

PTB-Prüfregeln

Feinwaagen

9.01 - 70

389.1

P T B -

Prüfregeln

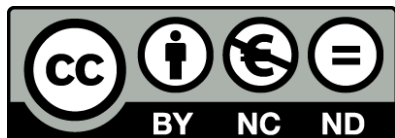
5

Deutscher Eichverlag GmbH · Braunschweig

389.1 PTB-
Prüfregeln
Bd 5

Diese elektronische Version der PTB-Prüfregel Band 5 ist durch Digitalisierung der 1970 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. Feinwaagen: 09.1-70 [online].
Bearbeitet von Erwin Hess. Braunschweig, © 1970, digitalisiert 2020.
PTB-Prüfregeln, Band 5. ISBN 3-8064-9883-0. ISSN 0341-7964.
Verfügbar unter: <https://doi.org/10.7795/510.20200716C>

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

PTB-Prüfregeln

Band 5:

Feinwaagen

9.01 – 70

Bearbeitet von Dr. Erwin Hess

Herausgegeben von der

Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)

in Zusammenarbeit mit den Eichaufsichtsbehörden



1975 - 398

Deutscher Eichverlag GmbH • Braunschweig

<https://doi.org/10.7795/510.20200716C>

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 anerkannte 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.-Ing. *W. Bähre*, 33 Braunschweig, Bundesallee 100

PTB-Prüfregeln Band 5

ISBN 3 8064 9883 0

1970

Alle Rechte vorbehalten

Copyright ©1970 by Deutscher Eichverlag GmbH., Braunschweig

Satz: Friedr. Vieweg + Sohn GmbH., Braunschweig

Druck: E. Hunold, Braunschweig

Printed in Germany

Best.-Nr. 9883

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Vorbemerkung | 1 |
| 1. Grundbegriffe | 2 |
| 2. Hauptgattungen und Gattungen | 8 |
| 3. Aufstellung und Behandlung | 15 |
| 4. Prüfungen | 20 |
| 4.1. Beschaffenheit | 20 |
| 4.1.1. Gehäuse | 20 |
| 4.1.2. Balken | 20 |
| 4.1.3. Skale | 24 |
| 4.1.4. Last- und Gewichtschale und ihre Gehänge | 27 |
| 4.1.5. Arretiereinrichtung | 31 |
| 4.1.6. Lot oder Libelle | 32 |
| 4.1.7. Reitergewichtseinrichtung | 33 |
| 4.1.8. Schaltgewichtseinrichtung | 34 |
| 4.1.9. Dämpfungseinrichtung | 35 |
| 4.2. Empfindlichkeit und Skalenwert | 37 |
| 4.2.1. Bestimmung der Empfindlichkeit | 37 |
| 4.2.2. Kontrolle des Skalenwertes | 39 |
| 4.3. Standardabweichung (Veränderlichkeit) | 40 |
| 4.4. Richtigkeit der Anzeige | 43 |
| 4.4.1. Richtigkeit der Hebelarme | 44 |
| 4.4.2. Richtigkeit der Reitergewichtseinrichtung | 45 |
| 4.4.3. Richtigkeit der Schaltgewichtseinrichtung | 47 |
| 5. Normalgewichte für die Prüfungen | 50 |
| 5.1. Qualität der Normale | 50 |
| 5.2. Größen | 50 |
| 5.3. Gestalt, Einrichtung, Bezeichnungen | 51 |
| 5.4. Justierfehlergrenze und Fehlerangaben | 51 |
| 5.5. Handhabung und Pflege | 52 |
| 6. Eichamtliche Behandlung | 53 |
| 6.1. Ort der Eichung | 53 |
| 6.2. Bezeichnungen | 53 |
| 6.3. Fehlergrenzen | 54 |
| 6.4. Stempelung | 54 |
| 6.5. Übergangsvorschriften | 55 |

| | | |
|------|---|----|
| 7. | Anhang | 56 |
| 7.1. | Tafel Eichfähige Bauarten (schematisch) | 56 |
| 7.2. | Tafel Bestimmung der Streuung der Anzeige (Hauptgattung 110) | 59 |
| 7.3. | Tafel Bestimmung der Streuung der Anzeige (Hauptgattung 120) | 61 |
| 7.4. | Tafel Prüfung der Empfindlichkeit und Veränderlichkeit | 62 |
| 7.5. | Tafel Prüfung einer Feinwaage der Hauptgattung 120 | 64 |
| 7.6. | Tafel Beglaubigungsschein für Gebrauchsnormale 200 . . . 1 Gramm für Feinwaagen | 67 |
| 7.7. | Tafel Beglaubigungsschein für Gebrauchsnormale 500 . . . 1 Milligramm für Feinwaagen | 69 |
| 7.8. | Eichfehlergrenzen usw. für Feinwaagen | 71 |

Vorbemerkung

Neben den in der Industrie, im Handel und Verkehr verwendeten Waagen nehmen die in dieser Prüfregel behandelten Feinwaagen eine Sonderstellung ein, da sie als Analysenwaagen fast ausschließlich in Laboratorien verwendet werden. Ihre hohe Empfindlichkeit gestattet es, Massenunterschiede von 0,1 Milligramm und weniger zu bestimmen. Dabei liegt es in der Natur der Sache, daß bei Aufstellung und Gebrauch dieser Waagen mit großer Sorgfalt verfahren werden muß. Der größte Teil der bekannten Bauarten von Feinwaagen ist eichfähig¹).

Im ersten Abschnitt der Prüfregel werden Grundbegriffe behandelt, um ständig wiederkehrende meßtechnische Ausdrücke so festzusetzen, daß der Prüfer in der Lage ist, sein Prüfergebnis in eindeutiger Weise niederzulegen.

Im zweiten Abschnitt wird das Schema der Einteilung der Bauarten (Hauptgattungen und Gattungen) erläutert.

Im dritten Abschnitt werden Hinweise für die Aufstellung und die Behandlung der Waagen gegeben, wie sie für das einwandfreie Arbeiten dieser Instrumente unerlässlich sind.

Der vierte Abschnitt befaßt sich ausführlich mit der Prüfung der Einzelteile der Waagen und ihres Zusammenwirkens; hierzu gehören z. B. Beschaffenheit, Empfindlichkeit, Skalenwert, Standardabweichung und Richtigkeit der Anzeige.

Im fünften Abschnitt werden die für die Prüfung benötigten Normalgewichte besprochen.

Im sechsten Abschnitt wird auf die eichamtliche Behandlung der Waagen eingegangen und zwar insoweit, als sich hieraus besonders zu beachtende Gesichtspunkte für die Behandlung der Waagen ergeben.

Im Anhang werden neben einem Schema der bisher zur Eichung zugelassenen Bauarten Muster von Vordrucken für Prüfblätter sowie Faksimiles von Beglaubigungsscheinen für Normalgewichte für Feinwaagen gebracht.

In der Prüfregel sind die einschlägigen Normblätter DIN 1319 „Grundbegriffe der Meßtechnik“ und DIN 8120 „Begriffe des Waagenbaus“ entsprechend berücksichtigt worden.

¹) Vgl. hierzu §§ 691 bis 700 der Eichordnung (EO) vom 14. April 1965 (Bundesanzeiger Nr. 100 vom 1. Juni 1965)

1. Grundbegriffe

Eine Feinwaage (auch Analysenwaage genannt) ist eine Balkenwaage, deren relative Ablesbarkeit (Abschnitt 1.2) gleich oder größer als 10^{-6} ist. Beträgt die relative Ablesbarkeit mehr als 10^{-6} , so muß die Ablesbarkeit (Abschnitt 1.1) kleiner oder gleich 1 Milligramm sein.

1.1. Ablesbarkeit (A)

Kleinster (dezimaler) Bruchteil eines Teilabschnittes (s. Abschnitt 1.35) der Waagenskale, der noch mit ausreichender Sicherheit geschätzt oder mit einem Hilfsmittel (Nonius, Feinstellung usw.) direkt abgelesen werden kann:

zum Beispiel: $A = 0,2$ Teilabschnitt,

oder bei bezeichneter Skale

zum Beispiel: $A = 0,1$ Milligramm.

Bei digitaler Anzeigeeinrichtung wird die Ablesbarkeit durch den Ziffernschritt (Abschnitt 1.43) bestimmt.

1.2. Ablesbarkeit, relative (a)

Verhältnis der Ablesbarkeit in Gramm zur Höchstlast (Abschnitt 1.19) in Gramm.

zum Beispiel:
$$a = \frac{0,0002 \text{ Gramm}}{200 \text{ Gramm}} = 10^{-6}$$

1.3. Anzeige (x_i)

Stand der Ablesemarke auf der Skale.

1.4. Ausschlag

Weg der Ablesemarke (Zeigerspitze oder Strichmarke) auf der stillstehenden Skale oder der beweglichen Skale gegenüber der feststehenden Nullmarke.

1.5. Beweglichkeit

Allgemeiner Ausdruck für die Größe des Drehmoments zur Überwindung der Lagerreibung, darstellbar durch den Mindestbetrag der Masseänderung, die einen deutlich sichtbaren Ausschlag hervorruft.

1.6. Bezifferung der Skalenteilung

Die an bestimmten Teilstrichen einer Skale angebrachten unbenannten Zahlen.

1.7. Bezeichnung der Skalenteile

Kennzeichnung der von der Nullmarke beginnenden Reihenfolge der Teilstriche einer Skale durch Hinzufügen der Einheit mg, g, kg oder k an die Bezeichnung.

