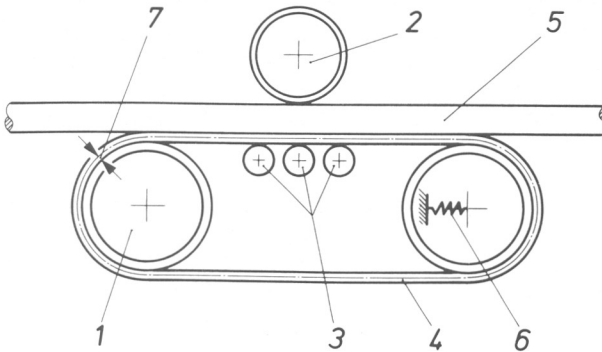


Bild 14

Schema eines Kabelmeßsystems mit Gurt  
1 Meßrad, 2 Andruckrad, 3 Stützrollen, 4 Übertragungsgurt,  
5 Meßgut, 6 Gurtspannvorrichtung, 7 Korrekturwert

Der Umfang des Meßrades ergibt sich bei diesen Konstruktionen aus der Addition des Meßradumfangs zum Produkt aus doppeltem Korrekturwert mit der Zahl  $\pi$  (Korrekturwert = Abstand der neutralen Gurtfaser zur Meßradoberfläche).

Bei beidseitig glatten, homogenen Gurten (z.B. Stahlband) ist der Korrekturwert mit dem Wert der halben Gurtdicke identisch, da die neutrale Faser in der Mitte des Gurtes liegt.

Bei mehrschichtigen oder einseitig gezahnten Gurten liegen die Verhältnisse oftmals anders, so daß der Korrekturwert in der Zulassungsprüfung zur Eichung festgestellt werden muß. Das Zulassungsschreiben enthält die Zahlenwerte für den Meßraddurchmesser und die Gurtdicke, so daß die Einhaltung dieser Werte anlässlich jeder Eichung überprüft werden kann.

Die Spannung des Gurtes hat bei beidseitig glatten Gurten keinen Einfluß auf das Meßergebnis, weil die Länge der neutralen Gurtfaser im geradlinigen und

gekrümmten Teil des Gurtes keine Veränderung erfährt. Ist die dem Meßgut abgewandte Gurtseite jedoch gezahnt und das Meßrad ebenfalls mit einer Verzahnung versehen, so beeinflusst die Spannung des Gurtes das Meßergebnis. Die Länge der neutralen Gurtfaser wird im geradlinigen Abschnitt durch die Gurtspannung und im gekrümmten Abschnitt zum Teil durch den Formschluß zwischen Gurt und Meßrad bestimmt. Bei einer Prüfung ist festzustellen, ob die in der Zulassung zur Erzeugung der Gurtspannung festgelegte Kraft nicht überschritten wird.

Werden gleichzeitig mehrere Maschinen von gleicher Bauart zur Eichung vorgestellt, so kann bei zwei Dritteln der Maschinen die betriebsmäßige Prüfung (Feststellung von Maschinenmaß und Tischmaß eines Meßgutabschnittes) entfallen. Dieses gilt jedoch nur für den Fall, daß bei dem übrigen Drittel die betriebsmäßigen Prüfungen positiv ausfallen, d.h. die Fehlergrenzen eingehalten werden.

Ringwickelautomaten werden nach den gleichen Regeln wie abmessende Kabelmeßmaschinen unter Berücksichtigung des Abschnittes 1.2.2 Absatz 1 geprüft. Zur Tischmaßbestimmung ist es allerdings notwendig, den ganzen Ringwickel abzurollen, zu glätten und mit einem Meßband nachzumessen.

#### **2.2.1.2. Bandmeßmaschinen (EO 1-5 Nr. 5.2)**

Das Meßergebnis kann von der Oberflächenbeschaffenheit des Meßgutes abhängig sein. Ist die Maschine nicht ausdrücklich für flortragendes Meßgut zugelassen, so muß sie eine Aufschrift tragen, in der auf die eingeschränkte Anwendbarkeit hingewiesen wird (EO 1-5 Nr. 5.2.3 und 8.6).

Der Elastizitätsmodul von Bändern und damit das Dehnverhalten ist sehr unterschiedlich. Meßtechnische Definitionen zur Kennzeichnung des Dehnverhaltens von Bändern sind noch nicht festgelegt, so daß die allgemeinen Begriffe „wenig dehnbar“ „mäßig dehnbar“ und „stark dehnbar“ zur Kennzeichnung dienen.

Meßmaschinen für „mäßig“ und „stark dehnbares“ Meßgut müssen mit Entspannungseinrichtungen versehen sein.

Die betriebsmäßige Prüfung muß innerhalb des Anwendungsbereiches sowohl mit am wenigsten dehnbaren als auch mit am stärksten dehnbaren Meßgütern erfolgen.

### 2.2.1.3. Stoffmeßmaschinen (EO 1-5 Nr. 5.3)

Das Meßergebnis kann von der Oberflächenbeschaffenheit des Meßgutes abhängig sein. Ist die Maschine nicht ausdrücklich für flortragendes Meßgut zugelassen, so muß sie eine Aufschrift tragen, in der auf die eingeschränkte Anwendbarkeit hingewiesen wird (EO 1-5 Nr. 5.3.4 und 8.6).

Entsprechend dem Dehnverhalten von Textilien sind die Maschinen in 3 K-Wert-Gruppen eingeteilt (siehe Abschnitt 1.3.2.2), wobei eine Maschine mehreren K-Wert-Gruppen zugeordnet sein kann. Diese Zuordnung muß durch Aufschrift kenntlich gemacht sein.

Die betriebsmäßige Prüfung der Maschine erfolgt mit Meßgütern des kleinsten und des größten K-Wertes der K-Wert-Gruppe, der die Maschine zugeordnet ist. Meßgut mit Knittern ist infolge des undefinierbaren Längenzustandes bei der Prüfung auszuschließen.

Bei der betriebsmäßigen Prüfung ist der gleiche Meßgutverlauf einzuhalten, wie er bei der späteren betrieblichen Anwendung der Maschine auftritt. Dabei ist darauf zu achten, daß die Meßgutführung keine Faltenbildung quer zur Vorschubrichtung verursacht (negativer Anzeigefehler). Kommt dubliertes (doppelt liegendes) Meßgut zur Anwendung, so wird die Prüfung auch mit Meßgut dieser Art durchgeführt. Besitzt die Maschine selbst eine Dubliervorrichtung, durch die das Meßgut während des Meßvorganges dubliert werden kann, so erfolgt die Prüfung der Maschine in Verbindung mit der Dubliervorrichtung. In beiden Fällen gilt als Basis für die Ermittlung des K-Wertes und der Meßgutdicke das Meßgut im dublierten Zustand.

Im allgemeinen läuft das Meßgut von der Vorratseinrichtung (Großkaule, Kaulerolle, Stapel oder Mulde) durch die Maschine zu einer Aufmachungseinrichtung (Rolle, Stapel u.ä.). Keineswegs darf das Meßgut vor der Maschinenmessung im losen Zustand spannungsfrei geruht haben, denn dieser Zustand entspricht nicht dem späteren Anwendungsfall. Bei der Bevorratung auf der Großkaule oder Rolle steht das Meßgut unter Spannungen, die durch die Entspannungseinrichtungen der Maschine abgebaut werden müssen. Ist die Maschine bei gewissen Vorratseinrichtungen dazu nicht in der Lage, so werden diese Einrichtungen in der Zulassung ausgenommen. Durch Aufschriften muß diese Beschränkung erkennbar sein.

Der Ablauf der betriebsmäßigen Prüfung hängt von den technischen Möglichkeiten der Maschine hinsichtlich des Meßgutvorschubes ab. Man unterscheidet 3 Möglichkeiten:

a) Die Maschine transportiert das Meßgut während der Messung nur vorwärts (Vorlauf); ein maschineller Rücktransport ist bei gleichzeitigem Messen nicht möglich oder nicht zulässig. In diesem Fall wird zuerst das Maschinenmaß eines Meßgutabschnittes unter Maximalvorschub bestimmt. Danach wird das Meßgut von Hand zurückgeführt, wobei darauf zu achten ist, daß an der Vorratseinrichtung wieder etwa die gleichen Spannungsverhältnisse wie zu Anfang hergestellt werden; anschließend wird wieder das Maschinenmaß des Meßgutabschnittes unter Maximalvorschub bestimmt und der Vorgang ein zweites Mal wiederholt.

Ist der Rücktransport des Meßgutes in keiner Form möglich, werden die Maschinenmaße von drei aufeinanderfolgenden Meßgutabschnitten gewonnen.

Ist am Ende der Maschinenmessung der Abschaltpunkt verpaßt worden und die Endmarkierung über die Anlegemarke der Maschine hinausgefahren, so wird die Differenz zwischen beiden Marken rechnerisch beim Maschinenmaß berücksichtigt.

Dann werden mindestens zweimal die Tischmaße und zum Schluß wieder die Maschinenmaße in der dargestellten Form ermittelt.

b) Die Maschine transportiert das Meßgut während der Messung im vollen Umfang vorwärts oder rückwärts (Vorlauf oder Rücklauf).

In diesem Fall wird ein erstes Maschinenmaß eines Meßgutabschnittes unter Maximalvorschub im Vorlauf sowie ein weiteres Maschinenmaß im Rücklauf festgestellt und das Verfahren zweimal wiederholt.

