

Grundregeln für die Gestaltung von Strichskalen und Zeigern

DIN
43 790

Basic rules for the design of line scales and pointers

Für den Anwendungsbereich dieser Norm bestehen keine entsprechenden regionalen oder internationalen Normen.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	1	8 Zeiger	7
2 Begriffe	1	9 Grundaussführungen von Strichskalen	7
3 Mindestmaße und Grundregeln für Strichskalen ...	3	Anhang A	9
4 Berechnung der Strichskale	5	Anhang B	12
5 Betrachtungsabstände	5	Zitierte Normen	13
6 Strichskalenteilungen und Bezifferungen	5	Stichwortverzeichnis	14
7 Gestaltungshinweise für Strichskalen	6		

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm legt Grundregeln für die Gestaltung von Strichskalen (nachfolgend kurz auch Skale genannt) und Zeigern fest. Die Grundregeln gelten nicht für Längenmeßgeräte, die gleichzeitig Maßverkörperungen darstellen und besonderen Anforderungen unterliegen, z. B. Prüfmaßstäbe nach DIN 865.

Zu Strichskalen gehören lineare und nichtlineare Skalen für Einfach- und Mehrfachteilungen in Quer-, Hoch-, Sektor-, Quadrant- und Kreisform.

Bei der Gestaltung von Strichskalen für verschiedenartige Meß-, Prüf- und Kontrollgeräte, auch wenn sie durch neue Technologien dargestellt werden, müssen die Gesetzmäßigkeiten und Grenzen der optischen Wahrnehmung berücksichtigt werden, um Ables- und Interpolationsfehler niedrig zu halten.

Die Ausführungen der Strichskalen und Zeiger für die verschiedenen Gerätearten und Anwendungsfälle sind in getrennten Normen festzulegen.

2 Begriffe

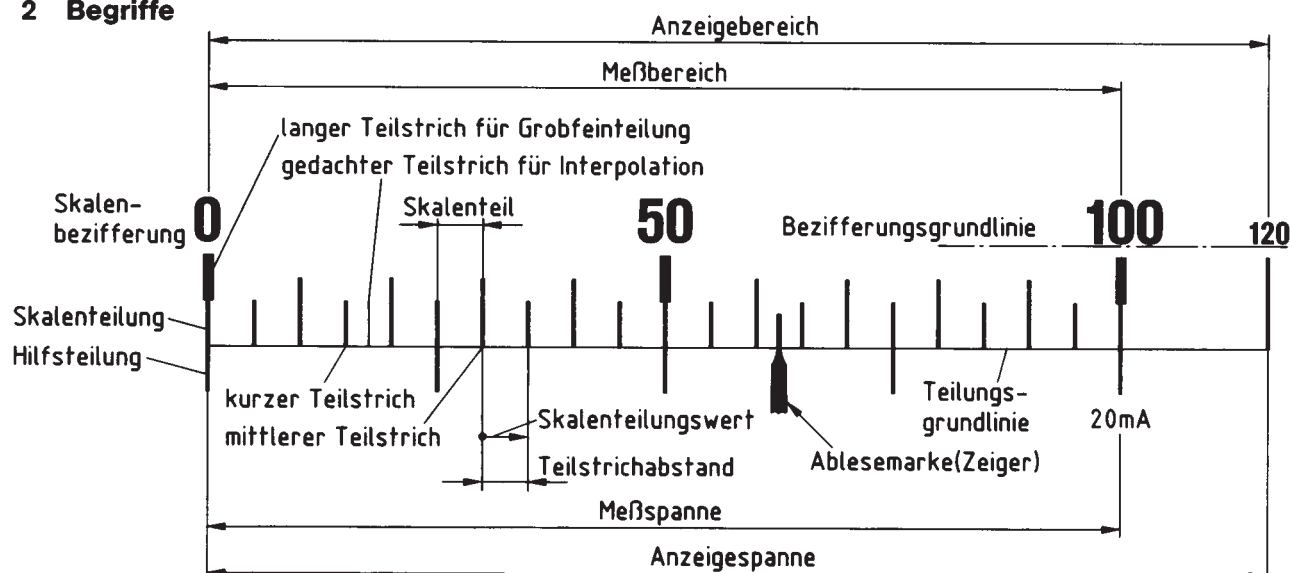


Bild 1.