1.8. Einschalige Waage

Die Gewichtschale (Abschnitt 1.14) ist hier durch ein Magazin von Schaltgewichten ersetzt, welche entweder am Gewichtshebel des Balkens angreifend, die Last aufwiegen (Kompensation) oder am Lasthebel des Balkens angreifend, im Betrage der Last abgehoben werden müssen (Substitution).

1.9. Empfindlichkeit (E)

Verhältnis der Länge des Ausschlages zur Größe der diesen Ausschlag hervorgerufenen Masseänderung:

zum Beispiel:
$$E = \frac{30 \text{ Millimeter}}{2 \text{ Milligramm}} = 15 \text{ mm/mg.}$$

Es ist stets zu beachten, für welche Belastung die Empfindlichkeit gilt.

1.10. Empfindlichkeitsfehler (Δ_E)

Abweichung des Istwertes E_i der Empfindlichkeit von ihrem Sollwert E_s .

1.11. Feinstellung

Einrichtung zum Ablesen der Hundertstel eines (projizierten) Teilabschnittes der Skale.

1.12. Genauigkeit

Allgemeiner Ausdruck für den Grad der Richtigkeit des Ergebnisses einer Wägung. *Der Ausdruck darf nicht in Verbindung mit einem Zahlenwert gebraucht werden!* Für zahlenmäßige Angaben tritt an seine Stelle die Angabe der einzelnen Fehler.

1.13. Gewichtshebel

siehe Gewichtschale.

1.14. Gewichtschale

Waagschale, welche die Gewichtstücke (oder bei der Prüfung die Tara) aufnimmt, welche die Last (oder bei der Prüfung die Normalgewichte) aufwiegen.

1.15. Gleichgewichtslage (Ruhelage R)

Lage des Balkens nach Einspielen der Ablesemarke auf die Anzeige, welche der Belastung entspricht. Bei schwingendem Balken kann sie angenähert aus 3 Umkehrpunkten (Abschnitt 1.38) nach der Formel

$$R = \frac{U_1 + 2 U_2 + U_3}{4}$$

berechnet werden. Die Umkehrpunkte U_1 und U_3 liegen auf der gleichen Seite wie die Ruhelage.

1.16. Hebelfehler (Δ_H)

Wägefehler bei zweischaligen Waagen, der durch Abweichung des Hebelverhältnisses (Abschnitt 1.18) von seinem Sollwert H_s (z. B. 1 : 1, 1 : 2, usw.) bedingt ist. Er ist der Last L proportional.

1.17. Hebelfehler, relativer (Δ_h)

Verhältnis des Hebelfehlers Δ_H zur Last L

$$\Delta_h = \frac{\Delta_H}{L} = \frac{\Delta l'}{l'} \quad (\text{s. 1.18})$$

1.18. Hebelverhältnis (Ungleicharmigkeit H)

Istwert des Verhältnisses der Länge l des Lasthebels zur Länge l' des Gewichtshebels:

$$H = \frac{l}{l'} = H_s \cdot (1 + \Delta_h)$$

Bedeutung von H_s und Δ_h siehe Hebelfehler und relativer Hebelfehler.

1.19. Höchstlast (Max)

Größte zulässige Belastung der Lastschale :

zum Beispiel: Max \cong 200 Gramm.

1.20. Kleinstwert der Fehlergrenze

Kleinster bei der Zulassung einer Bauart festgesetzter Wert einer Fehlergrenze, der aus meßtechnischen Gründen nicht unterschritten werden soll.

1.21. Kompensationsprinzip siehe Einschalige Waage .

1.22. Lasthebel siehe Lastschale .

1.23. Lastschale

Waagschale, welche die Last (oder bei der Prüfung die Normalgewichte) aufnimmt; sie hängt am Lasthebel des Waagebalkens.

1.24. Luftauftrieb

Gewichtsverminderung eines Körpers (Gewichtstück oder Wägegut) in atmosphärischer Luft nach dem archimedischen Prinzip.

1.25. Mindestlast (Min)

Kleinste Belastung der Lastschale, bei der die Einhaltung der Fehlergrenze gewährleistet ist.

1.26. Neigungsfehler (Fehler des Neigungsbereichs)

Abweichung der Anzeige von ihrem Sollwert, die sich bei Proportionalität zwischen Belastung und Anzeige einstellen müßte. Einflußgrößen sind u.a. Teilungsfehler (Abschnitt 1.37).

1.27. Nulllage

Lage des Balkens nach Einspielen der Ablesemarke auf den Nullstrich der Skale; siehe auch Gleichgewichtslage.

1.28. Reproduzierbarkeit

Allgemeiner Ausdruck für die Übereinstimmung der Ergebnisse mehrerer aufeinanderfolgender Wägungen des gleichen Körpers unter äußerlich gleichen Bedingungen. *Der Ausdruck darf nicht in Verbindung mit einem Zahlenwert gebraucht werden!* Gute Reproduzierbarkeit erfordert kleine Streuung.

1.29. Richtigkeit

Übereinstimmung der Anzeige der Waage mit der Masse des Wägegutes oder bei der Prüfung mit der Masse der Normalgewichte. Einfluß auf die Richtigkeit haben vor allem systematische Fehler (Empfindlichkeitsfehler, Hebelfehler, Teilungsfehler und Fehler der verwendeten Gewichtstücke).

1.30. Skalenteil

Teilungseinheit einer Strichskale, identisch ist der Begriff Teilabschnitt.

1.31. Skalenwert (d)

Masseänderung (z. B. in Milligramm), die auf einer Strichskale dem Ausschlag eines Skalenteils oder auf einer Ziffernskale einem Ziffernschritt (s. Abschnitt 1.43) entspricht.

1.32. Standardabweichung

Maß für die Streuung (Abschnitt 1.33) der Ergebnisse der Wägungen. Sie wird nach folgender Formel berechnet :

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

wobei x_i der Einzelwert einer Wägung, \bar{x} das arithmetische Mittel (der Durchschnitt) aller Wägungen und n die Anzahl der Wägungen (mindestens 20) sind.

1.33. Streuung

Allgemeiner Ausdruck für die Abweichung der Ergebnisse mehrerer aufeinander folgender Wägungen des gleichen Körpers voneinander unter äußerlich gleichen Bedingungen (zufälliger Fehler, z.B. durch Temperatureinflüsse u.a.). Kleine Streuung bringt gute Reproduzierbarkeit und hat eine kleine Standardabweichung zur Voraussetzung.

1.34. Substitutionsprinzip siehe Einschalige Waage.

1.35. Teilabschnitt siehe Skalenteil .

1.36. Teilstrichabstand

Der längs des Weges der Ablesemarke (s. Abschnitt 1.4) gemessene Abstand zweier benachbarter Teilstriche. Hierfür wird häufig auch der Begriff Teilabschnitt (s. Abschnitt 1.35) verwendet.

1.37. Teilungsfehler

Abweichung des Abstandes eines Teilstriches von der Nullmarke gegenüber seinem Sollwert.

1.38. Umkehrpunkt

Anzeige im Augenblick der Umkehr der Bewegungsrichtung des schwingenden Balkens.

1.39. Waagenraum

Meßraum für die Aufstellung und den Gebrauch der Feinwaagen.

1.40. Wägefehler

Abweichung des Ergebnisses einer Wägung in kg, g, mg oder μg von der Masse des Wägegutes. Er setzt sich aus systematischen Fehlern (s. Richtigkeit) und zufälligen Fehlern (s. Streuung) zusammen. Die Summe dieser Fehler muß innerhalb der vorgeschriebenen Fehlergrenze liegen.

1.41. Wägeraum

Teil des Waagengehäuses, in dem sich die Lastschale oder die Lastschale und die Gewichtschale befinden.

1.42. Zweischalige Waage

Grundform der Balkenwaage. Im allgemeinen hängt die Gewichtschale rechts und die Lastschale links (vom Wäger aus gesehen) am gleicharmigen Balken.

1.43. Ziffersschritt

Differenz zweier aufeinander folgender Ziffern der letzten Stelle auf einer Ziffernskale.

2. Hauptgattungen und Gattungen

Zur Gewinnung einer Übersicht und zur Aufstellung von Vorschriften über Gestalt, Einrichtung und Prüfung von Feinwaagen ist eine Gruppierung notwendig. Wir unterscheiden zunächst die beiden Hauptgattungen Feinwaagen nach Art der einfachen Balkenwaagen mit einer Einspielungsanlage (Hauptgattung 110) und Feinwaagen mit Neigungsbereich (Hauptgattung 120). Diese beiden Hauptgattungen gliedern sich in:

2.1. Feinwaagen nach Art der gleicharmigen Balkenwaagen Gattung 111 (Bild 1)

2.1.1. Die Waagen müssen haben:

- a) ein Gehäuse mit Fußschrauben zum Horizontalstellen der Stützpfanne (Pf),
- b) einen gleicharmigen Balken mit Zeiger und mit Stelleinrichtung für Empfindlichkeit (St_E) und Nullage (St_N),
- c) eine Skale mit Nullmarke in Skalenmitte; mindestens jeder zehnte Teilstrich muß beziffert und beide Seiten der Skale müssen durch - bzw. + oder in anderer Weise unterschieden sein,
- d) eine Lastschale (P),
- e) eine Gewichtschale (G),
- f) eine Arretiereinrichtung zum Entlasten der Balkenschneiden,

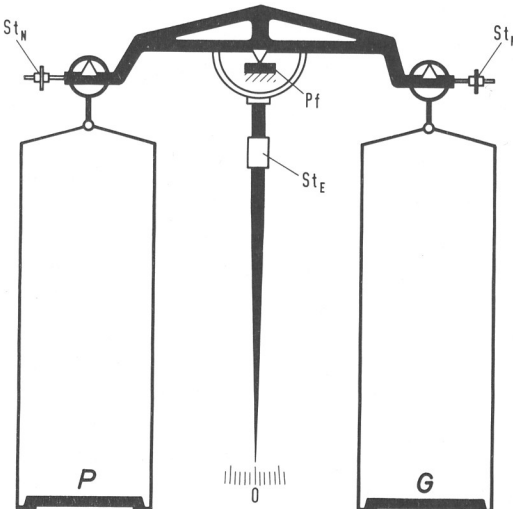


Bild 1

Feinwaage Gattung 111

g) eine Libelle oder ein Lot ausreichender Empfindlichkeit zur Kontrolle der Horizontalstellung der Stützpfanne (Pf).