Dann werden mindestens zweimal die Tischmaße und zum Schluß wieder die Maschinenmaße in der dargestellten Form ermittelt.

c) Die Maschine transportiert das Meßgut während der Messung hauptsächlich vorwärts (Vorlauf) und besitzt Einrichtungen, um während der Messung kurze Abschnitte von ca. 0,5 m bis 1 m zurücksetzen zu können (z.B. Schaummaschinen).

In diesem Fall läuft das Verfahren gemäß a) ab, wobei während der Feststellung des Maschinenmaßes die Maschine mindestens dreimal angehalten und ca. 0,5 m bis 1 m zurückgesetzt wird. Entgegen a) entfällt hier die rechnerische Berücksichtigung von Differenzen der Endmarkierung und Anlegemarke der Maschine, weil durch Vor- und Zurücksetzen sowie erneutes Vorsetzen (Umkehrspanne ausgleichen) des Meßgutes die Marken zur Deckung gebracht werden können.

Bestehen für eine Maschine Einschränkungen gemäß a) und c), so müssen diese durch Aufschriften erkennbar sein.

#### **2.2.1.4. Verbandstoffmeßmaschinen (EO 1-5 Nr. 5.4)**

Die Maschinen zum Messen von Verbandstoffen werden nach den Regeln für Stoffmeßmaschinen (Abschnitt 2.2.1.3) geprüft. Lediglich die Eichfehlergrenzen sind anders festgesetzt und die Einteilung der K-Wert-Gruppen entfällt.

Bei den zum Abmessen eingerichteten Maschinen finden die entsprechenden Regeln für Tapetenmeßmaschinen Anwendung (Abschnitt 2.2.1.5).

#### **2.2.1.5. Tapetenmeßmaschinen (EO 1-5 Nr. 5.5)**

Bei den zum Abmessen eingerichteten Maschinen ist die betriebsmäßige Prüfung für jede der durch die Einstellvorrichtung einzustellenden Längen auszuführen. Dabei sind von jeder Einstelllänge mindestens 3 Maschinenmaße festzustellen.

Sämtliche auswechselbaren Bauteile der Längeneinstellvorrichtung müssen mit der Maschinennummer und einem Sicherungsstempel versehen werden.

#### **2.2.1.6. Bodenbelagmeßmaschinen (EO 1-5 Nr. 5.6)**

Die Prüfung dieser Maschinen wird sinngemäß nach den Regeln für Stoffmeßmaschinen zur Verarbeitung von festem, wenig dehnbarem Meßgut vorgenommen. Dementsprechend ist eine Entspannungseinrichtung nicht notwendig. Die Maschinen arbeiten in den meisten Fällen nur im Vorlauf, wobei dann jeder Rücklauf ausgeschlossen ist.

Besonderes Augenmerk ist auf eine einwandfreie, geradlinige Führung des Meßgutes im Bereich des Meßrades zu richten, da andernfalls wegen der oft beträchtlichen Meßgutdicke leicht Meßfehler auftreten. Aus diesem Grunde soll der Meßradumfang keinesfalls unter 0,5 m liegen. Die Abtastung des Meßgutes darf bei textilen Belägen nur auf der nicht florbesetzten Seite erfolgen. Dabei ist für die Entstehung von Dickenfehlern (bei Abweichungen von der geradlinigen Führung) nur die Dicke der gummierten Grundschicht ausschlaggebend.

Wegen des oftmals relativ weichen Meßgutrückens (Gummi, Latex u.ä.) ist besonders darauf zu achten, daß kein Eindringfehler gemäß Abschnitt 1.3.4 vorkommt.

### **2.2.1.7. Kleinverkaufmeßmaschinen (EO 1-5 Nr. 5.7)**

Diese Maschinen sind – entgegen allen anderen Maschinenarten – nicht nach der besonderen Art des Meßgutes charakterisiert, sondern nach der Form des Verkaufs. Insofern fallen diese Maschinen sehr unterschiedlich aus, da jede beliebige Meßgutart auftreten kann.

Die Prüfung der Maschinen erfolgt gemäß den Regeln für jene Maschinenarten, die für gleiches oder ähnliches Meßgut bestimmt sind.

Aus Kosten- und Mobilitätsgründen fallen die äußeren Abmessungen dieser Maschinen relativ klein aus. Infolgedessen sind oftmals nur Meßräder mit geringem Umfang und keine Entspannungseinrichtungen für das Meßgut vorhanden. In diesen Fällen ist nur Meßgut von geringer Dehnfähigkeit zulässig. Bei der Messung ist besondere Aufmerksamkeit auf eine einwandfreie geradlinige Führung des Meßgutes im Bereich des Meßrades zu richten.

### **2.2.1.8. Wegstreckenmeßmaschinen (EO 1-5 Nr. 5.8)**

Diese Maschinenart weist als Besonderheit auf, daß das Meßrad auf dem ruhenden Meßgut abrollt und das Meßgerät sich dabei fortbewegt. Das Zusammenspiel von Meßgut und Meßrad ist hierdurch in besonderem Maße von der Sorgfalt des Bedienungspersonals abhängig.

Bei der betriebsmäßigen Prüfung wird das Tischmaß durch eine mittels eines Meßbandes auf ebener, fester Bahn abgemessene Wegstrecke verkörpert (Mindestlänge 20 m). Das Maschinenmaß wird durch dreimaliges Abfahren dieser Strecke unter Schrittgeschwindigkeit ermittelt. Dabei ist besonders auf die Geradlinigkeit der Bewegung und verkantungsfreien Lauf des Meßrades zu achten.

Die Abweichungen des Meßradumfanges vom Sollwert dürfen höchstens 1/5 der relativen Eichfehlergrenzen betragen. Diese Forderung ist notwendig, weil bei Anwendung des Gerätes auf unebenen Flächen verhältnismäßig große Fehler auftreten, die noch innerhalb der Eichfehlergrenzen liegen müssen.

### **2.2.1.9. Folienmeßmaschinen (EO 1-5 Nr. 5.9)**

Bei den zum Abmessen eingerichteten Maschinen gelten die für Tapetenmeßmaschinen genannten Regeln (Abschnitt 2.2.1.5). Kommt nur festes und wenig dehnbare Meßgut zur Anwendung, kann auf eine Entspannungseinrichtung in der Maschine verzichtet werden.

Eine betriebsmäßige Prüfung kann nur durchgeführt werden, sofern

- die Vorschubgeschwindigkeit des Meßgutes unter 150 m/min liegt, oder
- die Vorschubgeschwindigkeit unter Erreichen des Maximalwertes zwischen zwei Stillständen so regelbar ist, daß die durchgelaufene Meßgutlänge unter 100 m liegt.

In allen anderen Fällen müssen die meßtechnischen Prüfungen gemäß Abschnitt 2.2.1 für die Beurteilung der Maschinen genügen. Der Umfang des Meßrades soll um nicht mehr als 0,3% von seinem Sollwert abweichen, damit sonstige mögliche Fehler noch innerhalb der Eichfehlergrenzen liegen.

#### **2.2.1.10. Drahtgeflechtmeßmaschinen**

Die betriebsmäßige Prüfung ist mit Meßgutarten gemäß dem Anwendungsbereich der Maschine (kleinste und größte Maschenweite, bzw. kleinste und größte Drahtdicke) durchzuführen. Die Meßgutabschnitte bei der Prüfung betragen lediglich ca. 5 m.

Bei der Ermittlung des Tischmaßes ist besonders bei weitmaschigen Geflechten darauf zu achten, daß die Maschen nicht verzogen sind. In diesen Fällen müssen die Maschen vorher gerichtet werden. Die Drahtgeflechtmeßmaschinen sind durch die Ausnahme-VO von der Eichpflicht befreit.

#### **2.2.1.11. Kunststoffmeßmaschinen (Bahnen, Rohre, Profile)**

Die Meßgüter können bei diesen Maschinen unterschiedlichste Formen aufweisen. Die Prüfung soll gemäß den Regeln für jene Maschinen erfolgen, die ähnliches Meßgut verarbeiten (z.B. bahnenförmiges Meßgut gemäß den Regeln für Stoffmeßmaschinen, rohrförmiges oder profiliertes Meßgut gemäß den Regeln für Kabelmeßmaschinen).

Ein besonderes Augenmerk ist auf den Zustand des Meßgutes zu richten. Kunststoffe besitzen zum Teil die Eigenschaft, noch einen längeren Zeitraum nach ihrer Herstellung die Länge zu verändern (Schrumpferscheinungen). Im allgemeinen kann Meßgut nur im stabilen Endzustand eichfähig gemessen werden, es sei denn, die Längenänderungen nach dem Messen sind genau bekannt und lassen sich bei der eichfähigen Messung berücksichtigen.

#### **2.2.1.12. Markiereinrichtungen (EO 1-5 Nr. 5.10.2)**

Diese Einrichtungen können zusätzlich an abrollenden Maschinen angebaut sein und müssen abgemessene Meßgutabschnitte von 0,1 m, 0,5 m, 1 m oder

ganze Vielfache von 1 m auf dem Meßgut fortlaufend markieren und in bestimmter Weise bezeichnen.

Bei Verwendung von Markierplättchen (z.B. Stoffbahnen) müssen diese fortlaufend gleichmäßig aus der Markiervorrichtung hervortreten und auf dem Meßgut genügend fest und unveränderlich haften.

Durch Farbdruck aufgebrachte Marken und Ziffern (z.B. auf Drähten und Stoffbahnen) dürfen durch Verschmutzung der Markiereinrichtung nicht unkenntlich werden.