Fortsetzung Seite 2 bis 14

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)
 Ausschuß Lehr-, Lern- und Ausbildungsmittel (ALLA) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
 Normenausschuß Ergonomie (FNerg) im DIN
 Normenausschuß Laborgeräte und Laboreinrichtungen (FNLa) im DIN
 Normenausschuß für Feinmechanik und Optik (NAFuO) im DIN
 Normenausschuß Primäre Meßgeräte und -einrichtungen (NPM) im DIN



Documents
 Document Sharing Hub

2.1 Skalenbereiche und Kennzeichnungen

2.1.1 Anzeigebereich

Der Anzeigebereich ist der Bereich zwischen größter und kleinster Anzeige eines Meßgerätes (aus: DIN 2257 Teil 1/11.82).

2.1.2 Meßbereich

Der Meßbereich eines anzeigenden Meßgerätes ist derjenige Bereich von Meßwerten, in dem vorgegebene oder vereinbarte Fehlergrenzen nicht überschritten werden (aus: DIN 2257 Teil 1/11.82).

Anmerkung: Stimmen Meßbereich und Anzeigebereich nicht überein, ist für die Gestaltung der Skale der Anzeigebereich maßgebend.

2.1.3 Meßspanne

Die Meßspanne ist die Differenz zwischen Endwert und Anfangswert des Meßbereiches (aus: DIN 2257 Teil 1/11.82).

2.1.4 Anzeigespanne

Die Anzeigespanne ist die Differenz zwischen Endwert und Anfangswert des Anzeigebereiches.

Beispiel:

Anzeigebereich – 10V bis + 10V
Anzeigespanne 20V

2.2 Strichskale, Ablesemarke

2.2.1 Strichskale

Eine Strichskale (Teilung) ist die Aufeinanderfolge einer Anzahl von Teilstrichen auf einem Skalenträger. Die Teilstriche der Skale können beziffert sein. Im allgemeinen entspricht die Bezifferung den verwendeten Einheiten (aus: DIN 2257 Teil 1/11.82).

2.2.2 Skalenteil

Der Skalenteil einer Strichskale ist eine der Teilungseinheiten, in der die Anzeige angegeben werden kann; man faßt dabei den Teilstrichabstand als Zähleinheit „Skalenteil“ für die Anzeige auf (aus: DIN 1319 Teil 2/01.80).

2.2.3 Teilstrichabstand

Der Teilstrichabstand einer Strichskale ist der in Längen- oder Winkleinheiten gemessene Abstand zweier benachbarter Teilstriche (aus: DIN 1319 Teil 2/01.80).

2.2.4 Skalenteilung

Die Skalenteilung ist eine Anzahl von Strichen, mit deren Hilfe der Meßwert als Stellung der Ablesemarke, z. B. Zeiger, eines Meßgerätes bestimmt werden kann.

2.2.5 Skalenteilungswert

Der Skalenteilungswert ist die Änderung des Wertes der Meßgröße, die eine Änderung der Anzeige um ein Skalenteil bewirkt. Der Skalenteilungswert wird in der Einheit der Meßgröße angegeben.

Anmerkung: Der Skalenteilungswert wurde früher Skalenswert genannt (aus: DIN 2257 Teil 1/11.82).

2.2.6 Skalenlänge

Die Skalenlänge ist die Länge der geraden oder kreisförmigen Linie, die vom ersten bis zum letzten Teilstrich der Skale reicht und durch die Mitten aller kürzesten Teilstriche geht. Sie wird in Längeneinheiten angegeben.