2.1.2. Die Waagen dürfen haben :

- a) optische Hilfsmittel zur Ablesung der Skale, jedoch nur Lupe oder Projektionseinrichtung ohne Nonius,
- b) eine Nebenskale ohne Bezifferung und Bezeichnung, wenn eine Projektionseinrichtung vorhanden ist,
- c) eine Reitergewichtseinrichtung oder
- d) Schaltgewichtseinrichtungen bis zu einem Zehntel der Höchstlast,
- e) eine Dämpfungseinrichtung.

2.1.3. Die Waagen dürfen nicht haben :

Eine bezeichnete Skale.

2.2. Feinwaagen nach Art der ungleicharmigen Balkenwaagen Gattung 112

Bis jetzt sind keine Bauarten dieser Gattung bekannt.

2.3. Feinwaagen nach Art der Schaltgewichtsbalkenwaagen Gattung 113 (Bild 2)

2.3.1. Die Waagen müssen haben :

- a) ein Gehäuse mit Fußschrauben zum Horizontalstellen der Stützpfanne (Pf),
- b) einen gleicharmigen Balken mit Zeiger und mit Stelleinrichtungen für Empfindlichkeit (St_E) und Nullage (St_N),
- c) eine Skale mit Nullmarke in Skalenmitte; mindestens jeder zehnte Teilstrich muß beziffert und beide Seiten der Skale müssen durch - bzw. + oder in anderer Weise unterschieden sein,
- d) eine Lastschale (P),
- e) einen vollständigen Satz von Schaltgewichten für jeden Gewichtsbeitrag von der Mindest- bis zur Höchstlast mit Einstellwerk,
- f) eine Arretiereinrichtung zum Entlasten der Balkenschneiden,
- g) eine Libelle oder ein Lot ausreichender Empfindlichkeit zur Kontrolle der Horizontalstellung der Stützpfanne (Pf).

2.3.2. Die Waagen dürfen haben :

- a) optische Hilfsmittel zur Ablesung der Skale, jedoch nur Lupe oder Projektionseinrichtung ohne Nonius,
- b) eine Nebenskale ohne Bezifferung und Bezeichnung, wenn eine Projektionseinrichtung vorhanden ist,

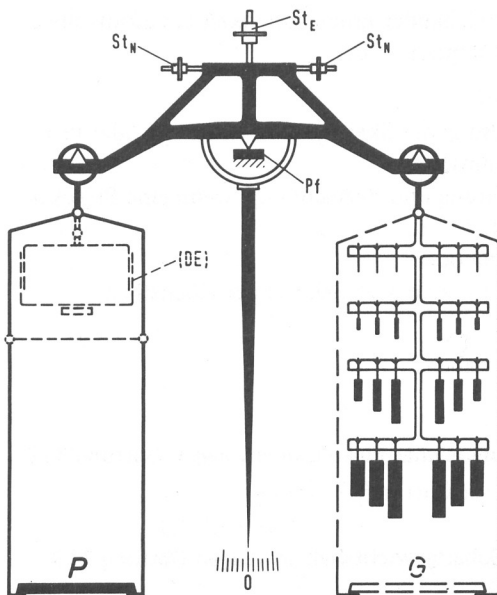


Bild 2
Feinwaage Gattung 113

- c) eine Gewichtschale (G),
- d) eine Dämpfungseinrichtung (DE).

2.3.3. Die Waagen dürfen nicht haben :

- a) eine bezeichnete Skale,
- b) eine Reitergewichtseinrichtung.

2.4. Feinwaagen nach Art der gleicharmigen Balkenwaagen mit Neigungsbereich Gattung 121 (Bild 3)

2.4.1. Die Waagen müssen haben :

- a) ein Gehäuse mit Fußschrauben zum Horizontalstellen der Stützpflanne (Pf),
- b) einen gleicharmigen Balken mit Zeiger und mit Stelleinrichtungen für Skalenwert (St_S) und Nullage (St_N),
- c) eine Skale mit Nullmarke am Skalenanfang; mindestens jeder fünfte Teilstrich muß beziffert sein, die Bezeichnung muß entweder an jedem bezifferten Teilstrich oder so angebracht sein, daß sie über den ganzen Skalenbereich sichtbar ist,

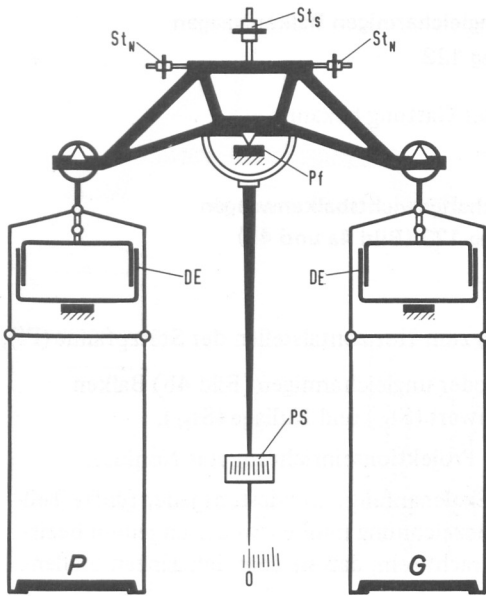


Bild 3
Feinwaage Gattung 121

- d) eine Lastschale (P),
- e) eine Gewichtschale (G),
- f) eine Arretiereinrichtung zum Entlasten der Balkenschneiden,
- g) eine Libelle oder ein Lot ausreichender Empfindlichkeit zur Kontrolle der Horizontalstellung der Stützpfanne (Pf),
- h) eine Dämpfungseinrichtung (DE).

2.4.2. Die Waagen dürfen haben :

- a) optische Hilfsmittel zur Ablesung der Skale (Lupe oder Projektionseinrichtung mit Nonius),
- b) eine Nebenskale ohne Bezifferung und Bezeichnung, wenn eine Projektionseinrichtung vorhanden ist,
- c) Schaltgewichtseinrichtungen bis zu einem Zehntel der Höchstlast.

2.4.3. Die Waagen dürfen nicht haben :

Eine Reitergewichtseinrichtung.

2.5. Feinwaagen nach Art der ungleicharmigen Balkenwaagen mit Neigungsbereich Gattung 122

Bis jetzt sind keine Bauarten dieser Gattung bekannt.

2.6. Feinwaagen nach Art der Schaltgewichtsbalkenwaagen mit Neigungsbereich Gattung 123 (Bild 4a und 4b)

2.6.1. Die Waagen müssen haben :

- a) ein Gehäuse mit Fußschrauben zum Horizontalstellen der Stützpfanne (Pf),
- b) einen gleicharmigen (Bild 4a) oder ungleicharmigen (Bild 4b) Balken mit Stelleinrichtung für Skalenwert (St_S) und Nullage (St_N),
- c) ein Anzeigemittel (Zeiger oder Projektionseinrichtung mit Nonius),
- d) eine Skale mit Nullmarke am Skalenanfang; mindestens jeder fünfte Teilstrich muß beziffert sein, die Bezeichnung muß entweder an jedem bezifferten Teilstrich oder so angebracht sein, daß sie über den ganzen Skalenbereich sichtbar ist,
- e) eine Lastschale (P),
- f) einen vollständigen Satz von Schaltgewichten für jeden Gewichtsbeitrag von der Mindest- bis zur Höchstlast ggf. abzüglich des Umfangs des Neigungsbereichs,
- g) eine Arretiereinrichtung zum Entlasten der Balkenschneiden,
- h) eine Libelle oder ein Lot ausreichender Empfindlichkeit zur Kontrolle der Horizontalstellung der Stützpfanne (Pf),
- i) eine Dämpfungseinrichtung (DE).

2.6.2. Die Waagen dürfen haben :

- a) optische Hilfsmittel zur Ablesung der Skale (Lupe oder Feinstellung),
- b) eine Gewichtschale (G), jedoch nur bei gleicharmigen Waagen.

2.6.3. Die Waagen dürfen nicht haben :

- a) eine Nebenskale,
- b) eine Reitergewichtseinrichtung.