Stoffmeßmaschinen dürfen mit Einrichtungen versehen sein, welche die Markierung auf einen in das Meßgut einlaufenden Streifen aufbringen. Dabei muß die gegenseitige Lage von Meßgut und Streifen hinreichend (zumindestens am Anfang) gesichert sein. Das ist bei dehnbaren Textilien nur möglich, wenn das Dehnungsverhalten vom Meßgut und Markierungsstreifen etwa gleich ist.

In der meßtechnischen Prüfung ergibt sich das Maschinenmaß aus dem Produkt von Markierungsanzahl und Abstandssollwert zweier Markierungen. Das Tischmaß jeder einzelnen Markierung wird durch Messen des Abstandes zur Anfangsmarkierung mittels eines Meßbandes bestimmt. Ist der zur Verfügung stehende Meßtisch oder die Meßbahn kürzer als die Gesamtlänge des Meßgutes, so müssen einzelne Abschnitte für sich geprüft werden. Der Anschluß an die Anfangsmarkierung erfolgt nachträglich durch Addition des Fehlers der letzten Markierung im ersten Abschnitt zu den Fehlern der Markierungen im folgenden Abschnitt usw.

**Tafel 1**

Fehler in mm jeder Markierung relativ zur Anfangsmarke jedes Abschnittes

Metermarke	0	1	2	3	4	5
Fehler	–	+1	+3	+2	–1	+1
Metermarke	5	6	7	8	9	10
Fehler	–	+2	+3	+5	+5	+6
Metermarke	10	11	12	13	14	15
Fehler	–	+2	+4	+6	+7	+7
Metermarke	15	16	17	18	19	20
Fehler	–	+3	+4	+5	+7	+8



**Beispiel:** Auf einer Stoffbahn sind 20 Markierungen mit einem Abstand von je 1 m vorhanden. Der Meßtisch hat eine Länge von 5 m, so daß die Gesamtlänge von 20 m in 4 Teilabschnitten geprüft werden muß. In der Tafel 1 sind für jeden Teilabschnitt die ermittelten Fehler jeder Marke relativ zur Anfangsmarke jedes Abschnittes zusammengestellt.

In einer nachträglichen Rechnung müssen nun die Fehler des zweiten Abschnittes unter Berücksichtigung des Meßfehlers der letzten Markierung aus dem ersten Abschnitt korrigiert werden. Die Fehler des dritten Abschnittes erhalten ihre Korrektur aus dem korrigierten Fehler der letzten Markierung im zweiten Abschnitt usw. In der Tafel 2 sind die endgültigen Fehler jeder Markierung relativ zur Anfangsmarke (Nullmarke) aufgeführt.

**Tafel 2**

Fehler in mm jeder Markierung relativ zur Anfangsmarke

Metermarke	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fehler	-	+1	+3	+2	-1	+1	+3	+4	+6	+6	+7
Metermarke	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Fehler	+9	+11	+13	+14	+14	+17	+18	+19	+21	+22	

### 2.2.2. Legende Meßmaschinen (Stofflegemeßmaschinen)

Diese Maschinenart tritt bisher nur in der Form von Stofflegemeßmaschinen auf (EO 1-5 Nr. 6.1).

Die Lagenlänge hängt von der Dicke des Meßgutes ab. Daher müssen Maschinen für Meßgutdicken von über 1 mm mit Einrichtungen versehen sein, die zur Einstellung der Solllagenlänge in Abhängigkeit von der Meßgutdicke dienen (Dickeneinstellvorrichtungen nach EO 1-5 Nr. 6.1.2). Bei nicht automatischer Einstellung wird geprüft, ob die vorgeschriebene Sicherungseinrichtung eine Inbetriebnahme nur dann zuläßt, wenn die Maschine auf die Meßgutdicke eingestellt ist. Maschinen ohne Dickeneinstellvorrichtung müssen Aufschriften tragen, in denen auf die eingeschränkte Anwendbarkeit hingewiesen wird (EO 1-5 Nr. 8.5).

Entsprechend dem Dehnverhalten von Textilien sind die Maschinen in 3-K-Wert-Gruppen eingeteilt (Abschnitt 1.3.3.3), wobei eine Maschine mehreren K-Wert-Gruppen zugeordnet sein kann. Diese Zuordnung muß durch Aufschriften kenntlich gemacht sein.

Der Antrieb des Lagenzählwerkes muß so geschaltet sein, daß erst unmittelbar vor Lagenende ein Weiterzählen erfolgt; die letzte unvollständige Lage am Ende einer Messung darf nicht gezählt werden.

Die betriebsmäßige Prüfung der Maschine erfolgt mit Meßgütern des kleinsten und des größten K-Wertes der K-Wert-Gruppe, der die Maschine zugeordnet ist. Dabei soll die Meßgutdicke zwischen möglichst geringen und möglichst großen Werten variieren. Maschinen ohne Dickeneinstellvorrichtung werden mit Meßgut von etwa 0,1 mm und 1 mm Dicke geprüft.

Soll die Maschine dubliertes (doppelt liegendes) Meßgut messen, so wird die Prüfung auch mit Meßgut dieser Art durchgeführt. Besitzt die Maschine eine Dubliervorrichtung, so erfolgt die Prüfung in Verbindung mit der Dubliervorrichtung. In beiden Fällen gilt als Basis für die Ermittlung des K-Wertes und der Meßgutdicke das Meßgut im dublierten Zustand.

Die betriebsmäßige Prüfung läuft in folgender Weise ab:

Das Meßgut (ca. 30 m Länge) wird gemäß der Betriebsvorschrift in die Maschine eingefädelt, sein Anschnitt oder eine Anfangsmarkierung mit der Anfangsmarke auf dem Legetisch zur Deckung gebracht und das Zählwerk auf Null gestellt. Die gesamte Stoffbahn kann jetzt gemessen werden.

Durch Augenschein wird am Lagenstoß das gleichmäßige Übereinanderliegen der Falten an den Lagenenden überprüft. Zeigen sich Unregelmäßigkeiten in der Lage der Falten zueinander, so ist die Lagenlänge an den Stapelstellen mit den größten Unregelmäßigkeiten durch manuelle Einzelmessungen zu ermitteln. Dazu wird ein dünner breiter Maßstab aus Stahl (Abschnitt 7.1) bei etwa halber Stoffbreite in Längsrichtung zwischen zwei Lagen gesteckt. Berührt das Nullende des Maßstabes unter geringem Druck die Falte am hinteren Lagenende, kann an der vorderen Falte gemäß Bild 11 die Handmaßlänge  $H$  der Lage auf dem Maßstab abgelesen werden.

Die Lagenlänge  $S$  errechnet sich unter Berücksichtigung der Meßgutdicke  $d$  aus der Formel  $S = H + 2d$  (Abschnitt 1.3.3.3). Diese Lagenlänge darf von ihrem Sollwert (im allgemeinen 1000 mm) um nicht mehr als  $\pm 6$  mm abweichen (EO 1-5 Nr. 9.1.11).

Das Maschinenmaß der Stoffbahnen ergibt sich aus dem Produkt der am Zählwerk abgelesenen Lagenanzahl und der Lagensolllänge, vermehrt um die manuell bestimmte Länge der letzten unvollständigen Lage (Reststück). Das Tischmaß wird in üblicher Weise gemäß Abschnitt 1.2.3.1 ermittelt.

Im allgemeinen wird man wegen der leichteren Handhabung zuerst das Maschinenmaß und anschließend das Tischmaß feststellen und diesen Vorgang zweimal wiederholen. Es ist jedoch leicht möglich, daß die vom Legen im Meßgut verursachten Falten eine sichere Tischmaßbestimmung verhindern. In diesem Fall ist die Reihenfolge der Messungen umzukehren und jeweils neues, gleichartiges Meßgut zu verwenden.

Bis zum 31.12.1980 dürfen Maschinen im Handel sein, die das Meßgut wahlweise in Meterlagen oder in Yardlagen legen. Die Prüfung der Maschinen erfolgt für beide Maßarten völlig gleich. Für die Verwendung von metrischen Meßbändern und Maßstäben gilt der Umrechnungsfaktor 1 Yard = 0,9144 Meter. Bei Einstellung der Maschine auf Yardlagen muß ein deutlicher Hinweis auf das Yardmaß erscheinen, um eine Verwechslung zu verhindern.

### 2.2.3. Wickelnde Meßmaschinen (Garnweifen)

Diese Maschinenart tritt bisher nur in der Form von Garnweifen auf (EO 1-5 Nr. 7.1).

In der Beschaffenheitsprüfung ist beim Betrieb der Garnweife auf einen besonders geringen Reibungswiderstand der Fadenführung zu achten, da andernfalls das Meßgut reißen kann. Ist ein Scheibenzählwerk vorhanden, muß der Abstand des Zeigers zur Skala sehr gering sein, um Ablesefehler durch Parallaxe genügend klein zu halten.