Anmerkung: Hat ein Meßgerät mehr als eine Skale, so hat jede Skale ihre eigene Skalenlänge. Üblicherweise gilt die Länge der längsten Skale als die Skalenlänge des Meßgerätes.

2.2.7 Teilungsgrundlinie

Die Teilungsgrundlinie ist die gedachte oder sichtbare Bezugslinie, von der aus alle Teilstriche beginnen.

2.2.8 Bezifferungsgrundlinie

Die Bezifferungsgrundlinie ist die gedachte Linie, auf der die Ziffern stehen.

2.2.9 Skalenbezifferung

Die Skalenbezifferung ist die Menge von Zahlen, die den Teilstrichen zugeordnet ist.

2.2.10 Lineare Skale

Die lineare Skale ist eine Skale, in der jeder Teilstrichabstand mit dem zugehörigen Skalenteilungswert über einen konstanten Faktor zusammenhängt.

Anmerkung: Eine lineare Skale mit konstantem Skalenteilungswert wird auch **gleichmäßige Skale** genannt.

2.2.11 Nichtlineare Skale

Die nichtlineare Skale ist eine Skale, in der jeder Teilstrichabstand mit dem zugehörigen Skalenteilungswert über einen nicht durchgehend konstanten Faktor zusammenhängt.

Anmerkung: Für einige nichtlineare Skalen gibt es besondere Benennungen, wie z. B. **logarithmische Skale**, **quadratische Skale**.

2.2.12 Ablesemarke

Die Ablesemarke ist der feste oder bewegliche Teil einer Anzeigeeinrichtung, dessen Stellung in bezug auf die Teilstriche einen angezeigten Wert festlegt.

2.3 Skalenteilungsarten und Ausführungsformen

2.3.1 Skalenteilungsarten

2.3.1.1 Feinteilung

Die Feinteilung ist eine Skale für feinmeßtechnische Aufgaben (Nahablesung), bei der hinsichtlich Beleuchtung, Ablesentfernung und Ablesezeit optimale Bedingungen gegeben sein müssen.

2.3.1.2 Grobfeinteilung

Die Grobfeinteilung ist eine Skale für betriebsmeßtechnische Aufgaben (Ablesung bei zwei definierten Betrachtungsabständen). Der Grundaufbau der Skale entspricht der Feinteilung.

2.3.1.3 Orientierungsteilung¹⁾

Die Orientierungsteilung ist eine Skale für orientierende Wahrnehmung, bei der hinsichtlich Beleuchtung, Ablesentfernung und Ablesezeit von erschwerten Bedingungen ausgegangen werden muß.

2.3.2 Ausführungsformen

2.3.2.1 Einfachteilung

Eine Einfachteilung ist eine Teilung, die sich auf der unsichtbaren Teilungsgrundlinie befindet.

2.3.2.2 Doppelteilung

Eine Doppelteilung sind zwei Teilungen, die sich auf einer sichtbaren Teilungsgrundlinie gegenüber liegen.

Anmerkung: Es können auch zwei getrennte Teilungsgrundlinien vorgesehen werden, die auch Zweifachteilung genannt wird.

2.3.2.3 Hilfsteilung

Hilfsteilung wird die Teilung der Eingangsgröße genannt, wenn die eigentliche Meßgröße nicht gleich der Eingangsgröße eines Meßgerätes ist und beide Größen auf einer Skale dargestellt werden sollen.

2.3.2.4 Mehrfachteilung

Eine Mehrfachteilung sind mehrere übereinander angeordnete Teilungen.

¹⁾ Orientierungsteilungen sind nicht für Interpolation geeignet.

2.3.2.5 Reihenteilung

Eine Reihenteilung sind mehrere in Reihe angeordnete Teilungen.

2.3.2.6 Einerteilung

Einerteilung ist der Skalenteilungswert, der der Einheit der Meßgröße oder dezimalen Vielfachen oder Teilen davon entspricht.