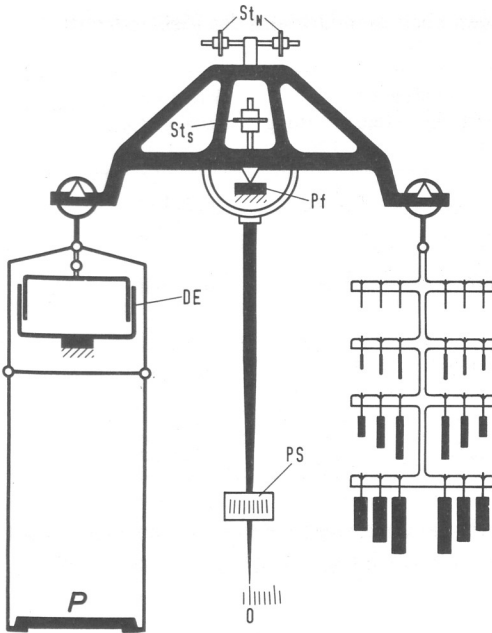


Bild 4a
 Feinwaage Gattung 123
 Kompensationsprinzip

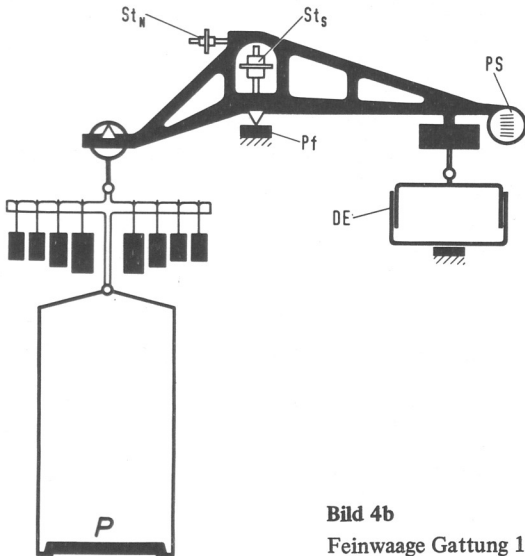


Bild 4b
 Feinwaage Gattung 123, Substitutionsprinzip

2.7. Zusammenstellung der Waagen nach dem Umfang des Meßbereichs:

| Benennung | Höchstlast | Mindestlast | | Skalenwert Hauptgattung 120 |
|---|------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|
| | | Hauptgattung 110 | Hauptgattung 120 | |
| Mikrowaagen | bis 30 g | 4. . .6 mg | 1 mg | 0,001 bis 0,01 mg |
| Halb-(Semi-) Mikrowaagen | 100 g | 100 mg | 5 mg | 0,01 mg |
| Feinwaagen (Analysen- waagen) | 200...500 g | 100 mg | 50 mg | 0,1 mg |
| Feinwaagen (Analysen- Großwaagen) | 1 kg und mehr | 1 g und mehr | 1 g | 1 mg und mehr |

Der Skalenwert darf das Hundertfache der angegebenen Werte betragen, wenn eine Feinstellung vorhanden ist, deren Ziffersschritt das 0,01-fache dieses Skalenwertes beträgt,

3. Aufstellung und Behandlung

3.1. Eine Feinwaage ist ein mechanisch und thermisch sehr empfindliches Gerät. Deshalb ist auf einwandfreie Aufstellung in bautechnischer (Fernhaltung von Erschütterungen) und wärmetechnischer (Konstanthalten der Umgebungstemperatur) Hinsicht große Sorgfalt zu verwenden. Die Vernachlässigung auch nur eines der beiden Gesichtspunkte setzt den Wert der Messungen herab; die Waagen laufen außerdem dabei Gefahr, daß ihre meßtechnischen Eigenschaften falsch beurteilt werden.

Die Wagen sollen entweder auf stabilen Wandkonsolen oder auf stabilen Tischen aufgestellt werden. Konsolen sind nur dann von Vorteil, wenn sie an Tragemauern (Stärke nicht unter 30 cm) befestigt werden können. Fast alle Firmen, die Feinwaagen herstellen, bieten auch Wandkonsolen und Tische an, die schwingungsdämpfend gelagerte Platten aus Kunst- oder Naturstein haben. Sollen die Waagen auf Tischen aufgestellt werden, ist vorher der Fußboden genau zu untersuchen. Liegt er (ggf. mit einer Zementunterlage) auf „gewachsenem“ Boden (Kellerraum oder nicht unterkellerte Erdgeschoßräume) auf, so kann man Tische gut verwenden. Ist der Fußboden jedoch gedielt, oder aus Gründen der Wärmeisolation mit einem weichen Material belegt, so finden die Tischfüße keinen festen Stand, und ein fortwährendes Schwanken der Tischplatte ist die Folge. Gegen diese Art von Lageveränderung hilft auch die Schwingungsdämpfung der Platte nichts, die Anzeige der Waage bleibt unruhig und damit unsicher. Räume mit unstablen Fußböden, bei denen auch wegen der ungenügenden Dicke der Wände keine Konsolen angebracht werden können, sind für feine Wägungen unbrauchbar.

Ob der beabsichtigte Aufstellungsort der Waage genügend frei von störenden Schwingungen ist, kann mit einer einfachen Vorrichtung nachgewiesen werden, die selbst auf kleinste Erschütterungen anspricht:

Ein wenigstens 40 mm weites flaches Glasgefäß (Wägegläschen mit eingeschlifftenem Deckel DIN 12 605) wird etwa 15 mm hoch mit Quecksilber gefüllt. Das Quecksilber muß eine reine Oberfläche haben, in der sich entfernte Gegenstände (Deckenbeleuchtung oder Fensterkreuz) mit scharfen Umrissen spiegeln können (Bild 5a und 5b). Die leiseste Erschütterung der Unterlage, auf der das Gefäß steht, zeigt sich durch das Auftreten von Kapillarwellen an der Oberfläche des Quecksilberspiegels an. Der Spiegel wird sichtbar verzerrt (Bild 5c), zumindest werden die Umrisse des gespiegelten Gegenstandes unscharf. Das Gefäß ist bei der Beobachtung mit abge-

nommenem Deckel so aufzustellen, daß man dabei unter $5^\circ \dots 10^\circ$ auf den Spiegel blickt. Ein Aufstellungsort, an dem er deutlich nie zur Ruhe kommt, ist für die Aufstellung feiner Waagen nicht ohne weiteres brauchbar. Sofern der Meßraum sich in einem größeren Gebäude befindet, ist es allerdings fast unmöglich, daß sich der Spiegel vollständig beruhigt; günstigenfalls bleiben noch eben sichtbare Verzerrungen der Konturen des Spiegelbildes übrig. In diesem Fall kann aber der Raum unbedenklich zur Aufstellung der Waagen mit einer Höchstlast von 1 kg und mehr benutzt werden, wenn er den im nächsten Abschnitt genannten wärmetechnischen Ansprüchen genügt. Kleinere Waagen müssen auf einem erschütterungsdämpfenden Unterbau (s. o. zweiter Absatz) aufgestellt werden.

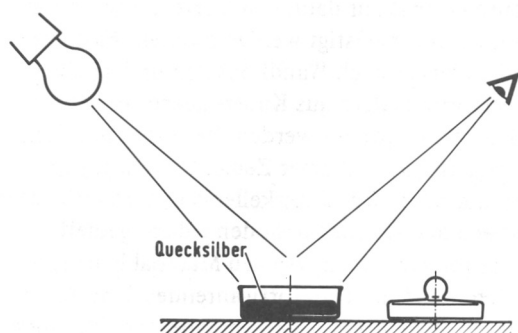


Bild 5a
Erschütterungsempfindlicher
Quecksilberspiegel

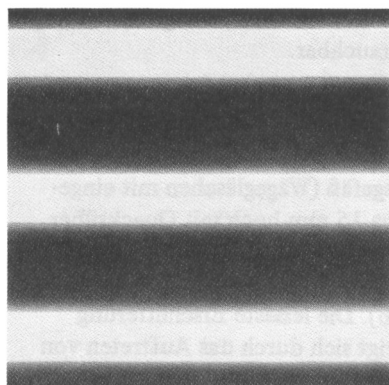


Bild 5b
Ungestörter Spiegel

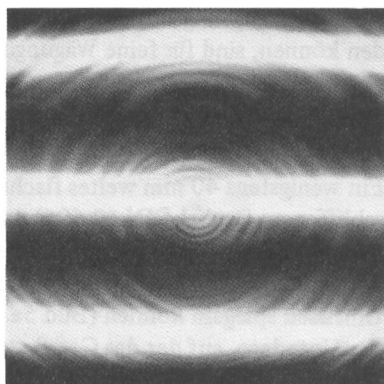


Bild 5c
Erschütterungsgestörter Spiegel

Am besten ist und bleibt ein Kellerraum, falls er ebenso trocken wie etwa ein Raum im Erdgeschoß gehalten werden kann.

Der zweite wesentliche Gesichtspunkt ist eine ausreichende Wärmekonstanz des Waagenraums. Die Einwirkung schwankender Temperaturen macht sich bei feinen Waagen in doppelter Weise bemerkbar. Einmal ist es die Einwirkung auf den Waagebalken, dessen Hebelverhältnis durch ungleichmäßige Ausdehnung der beiden Hebelarme geändert und damit die Richtigkeit der Anzeige gestört wird. Sodann bringt eine wechselnde Temperatur leicht eine störende Konvektion im Waagengehäuse zustande, da nicht alle Teile der Waage im gleichen Grade der sich ändernden Temperatur folgen. Andererseits ist ein Konstanthalten der Temperatur auf $\pm 0,1$ °C oder noch weniger nicht notwendig.