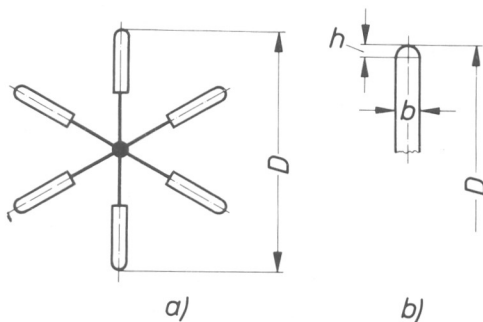


Bild 15

Geometrie einer Weife

a) Weife mit Garnträgern b) Garnträger

$D$  Durchmesser der Weife,  $h$  Bogenhöhe,  $b$  Breite des Garnträgers

Eine betriebsmäßige Prüfung ist bei dieser Maschinenart nicht notwendig. Bei der meßtechnischen Prüfung wird lediglich der wirksame Umfang der Weifkronen bestimmt. Dieser Umfang  $U$  läßt sich aus den geometrischen Daten (Bild 15) der Weife gemäß der Beziehung

$$U = 3 \cdot D_m + \text{Korrekturwert}(b_m, h_m)$$

berechnen. Dabei bedeuten

$D_m$  arithmetischer Mittelwert von 9 Einzeldurchmessern  $D$ , gemessen in Weifenmitte und in 40 mm Abstand von den beiden Enden der Garträger;

$b_m$  arithmetischer Mittelwert aus den Breiten  $b$  der 6 einzelnen Garträger;

$h_m$  arithmetischer Mittelwert aus den Bogenhöhen  $h$  an den runden Enden der 6 einzelnen Garträger;

Korrekturwert  $(b_m, h_m)$  = Zahlenwert aus Tafel 3 in mm.

**Tafel 3**

Korrekturwert  $(b_m, h_m)$  in mm zur Berechnung des Weifkronenumfanges

$b_m$ in mm \ $h_m$ in mm	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2
0,2	1,21	1,28	1,35	1,42	1,50	1,57
0,3	0,90	0,96	1,02	1,09	1,15	1,22
0,4	0,70	0,75	0,80	0,85	0,91	0,96
0,5	0,61	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80

Der wirksame Umfang darf von seinem Nennwert (im allgemeinen  $U_{\text{Nenn}} = 1 \text{ m}$ ) um nicht mehr als  $\pm 6 \text{ mm}$  abweichen.

### **3. Prüfmittel**

#### **3.1. Einteilung der Prüfmittel**

Zur Prüfung von Längenmeßmaschinen dienen 4 Gruppen von Prüfmitteln:

- Gebrauchsnormalgeräte (Meßband, Meßband in Sonderausführung, Maßstab in Sonderausführung);
- Hilfsmeßgeräte (Schieblehre, Dickenmesser, gerader Stab, Fühlerlehre, Dynamometer, Stichdrehzähler, Dehnungsmeßgerät in Sonderausführung);
- Hilfseinrichtungen (Meßtisch und Führungsstab, Meßbahn);
- Meßgut.

#### **3.2. Beschaffenheit der Prüfmittel**

Die Beschaffenheit der Prüfmittel richtet sich nach dem Verwendungszweck. Es sind z.T. Sonderausführungen notwendig.

##### **3.2.1. Gebrauchsnormalgeräte**

Das Meßband soll aus Stahl bestehen und eine Mindestlänge von 5 Metern aufweisen. Die Teilung des Bandes ist in Zentimeter ausgeführt, wobei der erste Dezimeterabschnitt zusätzlich in Millimeter geteilt ist.

Das Meßband in Sonderausführung dient zur Bestimmung des Umfanges von Meßrädern. Es besteht aus Stahl, ist ca. 7 mm breit und nur 0,1 mm dick. Strichmarken sind an den Stellen 0 mm, 500 mm und 1000 mm vorhanden, wobei beidseitig um den Nullstrich zusätzlich eine Millimeterteilung von 10 mm Länge aufgebracht ist. Das Nullende des Bandes ist mit einer Ausparung (Schlitz) versehen, durch die der bei 500 mm und 1000 mm verjüngte Teil des Bandes geführt werden kann.

Der linealförmige Maßstab in Sonderausführung dient zur Bestimmung der Lagenlänge von Stoffen. Er besteht aus Stahl und hat eine Länge von über 1 m, eine Breite von 40 mm sowie eine Dicke von 2 mm. Die abgeschrägte Kante an einem Ende gilt als Nullmarke. Als Endmarke dienen Striche in Zentimeterteilung von 0 bis 90 cm und in Millimeterteilung von 90 cm bis 101 cm.

##### **3.2.2. Hilfsmeßgeräte**

Die Schieblehre in handelsüblicher Ausführung (DIN 862) soll einen Mindestmeßbereich von 0 bis 400 mm und auf dem Schieber einen Nonius für die Ab-

lesung von zehntel Millimetern aufweisen. Die Meßschnäbel müssen mindestens an den Enden gehärtet sein.

Der Dickenmesser in handelsüblicher Ausführung soll einen Mindestmeßbereich von 0 bis 5 mm und eine Ablesemöglichkeit auf zehntel Millimeter aufweisen. Der Durchmesser der Meßflächen soll 25 mm bis 30 mm und die Meßkraft etwa 2 N betragen.

Der aus einem metallischen Werkstoff hergestellte gerade Stab von etwa 800 mm Länge kann als Rundstab, Rohr oder Vielkantstab ausgeführt sein. Er muß gerade sein und eine glatte Oberfläche haben.

Der Satz Fühlerlehren in handelsüblicher Ausführung soll einen Meßbereich von 0,5 mm bis 3 mm bei einer Mindeststufung von 0,5 mm haben.

Dynamometer können Federkraftmesser in einfachster handelsüblicher Ausführung sein. Ein Satz dieser Geräte soll den Bereich von 0,1 N bis 100 N überstreichen.

Stichdrehzähler in handelsüblicher Ausführung können als mechanische oder mechanisch-elektronische Geräte ausgeführt sein. Sie sollen in Verbindung mit einem Laufrad die Messung von Vorschubgeschwindigkeiten im Bereich von 10 m/min bis 1000 m/min ermöglichen.

Das Dehnungsmeßgerät in Sonderausführung dient für die Messung der Dehnung  $\epsilon$  zwecks Bestimmung des K-Wertes von Textilien. Es ist in den PTB-Mitteilungen **84** (1974), S. 8–11 eingehend beschrieben. Hersteller des Gerätes können auf Anfrage von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt genannt werden.

### **3.2.3. Hilfseinrichtungen**

Die Länge des Meßtisches soll mindestens 4 m betragen, während die Breite mindestens der des Meßgutes zu entsprechen hat. Die Tischoberfläche muß glatt und eben sein und soll nicht aus Kunststoff bestehen, weil elektrostatische Aufladungen zu einem unerwünschten Haften von aus Kunststoffen hergestellten Textilien auf der Platte führen können. An den Enden des Tisches sollen Ablagemöglichkeiten zum lockeren Lagern des Meßgutes bestehen. Zwei längliche Gewichtsstücke zum Fixieren der Abschnittsenden auf dem Tisch müssen vorhanden sein.

Der runde Führungsstab von etwa 25 mm Durchmesser zum Entspannen des textilen Meßgutes (Abschn. 1.2.3.1) soll nach Augenschein gerade sein, eine

glatte Oberfläche aufweisen und etwa 30 cm länger als die Meßgutbreite sein. Er kann aus mehreren zusammengefügteten Teilen bestehen (glatte Stoßstellen vorausgesetzt).

Die Meßbahn soll eine Mindestlänge von 10 m haben und eben sein. Ersatzweise kann ein entsprechender Platz auf dem Fußboden bereitgestellt sein.

### **3.2.4. Meßgut**

Das Meßgut (z.B. Drähte, Kabel, Bahnen) soll die Eigenschaften der Materialien aufweisen, die im Betrieb mit der Maschine gemessen werden. Die Dicken und Dehnbarkeiten des Meßgutes müssen an den Grenzen der Bereiche liegen, für die die Maschine eingerichtet ist. Wird eine Abhängigkeit der Meßergebnisse von der Oberflächenbeschaffenheit des Meßgutes erwartet, so muß Meßgut mit unterschiedlichen Oberflächen eingesetzt werden.

## **3.3. Prüfung der Gebrauchsnormalgeräte und Hilfsmeßgeräte**

Die im Abschnitt 3.2.1 genannten Gebrauchsnormalgeräte und Hilfsmeßgeräte unterliegen bei eichamtlicher Anwendung hinsichtlich ihrer eigenen Prüfung den Allgemeinen Vorschriften der Eichanweisung (EA-AV) vom 12. Juni 1973 Nrn. 2.4, 2.5 und 2.8.

### **3.3.1. Gebrauchsnormalgeräte**

Die Prüfung der Meßbänder erfolgt nach den in der Eichordnung für Handelsmeßbänder mit Strichmarken festgelegten Vorschriften.

Danach weisen die Stahlbänder die richtige Länge unter einer Zugspannung von 20 N/mm<sup>2</sup> auf. Die aus dieser Spannung und dem Meßbandquerschnitt resultierende Zugkraft ist auf die Werte 20, 50, 100, 150, 200 Newton zu runden (EO 1-1 Nr. 6). Für das Meßband in Sonderausführung ergibt sich eine Zugkraft von 20 N.

Die Fehlergrenzen für Handelsmeßbänder und Maßstäbe sind in der EO 1-1 Nr. 9 festgelegt. Die Fehlergrenzen beim Meßband in Sonderausführung betragen für alle Strichabstände zur Nullbegrenzung  $\pm 0,1$  mm.

### 3.3.2. Hilfsmeßgeräte

Die Prüfung der Schieblehre nach EO 1-4 Nr. 2.3, 3.3, 6, 18.3, 19.3 u. 20.3 erfolgt gemäß DIN 862. Die mit Parallelendmaßen festgestellten Fehler (Abweichung vom Sollwert an beliebiger Stelle des Meßbereiches) sind Sammelfehler, die sich aus Fehlern der Teilungen, Führungen, Meßflächen u.a. zusammensetzen. Die Fehlergrenzen der Anzeige liegen innerhalb des ganzen Meßbereiches bei  $\pm 0,1$  mm.