2.3.2.7 Zweierteilung

Zweierteilung ist der Skalenteilungswert, der dem Zweifachen der Einheit der Meßgröße oder dezimalen Vielfachen oder Teilen davon entspricht.

2.3.2.8 Fünferteilung

Fünferteilung ist der Skalenteilungswert, der dem Fünffachen der Einheit der Meßgröße oder dezimalen Vielfachen oder Teilen davon entspricht.

2.4 Interpolation und Auflösung

2.4.1 Interpolation (Schätzung)

Interpolation ist eine Ermittlung des Meßwertes durch gedankliche Aufteilung der Strecke zwischen zwei benachbarten Teilstrichen nach der geforderten Interpolationsart und der Zuordnung der Ablesemarke zum nächstliegenden sichtbaren oder gedachten Teilstrich (visuelle Interpolation), da die Stellung einer Ablesemarke nicht immer mit einem Teilstrich übereinstimmt.

2.4.2 Interpolationsart

Die Interpolationsart ist die zu wählende Aufteilung der Strecke zwischen zwei benachbarten Teilstrichen.

Folgende Interpolationsarten sind zu unterscheiden:

- Interpolation auf halbe Skalenteile (Halbe-Schätzung, zwei Interpolationsteile). Bei Einer-, Zweier- und Fünferteilungen²⁾
- Interpolation auf viertel Skalenteile (Viertel-Schätzung²⁾, vier Interpolationsteile). Bei Zweierteilungen.

- Interpolation auf fünftel Skalenteile (Fünftel-Schätzung, fünf Interpolationsteile). Bei Einer- und Fünferteilungen.
- Interpolation auf zehntel Skalenteile (Zehntel-Schätzung²⁾, zehn Interpolationsteile). Bei Einerteilungen.

2.4.3 Interpolationsteil

Der Interpolationsteil ist der geschätzte Bruchteil eines Skalenteilungswertes.

2.4.4 Auflösung

Die Auflösung ist der kleinste an einer Strichskale ablesbare Meßwertunterschied, der einem Interpolationsteil entspricht, ausgedrückt in der Einheit der Meßgröße (absolute Auflösung) oder als Prozentsatz der Anzeigespanne (relative Auflösung).

3 Mindestmaße und Grundregeln für Strichskalen

Die nachfolgenden Festlegungen ergeben Mindestmaße. Zwecks Anpassung, z. B. an Zeigerausschlag, Gehäusegröße, benachbarte Skalen, sind die Maße proportional zu vergrößern.

3.1 Grundformen

Alle Teilstriche müssen geradlinig, scharfkantig, sauber und in sich parallel gefertigt sein. Die Enden der Teilstriche dürfen herstellungsbedingt rechteckig oder gerundet sein.

Zur Erleichterung der Ablesung werden einzelne Teilstriche durch größere Länge hervorgehoben.

Bei Feinteilungen sind alle Teilstriche gleich breit.

Bei Grobfeinteilungen sind die langen Teilstriche an der der Teilungsgrundlinie abgekehrten Hälfte mit größerer Breite ausgeführt. Sie sind für die Ablesung aus zwei Betrachtungsabständen geeignet.

Bei Orientierungsteilungen können entweder alle Teilstriche einheitlich breiter oder die kurzen, mittleren und langen Teilstriche unterschiedlich breit ausgeführt werden.