Aus Erfahrung kann man sagen, daß ein langsames Steigen oder Fallen der Temperatur etwa um $0,5$ °C/Stunde keinen merkbaren Einfluß auf die Anzeige der Waagen hat. Kann der Raum klimatisiert werden, ist dies natürlich stets vorteilhaft, weil man in diesem Falle (einwandfreien Fußboden (s. zweiter Absatz) vorausgesetzt) die Waagen auf Tischen in beliebiger Verteilung im Raum aufstellen kann. Ist der Raum nicht klimatisiert, sondern nur mit Warmwasser- oder elektrischer Heizung ausgerüstet, sollten die Waagen möglichst weit weg von Fenstern und Heizkörpern aufgestellt werden. Ferner ist sehr zu empfehlen, den Waagenraum nie direkt vom Flur, sondern nur über ein vorgelagertes Zimmer zugänglich zu machen. Dieser Vorraum dient als sehr wirksame Schleuse für Wärmeabfluß und Luftströmungen (Zugwind). Vor der Eingangstür zu diesem Vorraum sollte eine Fußmatte zum „Abtreten“ der Schuhe liegen. Ferner ist darauf zu achten, daß der Fußboden des Meßraums nicht aus elektrisch gut isolierendem Material besteht, damit elektrostatische Aufladungen des Prüfenden durch sein nicht zu vermeidendes Ab- und Zugehen vermieden werden. Diese Ladungen können erheblich stören; die elektrostatischen Kräfte sind größer, als man anzunehmen geneigt ist.

3.2. Eine Feinwaage bewahrt ihre meßtechnischen Qualitäten nur dann für die Dauer, wenn sie gut gepflegt und entsprechend bedient wird.

Zur Pflege gehört vor allem das Entfernen des sich ständig ablagernden Staubes, vor dem auch vollklimatisierte Waagenräume nie ganz geschützt sind. Painlichste Sauberkeit der Schneiden und Pfannen sowie der Angriffsstellen der Arretierung des Balkens und der Gehänge ist Voraussetzung für das Gelingen präziser Wägungen. Die genannten Stellen sind vor dem ersten Zusam-

menbau der Waage (Anweisungen des Herstellers genau beachten) und wenigstens alle 6 Monate mit einem Pinsel, die Flächen mit einem alkoholbefeuchteten, nicht fasernden Tuch zu säubern.

Die neu zusammengesetzte Waagen sollte nicht sogleich benutzt werden, man läßt sie besser wenigstens 24 Stunden zum Temperatúrausgleich mit geöffnetem Gehäuse ruhig stehen. Ein Thermometer (0 . . . 30 °C, in 0,1 °C geteilt) im Gehäuse zeigt die Übereinstimmung der Lufttemperatur im Gehäuse mit der mittleren Temperatur im Meßraum an.

Waagen, die längere Zeit nicht benutzt werden, sollen mit den vom Hersteller mitgelieferten Hauben zugedeckt werden. Nimmt man solche Waagen wieder in Gebrauch, muß meist das Einspielen auf die Nullmarke, ggf. auch der Empfindlichkeits- oder Skalenwert nachreguliert werden. Diese Arbeiten nehme man nur dann mit der Hand vor, wenn diese mit einem dünnen Baumwollhandschuh bekleidet ist. Es werden dadurch die häßlichen und korrosiv nicht harmlosen Fingerabdrücke auf dem Balken vermieden. Wenn auch der Handschuh die Körperwärme etwas zurückhält, so sollte man doch am Ende jeder Manipulation am Balken die Waage wenigstens „über Nacht“ mit offenem Gehäuse temperieren lassen, sie dankt es am nächsten Tag durch geringe Streuung der Meßwerte, wenn sie im übrigen mechanisch in Ordnung ist.

Bei Waagen, die auch nach längerer Zeit der Nichtbenutzung keine Justierung brauchen, ist es trotzdem empfehlenswert vor Ausführung einer Wägung die unbelastete Waage zu lösen, 3 . . . 4 Schwingungen machen zu lassen, zu arretieren, wieder zu lösen und dies 5 . . . 6 mal hintereinander auszuführen. Man stellt dabei auch fest, ob die Waage „klebt“, d. h. ob sich die Kontaktstellen vom Balken und seinen Auflagepunkten nach Aufhebung des Kraftschlusses nicht sofort voneinander trennen (s. Abschnitt 4.1.5). Ist dies der Fall, müssen der Balken herausgenommen und die Kontaktstellen mit Alkohol (Brennspiritus) gereinigt werden.

Bei Bedarf sind die Glasscheiben des Gehäuses (am besten mit Spiritus) zu reinigen.

Zur Bedienung der Feinwaage ist folgendes zu sagen :

Eine gute Waage ist ein mechanischer Organismus, dem man mit Gefühl begegnen muß; mit unruhigen Händen und „so nebenbei“ wird man niemals gute Wägungen machen können. Auch „forsche Bedienung“ mit hartem Anschlag der Arretierung an ihren Endstellungen ist nicht am Platze.

Jede Waage ist ein Individuum, dessen Eigenschaften man studieren muß, dies gilt auch für die Empfänglichkeit des Instruments für die Wärmestrahlung

durch den Körper des Wägenden, die man mit etwa 80 Watt ansetzen kann. Nach einiger Zeit wird man bemerken, daß die Lufttemperatur im Inneren des Wägeraumes ansteigt. Wenn auch der Balken in unterschiedlicher Weise gegen die direkte Wärmestrahlung geschützt werden kann, so ist es doch fast unmöglich, die Lufttemperatur des Wägeraumes konstant zu halten, selbst wenn man dicke Glasscheiben zwischen den Wägenden und der Waage anordnet oder das Gehäuse wärmereflektierend ausführt (Umkleidung mit Al-Folie, weißer Anstrich usw.). Beim Gebrauch der Waage muß ja das Gehäuse öfters geöffnet und geschlossen werden, und hier liegt die größte Störquelle für die Wärmekonstanz.

Die Luft hat eine verhältnismäßig hohe kinematische Zähigkeit, so daß sie, einmal (durch Öffnen und Schließen des Gehäuses) in Bewegung gesetzt, darin verbleibt und diese auf die Schalen als „Segelflächen“ überträgt. Wenn man also ständig Wägereien ausführen muß, die sich über zwei Stunden hinaus erstrecken, so sind dafür zwei Waagen gleicher meßtechnischer Eigenschaften zu empfehlen. Man läßt dann die erste, die beim längeren Gebrauch „unruhig“ (d.h. der Ausschlag fängt an einseitig zu werden, zu „wandern“) geworden ist, mit geöffnetem Gehäuse wieder zum thermischen Gleichgewicht kommen, während man mit der zweiten ohne Zeitverlust die Wägungen fortsetzt. Sollte auch die zweite Waage unruhig werden, kann man wieder zur ersten übergehen und so fort.

4. Prüfungen

4.1. Beschaffenheit

Vor Beginn der wägetechnischen Prüfung stellt man die „Beschaffenheit“ der Waage fest, d.h. man kontrolliert, ob sie die ihre Gattung charakterisierenden Einzelheiten aufweist und als Ganzes einen prüffähigen Eindruck macht. Man untersucht nacheinander (s. Abschnitt 2):

4.1.1. Gehäuse

Staubdichter Abschluß ist nur durch Schiebefenster oder Klapptüren zu erreichen, die entweder durch Falze oder durch Polsterstreifen den Eintritt strömender Luft erschweren. Zu warnen ist vor Schutzscheiben aus Polystyrol oder ähnlichen Kunststoffen wegen der sehr intensiv wirkenden elektrostatischen Aufladung beim Reinigen. Glas ist wegen seiner Hygroskopie in dieser Beziehung viel ungefährlicher. Alle Türen und Fenster müssen sich leicht bewegen lassen.

Das Gehäuse ist auf einer Grundplatte aus Metall, Glas, Kunststoff oder Holz montiert, die sich nicht verziehen darf. Holz muß, Metall kann einen chemisch neutralen Überzug haben. Die Oberfläche der Grundplatte im Wägeraum muß porenfrei glatt sein.

Die Fußschrauben (mindestens zwei und eine feste Stütze) müssen sich leicht einstellen lassen. Eine Rändelung (grob oder fein) ist dazu erforderlich. Die horizontale Lage der Grundplatte und damit der Stützpflanne der Hauptschneide ist sehr wichtig, bei den Waagen der Hauptgattung 120 hängt davon die Richtigkeit des Skalenwertes (Abschnitt 1.31) ab!

4.1.2. Balken

Dieser muß aus geeignetem homogenen Material (z.B. Aluminiumlegierungen, Hartmessing, Bronze) bestehen und erforderlichenfalls mit Oberflächenschutz (z. B. Nickel, Chrom, Einbrennlack) versehen sein. Auf den ersten Blick muß er den Eindruck eines sorgfältig gearbeiteten Werkstücks machen. Normalerweise besteht der Balken aus *einem* Stück.

Die unter sich parallelen *Schneiden* bestehen entweder aus Stahl oder natürlichem oder künstlichem Achat oder aus künstlichem Saphir. Sie sind entweder eingekittet (Bild 6a u. d 7h) oder mit Schrauben eingeklemmt (Bild 6b). Die Endschneider können auch an sog. Käfigen befestigt sein (Bild 6c), die ihrerseits mit Schrauben, die gleichzeitig der Justierung dienen, am Balken angeklemt sind.