Zur Prüfung des Dickenmessers genügen Parallelendmaße des Genauigkeitsgrades II. Infolge des einfachen Aufbaues der Meßuhr (Skalenwert 0,1 mm) reicht eine Prüfung in Millimeterstufen aus. Die Fehler der Anzeige dürfen nicht größer als  $\pm 0,1$  mm sein.

Der gerade Stab wird auf hinreichende Geradlinigkeit mittels einer Meßplatte oder eines Lineals geprüft. Die Abweichungen dieser Normale von der Geradlinigkeit dürfen nicht größer als 0,1 mm sein. Bei Auflage des Stabes auf die Normalfläche darf der Spalt zwischen Stab und Fläche an keiner Stelle größer als 0,5 mm sein.

Die Prüfung des Satzes Fühlerlehren erfolgt mit einer Meßschraube. An drei gleichmäßig verteilten Meßstellen darf die Lehrendicke nicht mehr als  $\pm 0,1$  mm vom Sollwert abweichen.



## 4. Fehlergrenzen

Die Eichfehlergrenzen eichpflichtiger Längenmeßmaschinen sind in der EO 1-5 Nr. 9 niedergelegt. Hier sind lediglich die einstweilen festgesetzten Eichfehlergrenzen jener Maschinen abgedruckt, die nach dem Eichgesetz eichpflichtig, jedoch in der Eichordnung noch nicht enthalten sind.

Die Fehlergrenzen können selbst für Maschinen der gleichen Gruppe nicht einheitlich festgesetzt werden. Sie stellen Erfahrungswerte dar, die auf der technologischen Beschaffenheit des Meßgutes und den daraus folgenden Eigenheiten der Meßgeräte beruhen. Auch der wirtschaftliche Wert des Meßgutes ist bei der Festlegung der Eichfehlergrenzen berücksichtigt worden, wobei allerdings dieser Wert je nach Fortschritt der Technik großen Schwankungen unterworfen ist.

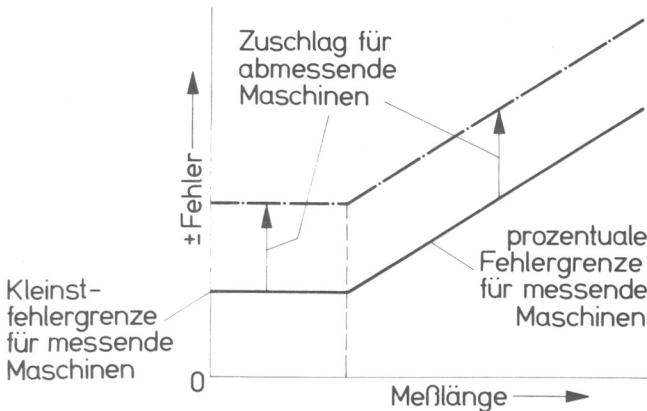


Bild 16

Schematische Darstellung der maximal zulässigen positiven und negativen Fehler in Abhängigkeit von der Meßlänge

Eine schematische Darstellung der maximal zulässigen positiven und negativen Fehler in Abhängigkeit von der Meßlänge ist im Bild 16 wiedergegeben. Bis zu einer gewissen Meßlänge (für jede Maschinenart unterschiedlich) gilt bei messenden Maschinen eine konstante Kleinstfehlergrenze, weil in diesem Bereich prozentuale Fehlergrenzen aus meßtechnischen Gründen nicht einzuhalten sind. Ab dieser gewissen Meßlänge bestimmt der prozentuale Fehler die Fehlergrenze. Bei den abmessenden Maschinen treten zusätzliche Fehler infolge von Ein- und Abschaltvorgängen auf, die dadurch berücksichtigt werden, daß auf die Fehlergrenzen der messenden Maschinen ein konstanter Zuschlag hinzugerechnet wird.

Die einstweilen geltenden Eichfehlergrenzen betragen bei Kunststoffmeßmaschinen  $\pm 0,5\%$  der gemessenen Länge, jedoch nicht weniger als 20 mm.

Sind innerhalb der Gültigkeitsdauer von Eichungen Prüfungen der Maschinen notwendig, so gelten anstelle der Eichfehlergrenzen die größeren Verkehrsfehlergrenzen. Diese Grenzen sind ebenfalls in der EO 1-5 Nr. 9 abgedruckt.

## Teil II Flächenmeßmaschinen (EO 2-2)

### 5. Grundlagen der maschinellen Flächenmessung

#### 5.1. Meßverfahren

Die maschinelle Flächenmessung wird mit zwei sich ähnelnden Meßverfahren verwirklicht. Im einen Verfahren unterteilt die Maschine die Meßfläche in maschinell vorgegebene Rechtecke gleicher Abmessungen, summiert die Anzahl der Rechtecke und gewinnt somit den Inhalt der Meßfläche. Im anderen Verfahren treten anstelle der Rechtecke parallele Streifen gleicher Breite und der Inhalt der Meßfläche wird durch Multiplikation der Summe aller Streifenlängen mit der Streifenbreite gewonnen.

#### 5.2. Maschinengruppen

Gemäß EO 2-2, Nr. 1.2 erfolgt die maschinelle Flächenmessung am vorgeschobenen Meßgut

- mechanisch durch Abrollen der Meßfläche mit parallel zueinander angeordneten Stiftmeßrädern oder
- elektronisch durch fortlaufend wiederholtes lichtelektrisches Abtasten der Meßfläche quer zur Vorschubrichtung.

Alle Flächenmeßmaschinen bestehen in ihrer konstruktiven Ausführung aus folgenden Teileinrichtungen:

- dem Transportteil zur Meßgutzufuhr an die Abtasteinrichtung;
- der Abtasteinrichtung zur Unterteilung der zu messenden Fläche in definierte Teilflächen und Übertragung deren Anzahl auf die Summiereinrichtung;
- der Summiereinrichtung zur Summenbildung der Anzahl abgetasteter Teilflächen und Übertragung dieser Zahl auf die Anzeigenrichtung;
- der Anzeigeeinrichtung zur Bildung des Meßergebnisses.

### 5.3. Technische Ausführung

Zum Verständnis des Meßvorganges wird an dieser Stelle die Funktion der mechanischen sogenannten Stifträd-Meßmaschinen näher erläutert. Dazu dient das in Bild 17 dargestellte Schema.

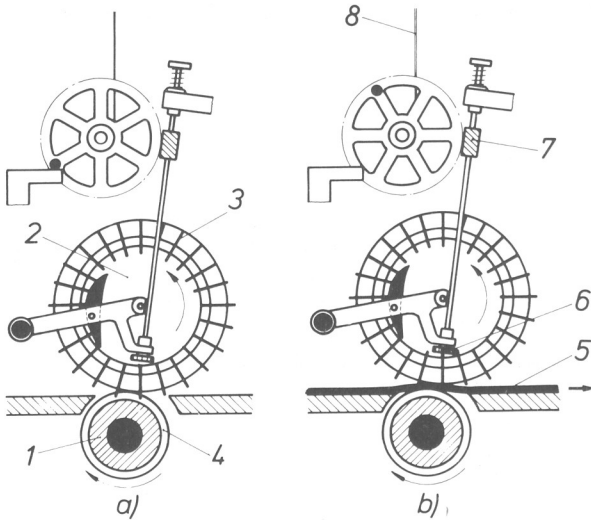


Bild 17

Schema der Meßwertaufnahme an einer Stifträd-Flächenmeßmaschine

a) Leerlaufzustand b) Meßzustand

1 Transportwalze, 2 Stifträder, 3 Stifte, 4 Nuten in der Transportwalze,  
5 Meßgut, 6 Zahnrad, 7 Schneckentrieb, 8 Metallband

Oberhalb der Transportwalze 1 befindet sich eine Anzahl von parallel zueinander angeordneten Rädern 2, die unabhängig voneinander drehbar und geringfügig vertikal anhebbar sind. Jedes Rad ist mit den regelmäßig verteilten Stiften 3 versehen, die sich in gewissen Grenzen radial frei bewegen können. Die Transportwalze 1 weist an ihrem Umfang in der Ebene der Stifte jedes Rades die Nuten 4 auf.

Im Leerlauf (ohne Meßgut) stützen sich alle Stifträder auf die Walze 1 (Bild 17a) und werden von dieser in eine Drehbewegung versetzt. Dabei fallen die Stifte nahe der Transportwalze durch die Eigengewichtskraft nach außen, so daß ihre nur ein wenig über die Stirnfläche vorragenden Enden in die Nuten der Transportwalze hineinragen.

Führt man zwischen die Walze 1 und einen Teil der Räder 2 die zu messende Fläche 5 (Bild 17b), so werden infolge der Materialdicke diese Räder angehoben und nicht mehr unmittelbar durch die Walze, sondern vom Meßgut angetrieben. Dabei drückt das Meßgut im Bereich der Abtastzone die Stifte in radialer Richtung in die Räder, so daß die inneren Stiften in das Zahnrad 6 eingreifen und es um jeweils einen Zahn weiterdrehen.

Die Zahnradrotation wird über den Schneckentrieb 7 und das Metallband 8 auf das hier nicht gezeigte Summierwerk und anschließend auf die Anzeigeeinrichtung übertragen.

Jeder tastende Stift registriert also den Flächeninhalt eines Rechtecks, dessen Abmessungen durch den Umfangsabstand von zwei aufeinander folgenden Stiften und durch den axialen Mittenabstand von zwei nebeneinander angeordneten Rädern festgelegt sind.