²⁾ Möglichst zu vermeiden

3.1.1 Feinteilung

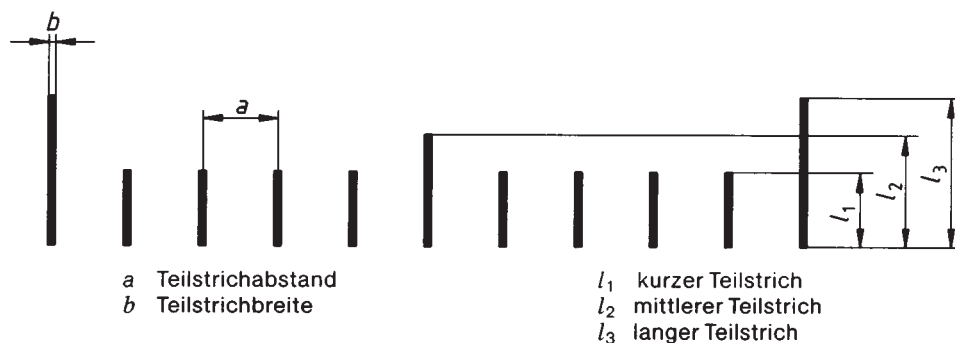


Bild 2.

3.1.2 Grobfeinteilung

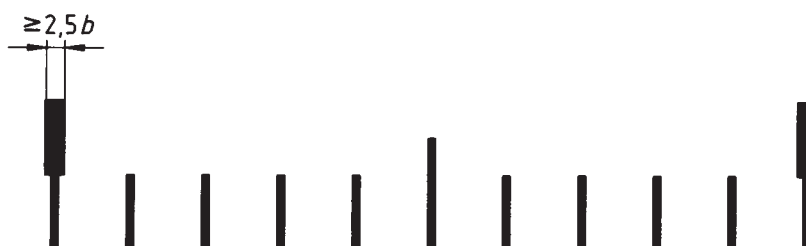


Bild 3.

3.1.3 Orientierungsteilungen



Bild 4.

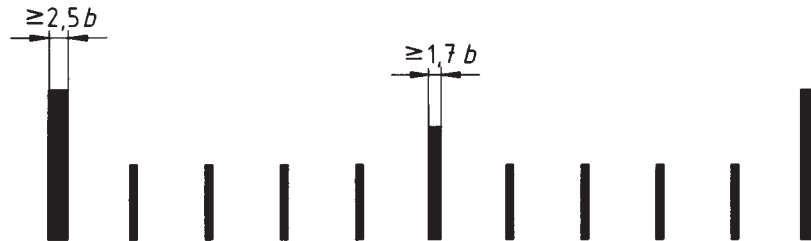


Bild 5.

3.2 Teilstrichabstand

Folgende Gleichung für das Mindestmaß des Teilstrichabstandes berücksichtigt den Betrachtungsabstand und die Interpolation:

$$a_{\min} = 0,0007 \cdot d \cdot n \quad (1)$$

Hierin bedeuten:

a Teilstrichabstand

0,0007 Faktor, der einem Sehwinkel von 2,4 Bogenminuten entspricht.

d Betrachtungsabstand

n Anzahl der Interpolationsteile innerhalb eines Skalenteiles

Ein Teilstrichabstand von < 1 mm sollte in der praktischen Ausführung möglichst vermieden werden.

Bei erschwerten Ablesbedingungen ist $a_{\min}$ mit einem Faktor ≥ 2 zu multiplizieren.

Anmerkung: Bei Zehntel-Schätzung darf $a_{\min}$ bis zur Hälfte verkleinert werden.

3.3 Teilstrichbreite

Die Mindest-Teilstrichbreite ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$b_{\min} = 0,08 a_{\min} \quad (2)$$

Hierin bedeutet:

b Teilstrichbreite

Die maximale Teilstrichbreite ergibt sich zu

$$b_{\max} = 0,2 a \text{ für die Viertel- und Fünftel-Schätzung} \quad (3)$$

$$b_{\max} = 0,12 a \text{ für die Zehntel-Schätzung} \quad (4)$$

3.4 Teilstrichlänge

Die Mindestlänge des kurzen Teilstriches ist gleich dem Mindest-Teilstrichabstand

$$l_{1 \min} = a_{\min} \quad (5)$$

Hierin bedeutet:

l_1 Länge des kurzen Teilstriches

Bei Viertel-, Fünftel- oder Zehntel-Schätzung ist für $a_{\min}$ der endgültige Teilstrichabstand a einzusetzen.