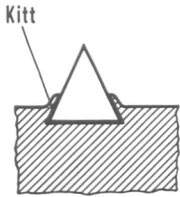


Bild 6a Einkittete Schneide

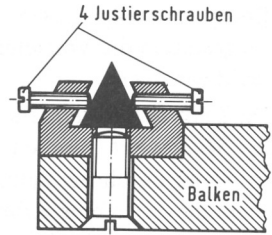


Bild 6b Geklemmte Schneide

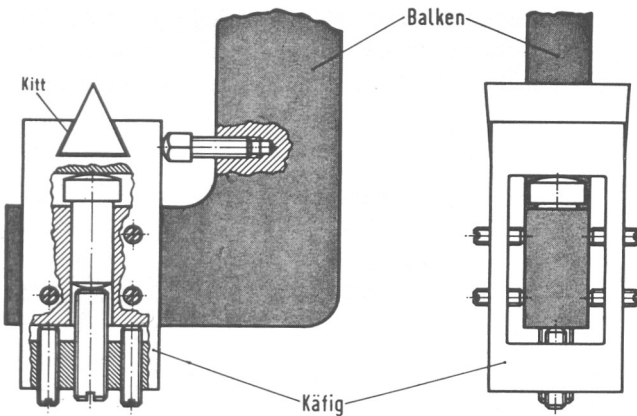


Bild 6c An den „Käfig“ geklemmte Schneide

4.1.2.1. Als Anzeigemittel ist am Balken der *Zeiger* befestigt, der entweder mit seiner Spitze über einer festen Skale spielt (Gattung 110 und 113) oder ein Mikropositiv oder -negativ eines Skalenbildes trägt (Gattung 121 und 123, weiteres hierzu unter Abschnitt 4.1.3). Die Zeigerspitze muß sich bei Stillstand oder während der Schwingung des Balkens in einer Entfernung zwischen 0,5 und 2 mm von der Skale befinden. Durch entsprechende Ausbildung (Schneide) muß die Spitze ein parallaxenfreies Ablesen gestatten.

4.1.2.2. Zur Einstellung des Zeigers auf die *Nullmarke* dienen gerändelte Rundmuttern, die sich bei den Gattungen 111, 113 und 121 auf Stiftschrauben, welche sich rechts und links am Balkenende (Bild 7a) oder in der Balkenmitte (Bild 7b) oder einseitig außerhalb der Mitte (Bild 7c) be-

finden, verstellen lassen. Auch Konstruktionen nach Bild 7d sind bekannt, sie gestatten die Verstellung der Muttern bei geschlossenem Gehäuse, was recht günstig ist.

Die *Empfindlichkeit* (für Gattungen 111 und 113, s.a. Abschnitt 1.9) und der *Skalenwert* (für die Gattungen 121 und 123, s.a. Abschnitt 1.31) werden entweder durch ein zylindrisches Laufgewicht am Zeiger (Bild 7e) oder ebenfalls durch eine Rändelmutter, diesmal aber von den Dimensionen des zylindrischen Gewichts, reguliert. Diese Mutter läuft auf einer senkrechten Stiftschraube, die im allgemeinen über der Mittelschneide (auch Haupt- oder Stützschneide genannt) angeordnet ist (Bild 7f und g), sich aber auch an anderen Stellen des Balkens befinden kann (Bild 7h). Die Wirkung des Laufgewichts und der Rändelmutter beruht auf der Verlagerung des Schwerpunktes des schwingenden Systems „Balken und Gehänge“ in größere oder geringere Entfernung unterhalb des Unterstützungspunktes „Schneidenlinie der Mittelschneide“.

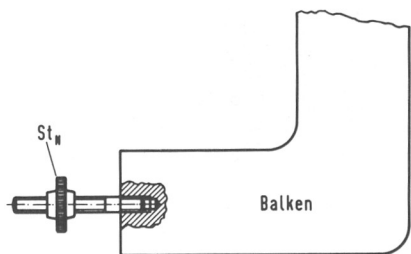


Bild 7a
Null-Stellmuttern an den Balkenenden

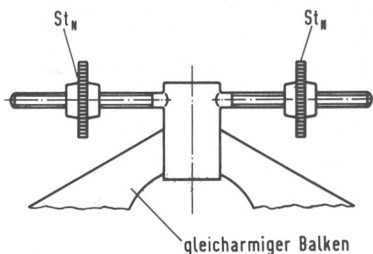


Bild 7b
Null-Stellmuttern in der Balkenmitte

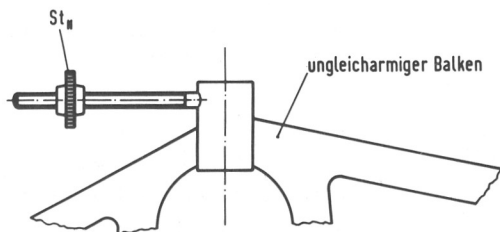


Bild 7c
Null-Stellmuttern einseitig
am ungleicharmigen Balken

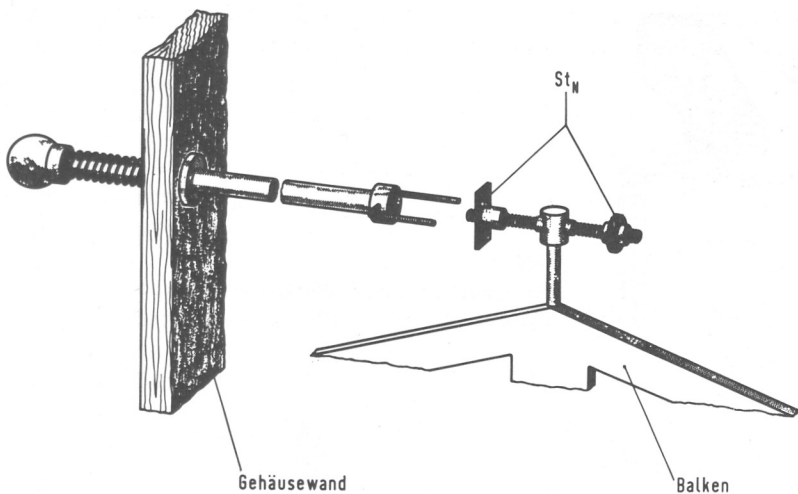


Bild 7d Null-Stellmuttern, Verstellung von außen

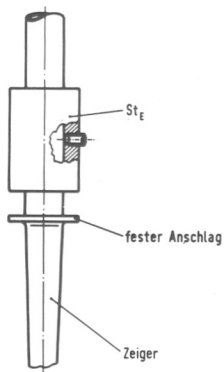


Bild 7e
Einstellung der Empfindlichkeit am Zeiger

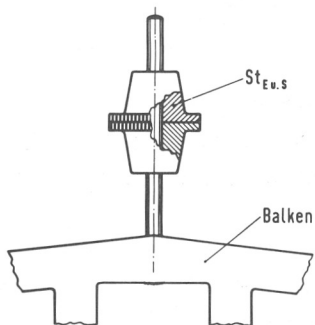


Bild 7f
Einstellung der Empfindlichkeit oder des Skalenwertes über der Hauptschneide

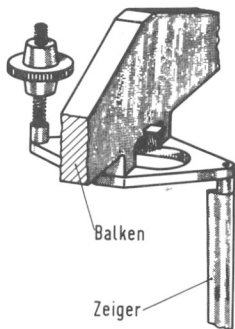


Bild 7g

Einstellung der Empfindlichkeit oder des Skalenwertes neben der Hauptschneide

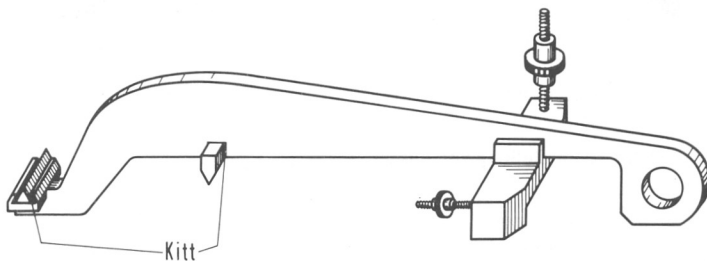


Bild 7h Einstellung des Skalenwertes in horizontalem Abstand von der Hauptschneide

4.1.3. Skale

Der Fortschritt in der Kostruktion feiner Waagen macht sich in der Ausführung der Skalen besonders bemerkbar.

4.1.3.1. In der *einfachsten*, bei den Waagen der Gattung 111 und 113 meist verwendeten *Form* ist die Skale eine auf einer Unterlage (Skalenblatt aus Metall oder Kunststoff) eingravierte oder aufgedruckte Kreisbogenteilung mit einer Nullmarke in der Mitte der Skale und 7 bis 15 Teilstrichen nach beiden Seiten. Nach Abschnitt 2.1.1 c muß mindestens jeder zehnte Teilstrich beziffert sein. Die beiden Seiten der Skale werden meist durch + und – so unterschieden, daß die Ruhelage des Zeigers sich in dem mit – gekennzeichneten Feld befindet, wenn die der rechten Seite des Beobachters gegenüber-

liegende Schale¹⁾ absinkt. Es ist jedoch auch zulässig, eine Skalenseite zur Unterscheidung von der anderen anders zu kennzeichnen (z.B. unterschiedliche Färbung oder Einrahmung der Bezifferung einer Skalenhälfte). Zu prüfen ist, ob alle Teilstriche und die Zeigerspitze gleich breit sind.

Zur bessern Schätzung von Bruchteilen der Teilabschnitte kann eine 3- bis 5-fach vergrößernde Lupe vorgesehen sein, die allerdings bei starker Vergrößerung nur über einen beschränkten Teil der Skale wirksam ist.