Das in Abschnitt 6.1 genannte elektrische Meßverfahren mit wiederholtem lichtelektrischem Abtasten quer zur Vorschubrichtung kommt in der Praxis in vielen Ausführungsformen vor. Die wesentlichen Merkmale einer oft anzutreffenden Bauart werden in Verbindung mit der schematischen Darstellung im Bild 18 näher erläutert.

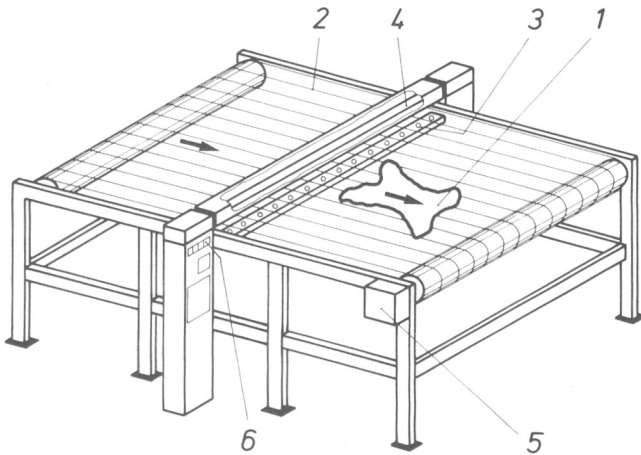


Bild 18

Schema einer elektronischen Flächenmeßmaschine

1 Meßgut, 2 Transportbänder, 3 Fotowiderstände, 4 Leuchtstoffröhre,  
5 Impulsgeber, 6 Zählwerk

Die unregelmäßig begrenzte zu messende Fläche 1 wird auf ein aus Perlon-schnüren bestehendes Transportband 2 gelegt und von diesem über eine Reihe von quer zur Vorschubrichtung angeordneten Fotowiderständen 3 geführt. Diese Fotowiderstände haben einen konstanten gegenseitigen Abstand  $a$ , der dem axialen Mittenabstand von zwei nebeneinander angeordneten Rädern bei der Stiftradmashine entspricht. Eine oberhalb des Transportbandes befindliche Leuchtstoffröhre 4 belichtet die Fotowiderstände.

Das durchlaufende Meßgut beschattet die von ihm überdeckten Fotowiderstände und verursacht dadurch eine Änderung der Widerstandswerte. Infolgedessen öffnet sich für die Zeitdauer des beschatteten Zustandes je Fotowiderstand eine Torschaltung für Zählimpulse, die von einem synchron mit dem Transportband umlaufenden Impulsgeber 5 periodisch geliefert werden. Während der Zeitdauer von zwei aufeinander folgenden Impulsen erfolgt ein konstanter Vorschub  $b$  des Meßgutes; jedem Impuls entspricht somit ein Rechteck mit dem Flächeninhalt  $a \cdot b$ . Die Impulse übertragen sich auf ein elektronisches Summier- und Anzeigewerk 6, wodurch das Meßergebnis gebildet und digital angezeigt wird.

#### **5.4. Fehlerarten**

Bei der maschinellen Flächenmessung treten vornehmlich 5 Fehlermöglichkeiten auf, die von der Randgebietabtastung, der Meßgutdicke, der Relativbewegung zwischen Meßgut und Meßelement, der Meßgutwelligkeit und der Beschaffenheit der Meßmaschinen abhängen.

##### **5.4.1. Randfehler**

Dieser Fehler entsteht bei der Randgebietabtastung der zu messenden Fläche. Die Stifte bzw. elektronischen Meßfühler in der Nähe und auf der Meßgutkontur täuschen einerseits das Vorhandensein von vollständigen elementaren Rechtecken vor, andererseits gelangen tatsächlich vorhandene Teilgebiete des Meßgutrandes nicht zur Abtastung und damit nicht zur Anzeige.

Zur näheren Erläuterung betrachte man eine Stiftradmashine in Verbindung mit Bild 19. Die Maschine zeigt den durch die stark ausgezogene Linie begrenzten Flächeninhalt an, der gegenüber dem wahren Inhalt der zu messenden Fläche mit Fehlern behaftet ist.

Die waagrecht gestrichelten Felder führen zu Mehranzeigen (positive Fehler); die senkrecht gestrichelten Felder verursachen dagegen Minderanzeigen (negative Fehler). Die positiven und negativen Fehler heben sich erfahrungsgemäß bis auf einen Restfehler auf.



#### **5.4.2. Dickenfehler**

Der Dickenfehler ist bereits im Teil I Abschnitt 1.3.3 behandelt worden, so daß Einzelheiten dort zu entnehmen sind.

Wird das Meßgut innerhalb der Meßmaschine gekrümmt geführt, erfährt seine Außenfläche eine Streckung, seine Innenfläche dagegen eine Stauchung. Lediglich die „neutrale Fläche“, d.h. die weder gestreckte noch gestauchte Schicht innerhalb des Meßgutes behält ihren ursprünglichen Zustand.

Erfolgt bei der Messung die Abtastung z.B. an der gestreckten Außenfläche, so entsteht eine Mehranzeige, d.h. ein positiver Meßfehler. Fehler dieser Art müssen vermieden werden, und es ist daher in der Eichordnung (EO 2–2 Nr. 4.1, 4.1.2) vorgeschrieben, daß die Meßergebnisse von abrollenden Flächenmeßmaschinen von der Dicke des Meßgutes unabhängig sein müssen. Dieses Ziel ist durch eine konstruktiv bedingte möglichst geradlinige Führung des Meßgutes an den flächenabtastenden Elementen erreichbar.

#### **5.4.3. Schlupffehler**

Dieser Fehler ist hinsichtlich seiner Entstehung, Auswirkung und Beseitigung bereits in Teil 1 Abschnitt 1.3.1 erläutert worden; diese Erkenntnisse lassen sich sinngemäß auf Flächenmeßmaschinen übertragen.

Erfolgt die Flächenabtastung bei den abrollenden Maschinen ohne ausreichenden Reibkraftschluß zwischen Meßgut und Stifträdern, so werden positive oder negative stets nicht reproduzierbare Fehler registriert.

Entsprechendes gilt auch für elektronische Meßmaschinen (z.B. nach Abschnitt 6.3 und Bild 19), wenn zwischen dem Transportband 2, dessen Vorschubgeschwindigkeit in fester Beziehung zum Impulsgeber 5 steht, und dem Meßgut 1 kein ausreichender Kraftschluß vorhanden ist.

Zur Vermeidung von Meßfehlern darf gemäß Eichordnung (EO 2-2 Nr. 4.1 bis 4.1.1 und 4.2 bis 4.2.1) kein merklicher Schlupf auftreten.

#### **5.4.4. Welligkeitsfehler**

Stark welliges oder faltiges Meßgut (wie z.B. Leder) führt bei manchen Abtasteinrichtung zu einem Flächenmaß, das kleiner als der wahre Wert ist. Diese Minderanzeige ist z.B. bei der Ausführung nach Bild 18 darauf zurückzuführen, daß die Fotowiderstände nur die Projektion der Meßgutfläche in Abtastrichtung wahrnehmen.



Meßmaschinen für solche Meßgutarten müssen daher mit Einrichtungen versehen sein, die eine Glättung der zu messenden Fläche bewirken, so daß die Abtastung in nahezu ebenem Zustand des Meßgutes stattfindet (EO 2-2 Nr. 4.3).

Diese Forderung ist beispielsweise durch folgende Einrichtung realisierbar:

Unterhalb des mit Öffnungen versehenen Transportteiles der Meßmaschine befindet sich eine Luftansaugvorrichtung. Die ausgebreitete und manuell ge-glättete Lederfläche wird auf den Transportteil gelegt, und der dort herrschende Unterdruck gestattet eine annähernd faltenfreie Führung des Meßgutes zur Ab-tasteinrichtung.

#### **5.4.5. Beschaffenheitsfehler**

Beschaffenheitsfehler sind Fehler, die wegen der nicht ordnungsgemäßen Be-schaffenheit der Meßmaschinen zustande kommen.

Erfolgt während der Abtastung und damit des Messens ein Anhalten oder ein Rückzug des Meßgutes, ohne daß die Maschine entsprechend reagiert, so ist das Meßergebnis mit erheblichen Plusfehlern behaftet. Daher darf beim Meßgutstillstand kein Fortschreiten der Anzeige stattfinden. Ferner muß ein Meßgutrückzug zum rückläufigen Fortschreiten oder zum Annullieren der An-zeige führen.

Meßmaschinen mit elektronischen Einrichtungen neigen oftmals auf Grund der mangelhaften Funktion elektronischer Bauteile zu Meßfehlern, die nicht ohne weiteres erkennbar sind.

Hinsichtlich der Funktionssicherheit gelten sinngemäß die in Teil 1 Abschnitt 1.3.6 behandelten Grundsätze und Anforderungen.

## 6. Prüfung

Die Prüfung gliedert sich in zwei Bereiche, wobei im ersten Teil die Beschaffenheit der Maschine und im zweiten Teil die Meßtechnik untersucht wird. Vor diesen Bereichen werden zum besseren Verständnis der Prüfung Einzelheiten bezüglich der verwendeten Flächeneinheit und des Meßgutzustandes erläutert.

### 6.1. Flächeneinheit

Gemäß der Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 26.6.1970 § 3 ist die abgeleitete SI-Einheit der Fläche das Meterquadrat. Nach § 52 der genannten VO war bis zum 31.12.1974 speziell für die Angabe der Fläche von Leder die abgeleitete Einheit square foot (ft<sup>2</sup>) zulässig.