Für die Maße des mittleren (l_2) und des langen (l_3) Teilstriches gelten folgende Gleichungen:

$$l_2 = 1,5 \cdot l_1 \quad (6)$$

$$l_3 = 2 \cdot l_1 \quad (7)$$

Anmerkung: für l_1 ist das endgültig gewählte Maß einzusetzen.

3.5 Ziffernhöhe

Für die Berechnung der Ziffernhöhe gilt folgende Gleichung:

$$h_{\min} = 0,0035 d \quad (8)$$

Hierin bedeuten:

h Ziffernhöhe

d Betrachtungsabstand

Anmerkung: Der Faktor 0,0035 entspricht 12 Bogenminuten.

3.6 Schriftart

Folgende Schriftarten sind vorzugsweise zu verwenden:

- Schriften nach DIN 1451 Teil 3 und DIN 1451 Teil 4 (siehe dazu auch Erläuterungen)
- Schriften nach DIN 18700
- Schriften nach DIN 30 640 Teil 2
- Weitere Schriftarten in Vorbereitung

3.7 Beleuchtung

3.7.1 Fremdbeleuchtung

Unter Fremdbeleuchtung ist Tageslicht oder künstliche Raumbelichtung zu verstehen. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Helligkeit ausreicht, um eine gute Ablesbarkeit der Skale sicherzustellen.

Folgendes ist zu vermeiden:

- Schlagschatten, Blendung und wechselnde Beleuchtung
- Reflexionen von Lichtquellen oder von hellen Gegenständen in den Instrumentengläsern

3.7.2 Eigenbeleuchtung

Skalen müssen eine Eigenbeleuchtung erhalten, wenn sie im Dunkeln abgelesen werden, z. B. in Fahrzeugen.

Die Eigenbeleuchtung der Skale erfolgt durch geflutetes Licht oder durch verdecktes Auflicht.

Der in der Dunkelheit herabgesetzten Sehschärfe des Auges kann durch folgende Maßnahmen begegnet werden:

- Schaffung optimaler Kontrastverhältnisse, z.B. weiße Skale auf schwarzem Grund.
- Die bei Tageslicht weiß auf schwarzem Grund erscheinende Skale sollte in der Dunkelheit vorzugsweise rot leuchten.

3.8 Parallaxe

In der Regel liegen Skale und Ablesemarke, z.B. Zeiger, nicht in einer Ebene. Dadurch können Ablesefehler infolge Parallaxe (Blickwinkel zur Ablesestelle auf der Skale ungleich 90°) auftreten.

Der Ablesefehler kann durch zusätzliche konstruktive Maßnahmen kleiner gehalten oder ausgeschlossen werden, z.B.

- Zeiger mit Schneide versehen (siehe z.B. DIN 16 102 oder DIN 16 103)
- Spiegelskale vorsehen (siehe z.B. DIN 16 117)
- Skale und Zeiger in eine Ebene legen

4 Berechnung der Strichskale

4.1 Berechnung der Meßspanne bzw. Anzeigespanne

Nach den Abschnitten 2.1.3 und 2.1.4 ergibt sich die Meßspanne bzw. Anzeigespanne (m) aus Endwert minus Anfangswert.