4.1.3.2. Diesen einfachen Ableseeinrichtungen gegenüber ist die *projizierte Skale* ein großer Fortschritt (Bild 8a). Abgesehen von ihrer Parallaxenfreiheit ist diese Skale viel weniger ermüdend abzulesen als eine der vorbeschriebenen. Das von der kleinen Glühlampe 1 kommende Lichtbündel L fällt, durch die Kondensorlinsen 2 und 3 konvergent gemacht, auf die am Zeiger befestigte, als Mikrodia ausgeführte Skale 4. Das Objektiv 5 entwirft über das totalreflektierende Prisma 6 und den Spiegel 7 ein etwa 30-fach vergrößertes Bild der Skale 4 auf die Mattscheibe 8. Jeder Teilabschnitt (Skalenteil) entspricht einem Milligramm und erscheint etwa 1mm lang, so daß die Zehntel der Skalenteile und damit die Zehntelmilligramme bequem geschätzt werden können. Die Skale 9 und die Zeigerspitze 10 dienen zur Groablesung auf der unbezifferten und unbezeichneten Nebenskale. Für den Durchlaß des Lichtbündels ist die Säule 11 mit einer Durchbohrung versehen. Die Glühlampe 1 wird beim Lösen der Arretierung durch einen Schalter selbsttätig ein- und bei Arretierung ausgeschaltet.

Bei den Waagen der Hauptgattung 120 ist meist noch ein *Nonius* vorgesehen, der die Zehntel des Skalenwertes unmittelbar abzulesen gestattet (Bild 8b).

Bei diesen Nonien ist auf **genaue Koinzidenz** ihrer ersten und letzten Striche mit jeweils 9 Teilstrichen der projizierten Skale an wenigstens 3 Stellen dieser Skale zu prüfen. Zur Verfeinerung der Ablesung sind die hell projizierten Teilstriche der Skale ein wenig breiter als die dunklen Teilstriche des Nonius. Koinzidenz ist dann vorhanden, wenn der Lichtsaum rechts und links eines Noniusstriches gleich breit erscheint (Abschnitt 4.2.2).

¹⁾ Die Wahl des Vorzeichens ist folgendermaßen zu erklären: Auf der rechten Schale liegt das Wägegut, auf der linken Schale stehen die Gewichtstücke. Schlägt nun der Zeiger über die Nullmarke hinweg nach *links* aus, so ist die Masse des Wägegutes größer als die der Gewichtstücke. Diese Differenz müßte von der Masse des Wägegutes *abgezogen* werden, um Gleichgewicht zu erhalten (Prinzip der Einwaage).

Meist ist die projizierte Skale bei den Gattungen 121 und 123 mit dem Neigungsbereich identisch. Die Stellung der Schaltgewichte wird von einem Zählwerk angezeigt, der Milligrammbereich wird projiziert (Bild 8c und d).

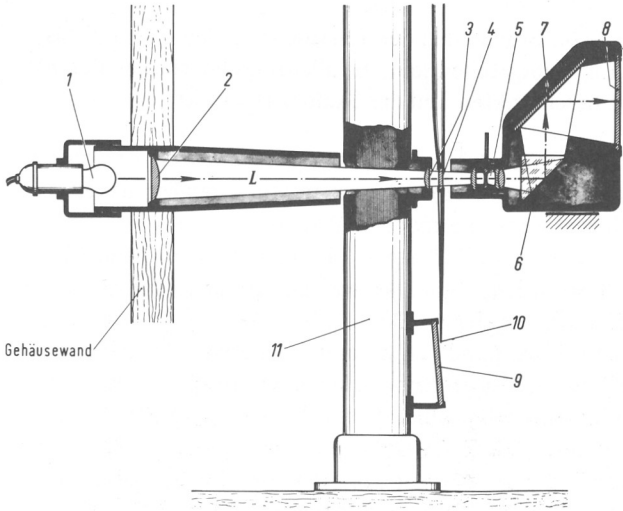


Bild 8a Projektionseinrichtung für die Skale

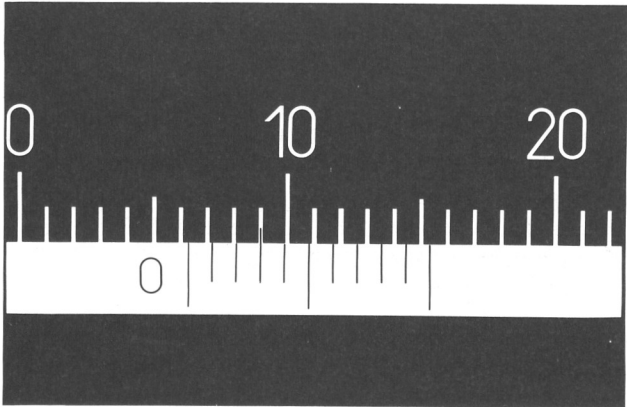


Bild 8b Projizierte Skale mit Nonius

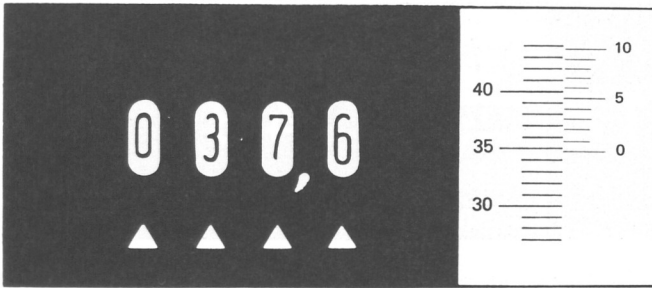


Bild 8c Digitale Anzeige der Gramme und Zehntelgramme, Projektion der Milligramme, mittels Nonius sind 0,1 Milligramm ablesbar

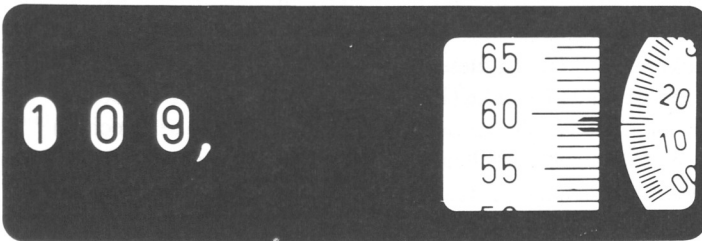


Bild 8d Digitale Anzeige der Gramme, Projektion der Zehntel- und Hundertstel-Gramme, Feinstellung der Milligramme und Zehntel-Milligramme

4.1.3.3. Bei den neuesten Bauarten der Gattung 123 ist versucht worden, die Ziffernanzeige des Zählwerkes (digitale Anzeige) auch auf die Hundertstel- und Tausendstelgramme auszudehnen. Als vorerst beste Lösung erweist sich die Anzeige der Gramme an einem Zählwerk und die Projektion der Zehntelgramme und Hundertstelgramme in einem Neigungsbereich mit Bezifferung jedes Teilstrichs sowie die Anzeige der Milligramme und Zehntelmilligramme an einem *Feinstellwerk* mit einer Bezifferung von 0 bis 100 nach Art eines Umdrehungszählers (Bild 9). Die Ziffern des Einstellwerks entsprechen reproduzierbaren Winkelstellungen eines Spiegels, der im Strahlengang der Projektion des Neigungsbereichs steht.

4.1.4. Last- und Gewichtschale und ihre Gehänge

Die Gattungen 111 und 113 sowie 121 haben je eine Lastschale und eine Gewichtschale, die an den beiden Endschnitten über Zwischenglieder mit ebenen Pfannen angreifen. Die Zwischenglieder, Gehänge genannt, besorgen den

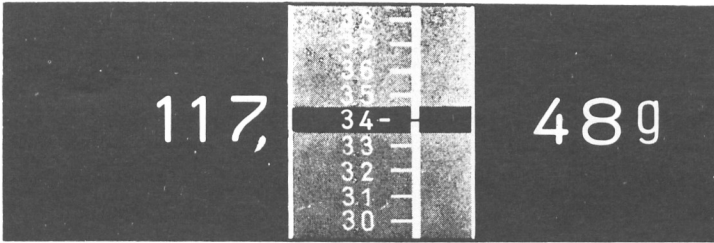


Bild 9 Digitale Anzeige der Gramme, quasidigitale Anzeige der Zehntel- und Hundertstel-Gramme (projiziert), digitale Anzeige der Milligramme und Zehntel-Milligramme

Ausgleich der Fehler, die sich durch unsymmetrische Belastung einer Schale einstellen können; sie gleichen die Kräfte aus, die nicht senkrecht zu den Endschnittenlinien wirken. Zu diesem Zweck haben sie mindestens 2 zueinander senkrecht stehende Gelenke (Bild 10a). Ihre Beweglichkeit soll so groß sein, daß sie mit einer deutlichen Abweichung aus dem senkrechten Hang (man visiert dabei über die beiden Schalenträgerstreben nach einer festen senkrechten Strichmarke) reagieren, wenn ein Gewichtstück von 10^{-3} der Höchstlast auf den Rand der freibeweglichen Schale gesetzt wird.

Die älteren Bauarten der Gattung 123 haben ebenfalls zwei Schalen, die neueren nur eine, die Lastschale. Ein dazugehöriges Gehänge ist in Bild 10b dargestellt. Es ist etwas kräftiger gehalten als das in Bild 10a, weil es bei jeder Wägung mit der Höchstlast (Substitution!) beansprucht wird.