Hingewiesen wird noch auf die im § 48 der Eichordnung – Allgemeine Vorschriften vom 15.1.1975 – enthaltene Übergangsregelung, wonach die vor dem 1.2.1975 geeichten Meßgeräte bis zum 31.12.1980 nachgeeicht werden können, wenn sie die vor Inkrafttreten der EO geltenden Bauvorschriften und Nacheichfehlergrenzen einhalten. Ersteichungen von Geräten einer bereits vor Inkrafttreten der EO zugelassenen Bauart sind unter bestimmten Voraussetzungen ebenfalls bis zum 31.12.1980 möglich. Für die Nacheichung dieser Geräte gilt § 10 EO.

Da die erwähnte Übergangsfrist bald beendet ist, wird in den folgenden Abschnitten die eichtechnische Prüfung von Flächenmeßmaschinen unter der Voraussetzung behandelt, daß die Skale oder die Ziffernfolge des Anzeigewerks nach Quadratdezimeter gleichmäßig fortschreitet (EO 2–2 Nr. 2.2). Sollten innerhalb der Übergangsfrist Maschinen mit einer Nebenanzeige nach Quadratfuß zur Prüfung gelangen, so erfolgt die Meßwertumrechnung nach der Beziehung

$$1 \text{ Quadratfuß} = 9,29 \text{ dm}^2.$$

Bei Flächenmeßmaschinen, die nach dem 1.2.1975 zugelassen wurden und die außer der Anzeige nach der gesetzlichen Einheit auch eine Nebenanzeige nach Quadratfuß gleichzeitig oder wahlweise aufweisen, erstreckt sich die Eichung *nur* auf die vorgeschriebene metrische Einheit. Das wahlweise Umschalten von der gesetzlichen Einheit in eine ausländische Nebenteilung muß für den Maschinenbenutzer deutlich wahrnehmbar durch selbsttätiges Nullstellen der bisherigen Anzeige und gleichzeitiges Erscheinen der Einheit, in der die Messung fortgesetzt werden soll, erfolgen.

## 6.2. Zustand des Meßgutes

Das Meßgut besteht bei der maschinellen Flächenbestimmung fast ausschließlich aus Leder. Die das Flächenmaß beeinflussenden Eigenschaften dieser Meßgutart hängen im allgemeinen von den Umweltbedingungen (Temperatur, rel. Luftfeuchtigkeit), dem mechanischen Spannungszustand und der Ebenheit des Leders ab.

Bei der Messung sollten daher normale klimatische Bedingungen d.h. eine Temperatur von 20°C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 65% herrschen. Ferner sollte der Meßvorgang möglichst im ebenen Flächenzustand des Meßgutes unter Vermeidung von Zugkräften und der damit verbundenen Dehnungen erfolgen. Weil diese Bedingungen im praktischen Einsatz nicht immer einzuhalten sind, gelten für die Flächenmeßmaschinen relativ große Eich- und Verkehrsfehlergrenzen (siehe Abschnitt 9, 10), obwohl Leder als hochwertiges Material anzusehen ist, für das geringere Eichfehlergrenzen anzustreben wären.

Unter Berücksichtigung der genannten Aspekte ist es einleuchtend, daß Leder kein „ideales Meßobjekt“ darstellt und zur Verkörperung von als Normale dienenden Meßflächen ungeeignet ist.

## 6.3. Beschaffenheitsprüfung

Unter Beschaffenheitsprüfung versteht man den Vergleich des Zustandes der Maschine mit den Betriebs- und Zulassungsunterlagen und die Prüfung im Hinblick auf ein funktionsgerechtes Verhalten aller Bauteile:

- Einhalten der äußeren Abmessungen,
- Vorhandensein der gemäß Zulassung notwendigen Schilder und Stempelstellen,
- Leichtgängigkeit aller beweglichen Teile,
- Unwirksamkeit der Tastelemente im Leerlauf und Verbleiben der Anzeige in Nullstellung,
- Funktionsgerechtes Verhalten bei laufender Transporteinrichtung und erzwungenem Festhalten oder Rückziehen des Meßgutes,
- Einhalten der Zulassungsbedingungen bei manueller Betätigung evtl. vorhandener elektronischer Testmöglichkeiten,
- Einhalten der Zulassungsbedingungen beim Umschalten von der gesetzlichen in eine andere Flächeneinheit.

## 6.4. Meßtechnische Prüfung

Unter diesen Abschnitt fallen alle Prüfungen, für deren Durchführung die Verwendung von speziellen meßtechnischen Hilfsmitteln notwendig ist:

- Einhalten der maximal zulässigen Vorschubgeschwindigkeit,
- Einhalten der evtl. vorgeschriebenen Meßgutandruckkraft,
- Feststellen des Abstandes der Taststifte bzw. elektronischen Fühler quer zur Vorschubrichtung (nach EO 2-2 Nr. 2.1 maximal 32 mm zulässig).

Die Feststellung des Maschinenmaßes erfolgt mittels kreisförmiger Normalflächen, die durch die Maschine geführt werden. Der richtige Normalflächenwert

wird gemäß Abschnitt 6.4.1 ermittelt. Die Differenzen zwischen dem Maschinenmaß und dem zugehörigen Normalflächenwert dürfen nicht größer als die Eichfehlergrenzen sein.

### 6.4.1. Normalflächen

Die flexiblen, kreisrunden Normalflächen bestehen aus relativ weichem Gummi oder Kunststoff mit einer Gewebeeinlage als Verstärkung. Dieser Materialaufbau gewährleistet einerseits genügende Biogsamkeit bei gleichzeitiger Undehnbarkeit und andererseits Beständigkeit gegenüber Schwankungen der Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit.

Die kreisrunde Form wurde gewählt, um den richtigen Wert der Normalfläche ohne großen meßtechnischen Aufwand leicht feststellen zu können.

Auf jeder Fläche sind drei gleichmäßig verteilte Durchmesser eingezeichnet. Der aus den Einzellängen dieser Durchmesser ermittelte Durchschnittswert ist auf der Fläche in Millimetern angegeben, und der aus diesem Durchschnittswert berechnete Flächeninhalt ist in Quadratdezimeter eingetragen. Diese Werte sollten jährlich mit Hilfe von Normalmaßstäben bei der Bezugstemperatur von 20°C nachgeprüft werden.

Weicht das Ergebnis der Nachprüfung um mehr als 0,2 dm<sup>2</sup> von der Angabe auf der Normalfläche ab, so ist die Messung zur Ausscheidung von eventuellen Fehlmessungen zu wiederholen. Bestehen danach weiterhin Abweichungen von mehr als 0,2 dm<sup>2</sup>, so ist die Angabe auf der Fläche zu berichtigen.

Zur Vermeidung von Dickenfehlern dürfen Normalflächen keine größere Dicke als 1 mm aufweisen. Für die Prüfung der Maschine soll ein Satz Normalflächen in den Größen 10, 15, 20, 25, 50, 75 und 100 dm<sup>2</sup> vorhanden sein.

## 6.4.2. Ablauf der Prüfung

Die Prüfung wird am Aufstellungs- oder Herstellungsort durchgeführt. Ist bei der zu prüfenden Maschine eine Anzeigemöglichkeit nach zehntel Quadratdezimeter oder sechzehntel Quadratdezimeter gemäß EO 2-2 Nr. 2.2 vorhanden, so ist die Prüfung unter Verwendung dieser besonderen Anzeige durchzuführen.

Die Größe der Prüfflächen richtet sich nach dem vorhandenen Meßbereich der Maschine, wobei die Prüffläche selbst aus mehreren hintereinander durch die Maschine geführten Normalflächen bestehen kann. Fünf verschiedene Prüfflächen, deren Größe gleichmäßig über den Meßbereich der Maschine verteilt sein sollen, kommen zum Einsatz. Mit jeder Prüffläche sind 10 Einzelmessungen vorzunehmen.

Nach jeder Einzelmessung ist die Maschinenanzeige auf Null zu stellen und die Abweichung von der Nullstellung in das Prüfprotokoll zwecks Berücksichtigung bei der Fehlerrechnung einzutragen. Dabei ist gemäß EO 2-2 Nr. 9.2.1 zu beachten, daß bei Anzeigeeinrichtungen mit Zeiger und Skale die Abweichung von der Nullstellung höchstens vier Zehntel des Kleinstwertes der Fehlergrenze betragen darf.

Innerhalb jeder Meßreihe muß möglichst die gesamte Breite der Maschine abschnittsweise in Anspruch genommen werden. Dieses Ziel ist durch abwechselndes Einführen der Normalflächen am Maschinenrand und in der Maschinenmitte erreichbar.

Bei Messungen an den Rändern der Abtasteinrichtung ist darauf zu achten, daß keine Teile der Normalflächen die Abtasteinrichtung außerhalb der Randbegrenzungen passieren.

Ist auf der Maschinenrückseite eine zweite Anzeigeeinrichtung vorhanden, so darf der Unterschied beider Anzeigen nicht mehr als  $\pm 0,2 \text{ dm}^2$  betragen (EO 2-2 Nr. 9.2.2).

In der nachfolgenden Tafel 4 ist in Form eines Meßprotokolls ein zahlenmäßiges Beispiel für die meßtechnische Prüfung einer Flächenmeßmaschine mit einem Meßbereich von  $10 \text{ dm}^2$  bis  $225 \text{ dm}^2$  und analoger Anzeigeeinrichtung dargestellt. Es ist eine Meßreihe im oberen Teil des Meßbereichs unter Verwendung einer Prüffläche von  $150 \text{ dm}^2$  (zusammengesetzt aus zwei Normalflächen von  $100 \text{ dm}^2$  und  $50 \text{ dm}^2$ ) durchgeführt worden.