4.2 Berechnung der Skalenlänge

Die Berechnung der Mindest-Skalenlänge $t_{\min}$ aus folgenden Gleichung gilt sowohl für gerade Skalen als auch für Skalen mit kreisförmiger Teilungsgrundlinie:

$$t_{\min} = a_{\min} \cdot z \quad (9)$$

Hierin bedeuten:

- t Skalenlänge
 - a Teilstrichabstand
 - z Anzahl der Skalenteile innerhalb des Anzeigenbereichs
- z ist je nach Aufgabenstellung aus einer der nachfolgenden Gleichungen (10) bis (13) zu errechnen:

$$z = \frac{m}{v_{\text{abs}} \cdot n} \quad (10) \quad z = \frac{100\%}{v_{\text{rel}} \cdot n} \quad (11)$$

$$z = \frac{n_{\text{Ges}}}{n} \quad (12) \quad z = \frac{m}{s} \quad (13)$$

Hierin bedeuten:

- n Anzahl der Interpolationsteile innerhalb eines Skalenteils
- n_{Ges} Gesamtzahl der Interpolationsteile innerhalb des Anzeigenbereichs
- m Meßspanne, Anzeigespanne
- s Skalenteilungswert
- v_{abs} absolute Auflösung
- v_{rel} relative Auflösung
- z Anzahl der Skalenteile innerhalb des Anzeigebereichs

Beispiel 1:



Beispiel 2:



Anmerkung: bei vorgegebener relativer Auflösung (z.B. $v_{\text{rel}} = 1,5\%$) ist mittels der Gleichung

$$v_{\text{abs}} = \frac{m \cdot v_{\text{rel}}}{100\%} \quad (14)$$

zu prüfen, ob sich eine praktikable absolute Auflösung v_{abs} ergibt. Ist dies nicht der Fall, so ist ein in der Nähe liegender, brauchbarer Wert zu wählen und in Gleichung (10) einzusetzen.

Beispiele zur Ermittlung der Konstruktionsdaten für Strichskalen siehe Anhang A.

5 Betrachtungsabstände

Um eine Vielzahl von Skalengrößen zu vermeiden, die sich durch freie Wahl von Betrachtungsabständen ergeben würden, sind folgende Betrachtungsabstände zu bevorzugen:

Für Nahablesung	$d = 300 \text{ mm}$
Für Griff-Sicht-Weite	$d = 750 \text{ mm}$
Ablesung für Betriebsmeßgeräte	$d = 1000 \text{ mm}$
Ablesung für Demonstrationsmeßgeräte	$d = 9000 \text{ mm}$

Anmerkung: Bei der Betrachtung einer Skale mittels Lupe oder Okular gilt bei der Berechnung der Vergrößerung die Bezugssehweite $d = 250 \text{ mm}$:

$$\text{Lupenvergrößerung} = \frac{\text{Bezugssehweite}}{\text{Brennweite der Lupe}}$$

Skalen für Nahablesung sollen, abhängig von der Meßeinrichtung und der Skalenteilungsart, für Zehntel-, Fünftel- oder Viertel-Schätzung ausgelegt werden. Soll bei gleicher Auflösung eine höhere Ablesegenauigkeit erzielt werden, ist die Halbe-Schätzung vorzuziehen.

Bei Skalen für größere Betrachtungsabstände sollte die Halbe-Schätzung und gröbere Auflösung verwendet werden.

6 Strichskalenteilungen und Bezifferungen

6.1 Allgemeines

Skalen sind als Einer-, Zweier- oder Fünfterteilung auszuführen.

Jede Hervorhebung von Teilstrichen muß für sich nach einem dezimalen Vielfachen oder dezimalen Teil der Maßeinheit der zu messenden Größe oder nach dem Fünffachen davon fortschreiten (siehe auch Tabelle 1).

6.2 Lineare Skalen

Lineare Skalen sind über die gesamte Skalenlänge mit gleichen Teilstrichabständen auszuführen.

Anmerkung: Abhängig von der Meßeinrichtung dürfen Teilstrichabstände in geringen Grenzen von der Gleichmäßigkeit abweichen.

6.3 Nichtlineare Skalen

Bei einer nichtlinearen Teilung ist anzustreben, daß die Teilstriche und deren Bezifferung in einem möglichst großen Bereich wie bei einer linearen Teilung ausgeführt sind. Im nichtlinearen Bereich dürfen Teilstriche entfallen und/oder ist die Teilungsart zu wechseln.