Tafel 4

Meßprotokoll einer Flächenmeßmaschine  
mit einer Prüffläche von 150 dm<sup>2</sup>

1 Lfd. Nr. der Messung	2 Abweichung von der Nullstellung  dm <sup>2</sup>	3 Maschinen- anzeige  dm <sup>2</sup>	4 Differenz Sp.3 minus Sp.2  dm <sup>2</sup>	5 Fehler: angezeigter Wert minus Prüfflächen- größe dm <sup>2</sup>	6 Abweichung der Einzel- werte Sp.4 vom arithm. Mittelwert dm <sup>2</sup>
1	0	149,5	149,5	-0,5	-0,3
2	+0,1	149,6	149,5	-0,5	-0,3
3	0	149,7	149,7	-0,3	-0,1
4	0	149,9	149,9	-0,1	+0,1
5	+0,1	150,0	149,9	-0,1	+0,1
6	0	149,7	149,7	-0,3	-0,1
7	0	150,2	150,2	+0,2	+0,4
8	0	150,2	150,2	+0,2	+0,4
9	-0,1	150,1	150,2	+0,2	+0,4
10	0	149,4	149,4	-0,6	-0,4
		Summe:	1498,0		
		arithm. Mittelwert:	149,8		
	± 0,18 <sup>3)</sup>	← Fehlergrenzen →		± 1,5 <sup>1)</sup>	± 0,6 <sup>2)</sup>

1) Fehlergrenze der Einzelmessung (EO 2-2 Nr. 9.1.1): ± 1% des richtigen Flächenwertes, d.h. hier ± 1,5 dm<sup>2</sup>. Kleinstwert der Fehlergrenze: ± 0,2% des Meßbereichendwertes, jedoch nicht mehr als ± 1 dm<sup>2</sup>, d.h. hier ± 0,45 dm<sup>2</sup>.

2) Fehlergrenze für die Abweichung der Einzelmessung vom arithmetischen Mittel aus zehn Einzelmessungen (EO 2-2 Nr. 9.1.2): 0,4 des zulässigen Fehlers nach <sup>1)</sup>, d.h. hier ± 0,6 dm<sup>2</sup>.

3) Zulässige Abweichung von der Nullstellung (EO 2-2 Nr. 9.2.1): 0,4 des Kleinstwertes der Fehlergrenze nach <sup>1)</sup>, d.h. hier ± 0,18 dm<sup>2</sup>.

Aus den in den Spalten 2, 5 und 6 enthaltenen Werten ist ersichtlich, daß bei dieser Meßreihe die Eichfehlergrenzen ohne Ausnahme eingehalten werden.

Bei den relativ neuen elektronischen Flächenmeßmaschinen sind in der Anlage zum Zulassungsschein oft besondere Prüfungshinweise enthalten, die neben den allgemeinen Regeln zusätzlich beachtet werden müssen.

## 6.5. Zusatzeinrichtungen

Flächenmeßmaschinen dürfen gemäß EO 2-2 Nr. 5 mit Zusatzeinrichtungen versehen sein. Die am häufigsten vorkommenden Einrichtungen sind:

- Saldiergeräte zur Registrierung der mit den Meßmaschinen erhaltenen Einzelwerte und der Meßwertsumme,
- Druckwerke zum selbsttätigen Aufstempeln der einzelnen Meßwerte auf die zugehörigen Meßgutflächen.

Die Richtigkeit der Saldiergeräte hinsichtlich der Registrierung der Einzelwerte kann durch direkten Vergleich mit der Maschinenanzeige erfolgen. Die korrekte Summenbildung wird durch Vergleich mit einer gesonderten Addition der Einzelwerte aus einer Reihe von zehn Messungen (z.B. nach Tafel 4 Spalte 4) geprüft.

Die Prüfung der Druckwerke (Stempelwerke) erfolgt ebenfalls durch direkten Vergleich des auf der Meßgutfläche aufgestempelten Zahlenwertes mit der zugehörigen Maschinenanzeige.

Sollten bei der Prüfung der Zusatzeinrichtungen eines Maschinentyps bestimmte Punkte besonders beachtet werden, so sind in der Anlage zum Zulassungsschein in dieser Hinsicht besondere Hinweise enthalten.

Für Saldier- und Stempelinrichtungen, die Meßergebnisse wahlweise nach mehreren Einheitssystemen registrieren oder aufstempeln können, gilt sinngemäß Abschnitt 7.1. Das wahlweise Umschalten von der gesetzlichen Maßeinheit in eine ausländische Nebenteilung muß für den Maschinenbenutzer deutlich wahrnehmbar erfolgen. Dabei muß das Saldiergerät selbsttätig die Summe der Einzelmessungen in der vorher eingestellten Maßeinheit bilden und die Stempelinrichtung ebenfalls selbsttätig den letzten angezeigten Wert in der vorher eingestellten Einheit auf die Meßfläche abstempeln.

## 7. Prüfmittel

Zur Prüfung der Meßmaschinen dienen 2 Gruppen von Prüfmitteln:

- Gebrauchsnormalgeräte (Normalflächen, Normalmaßstab),
- Hilfsmeßgeräte (Schieblehre, Dickenmesser, Dynamometer, Geschwindigkeitsmesser).

### 7.1. Gebrauchsnormalgeräte

Die Normalflächen aus Gummi oder Kunststoff mit Gewebereinlage sind im Abschnitt 6.4.1 ausführlich beschrieben worden.

Der Normalmaßstab aus Stahl dient zur Feststellung des richtigen Flächenwertes der Normalflächen; er hat einen quadratischen Querschnitt (Kantenlänge ca. 25 mm) und eine Meßlänge von mindestens 1,20 m. Die Teilung des Stabes ist in Millimetern ausgeführt, wobei die Zentimeter- und Dezimeterstriche besonders lang und mit Zahlen versehen sind.

### 7.2. Hilfsmeßgeräte

Die Schieblehre in handelsüblicher Ausführung (DIN 862) dient zur Bestimmung des Mittenabstandes der Tastelemente (Stifte der Meßräder, lichtelektrische Fühler). Sie soll einen Meßbereich von 0 bis 170 mm oder mehr und gehärtete Meßschnäbel aufweisen.

Der Dickenmesser in handelsüblicher Ausführung dient zur Bestimmung der Dicke der zu messenden Flächen. Er soll einen Meßbereich von mindestens 0 bis 5 mm haben. Der Durchmesser der Meßflächen soll 25 mm bis 30 mm und die Meßkraft etwa 2 N betragen.

Dynamometer dienen z.B. zur Bestimmung der Auflagekraft der einzelnen Stifträder in Flächenmeßmaschinen. Sie können als Federkraftmesser in einfachster handelsüblicher Form ausgeführt sein. Ein Satz dieser Hilfsmeßgeräte soll den Bereich von ca. 1 N bis 100 N überstreichen.

Der Geschwindigkeitsmesser dient zur Bestimmung der Vorschubgeschwindigkeit des Meßgutes. Es handelt sich hier in den meisten Fällen um mechanische Stichtrehzähler, die in Verbindung mit einem Laufrad die Messung von Vorschubgeschwindigkeiten im Bereich von ca. 1 m/min bis 500 m/min ermöglichen.



## 8. Fehlergrenzen

Die zulässigen Fehler gliedern sich im wesentlichen in 4 Anteile:

- Fehler der Einzelmessung,
- Abweichung der Einzelmessung vom arithmetischen Mittelwert,

und bei analogen Anzeigeeinrichtungen

- Abweichung der Anzeige von der Nullstellung,
- Abweichung der Angaben von 2 vorhandenen Anzeigeeinrichtungen.

Im Folgenden sind die Eichfehlergrenzen und Abweichungen nach EO 2-2 Nr. 9 in für die praktische Anwendung umgewandelter Form wiedergegeben. Sie betragen:

- Für jede Einzelmessung  $\pm 1\%$  des richtigen Flächenwertes, d.h. des Normalflächenwertes; der Kleinstwert der Fehlergrenze beträgt  $\pm 0,2\%$  des Meßbereichsendwertes, jedoch nicht mehr als  $\pm 1 \text{ dm}^2$ ;
- für die Abweichung der Einzelmessung vom arithmetischen Mittelwert aus 10 Einzelmessungen vier Zehntel des zulässigen Fehlers der Einzelmessung, also  $\pm 0,4\%$  des richtigen Flächenwertes; der Kleinstwert der Abweichung beträgt  $\pm 0,08\%$  des Meßbereichsendwertes, jedoch nicht mehr als  $\pm 0,4 \text{ dm}^2$ .

Bei analog arbeitenden Anzeigeeinrichtungen liegt die zulässige Abweichung

- der Anzeige von der Nullstellung bei vier Zehntel des Kleinstwertes der Fehlergrenzen für die Einzelmessung, also bei  $\pm 0,08\%$  des Meßbereichsendwertes, jedoch nicht mehr als  $\pm 0,4 \text{ dm}^2$ ;
- der Angaben von 2 vorhandenen Anzeigeeinrichtungen bei  $\pm 0,2 \text{ dm}^2$ .

Sind innerhalb der Gültigkeitsdauer von Eichungen Prüfungen der Maschinen notwendig, so gelten anstelle der Eichfehlergrenzen die Verkehrsfehlergrenzen. Sie betragen im Fall der Flächenmeßmaschinen das Doppelte der Eichfehlergrenzen.