Sind zwei Schalen vorhanden, so muß jede durch besondere Kennzeichnung (links ein Punkt oder die Ziffer 1, rechts zwei Punkte oder die Ziffer 2) der entsprechenden Endschneide zugeordnet sein.

Es ist nicht immer möglich, die Prüfgewichte so auf die Schalen zu stellen, daß diese beim Lösen des Balkens nicht in Schwingungen geraten. Da Schalenschwingungen bei feinen Wägungen recht störend sind, hat man bei älteren Waagen versucht, sie durch gepolsterte Puffer (Bild 10c) zu bremsen. Diese schlecht zu regulierende Bremse ist bei den neueren Waagen durch einen Reibstift ersetzt worden, der unter sehr geringem Federdruck auf die Unterseite der Schale wirkt (Bild 10d). Weiterhin ist versucht worden, die Bremse – auch in Form eines Reibstiftes – oberhalb des Aufhängepunktes der Schale anzubringen, damit der Boden des Wägeraums nicht durch die Bohrung und Führung der Schalensbremse unterbrochen wird und eine Falle für Schmutz und zerstreutes Wägegut bildet (Bild 10e).

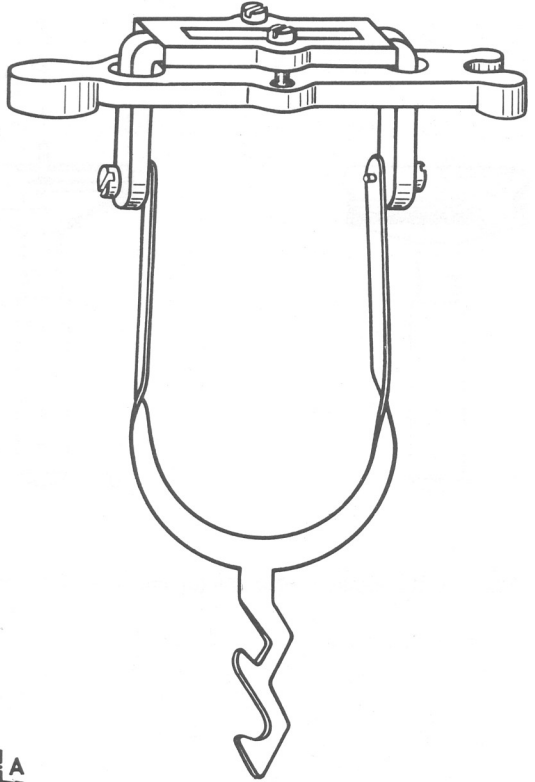


Bild 10a
Ausgleichs-Gehänge

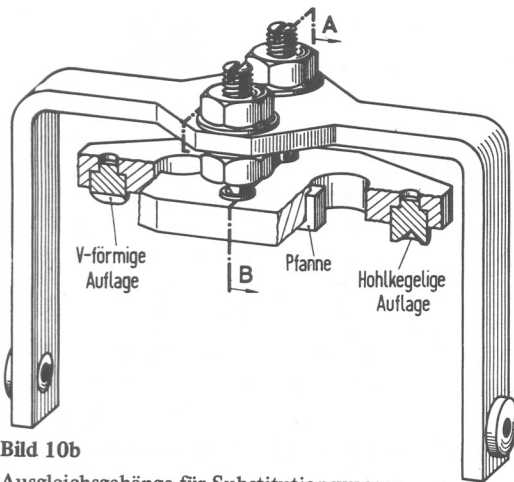
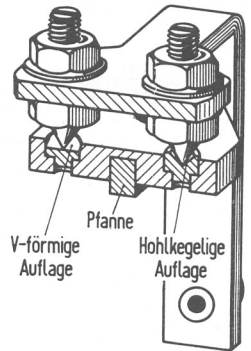


Bild 10b
Ausgleichsgehänge für Substitutionswaagen



Schnitt A-B

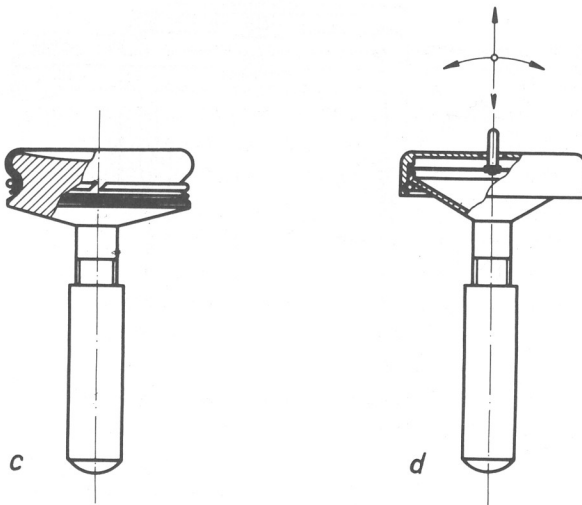


Bild 10 c, d Schalenbremse alte (c) und neue (d) Form

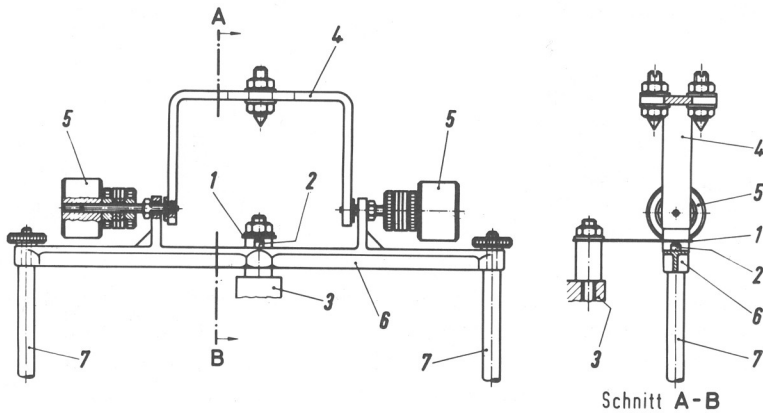


Bild 10 e Gehängebremse, 1 Blattfeder, 2 Reibstift, 3 Fixpunkt der Blattfeder, 4 Bügel, 5 Ausgleichmassen, 6 Querstück, 7 Schalenbügel

4.1.5. Arretiereinrichtung

Die Schneiden und Pfannen befinden sich während der Wägung im Kraftschluß miteinander. Ein Formschluß, wie er bei den übrigen Waagen durch die V-förmig ausgeschliffenen Pfannen besteht, entfällt hier; deswegen genügt es nicht, nur eine Feststelleinrichtung vorzusehen, die das Schwingen der Waage während der Zeit ihrer Nichtbenutzung verhindert. Es muß zur Schonung der Schneiden, deren Krümmungsradien sehr klein sind ($10\ \mu\text{m}$ und weniger!), eine vollständige Trennung von den Pfannen unter Aufhebung des Kraftschlusses stattfinden. Dies ist die Aufgabe der Arretiereinrichtung, die entweder als Parallelarretierung (Bild 11a) oder als Kreisbogenarretierung (Bild 11b) ausgeführt ist und, vollbetätigt, die Schneiden und Pfannen parallel zur Schneidenlinie um etwa 0,2 bis 0,4 mm auseinanderrückt. Dabei werden zuerst das „Mittellager“ (Hauptschneide und -pfanne) und dann die „Endlager“ (Endschneiden und Gehängepfannen) voneinander getrennt.

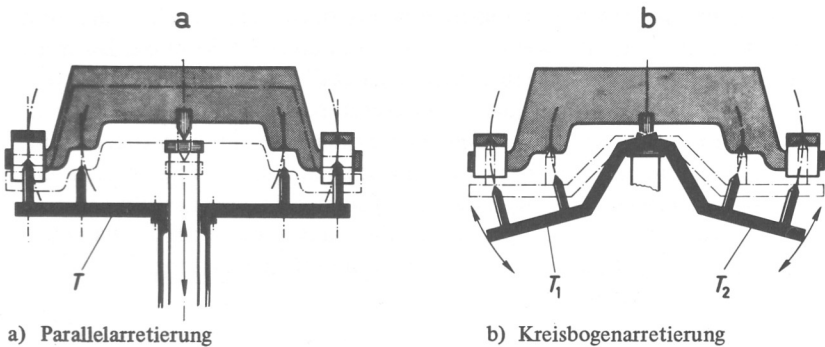


Bild 11 Balkenarretierungen

Bei der Parallelarretierung wird der Balken von dem starren Träger T parallel zu sich selbst in Pfeilrichtung abgehoben. Beim Auflegen des Balkens auf die am Träger angebrachten kurzen senkrechten Stützen kann deshalb ein Gleiten der Schneiden auf den Pfannen eintreten, wenn der Balken sich nicht in horizontaler Lage befindet, da nur dann die Arretierungspunkte zusammenfallen. Bei der Kreisbogenarretierung besteht der Träger aus zwei Armen oder Schwingen T_1 und T_2 , deren gemeinsame Drehachse in einer Geraden mit der Mittelschneide liegt. Beim Anheben von T_1 und T_2 liegen alle Arretierungs-

punkte auf konzentrischen Kreisen, womit – eine gute Justierung vorausgesetzt – die Arretierung des Balkens aus jeder Stellung heraus möglich ist. Für allerfeinste Waagen wird jedoch auch noch heute der Parallelarretierung der Vorzug gegeben, da eine bis aufs letzte genaue Justierung des Trägers T mit seinen mindestens 7 Auflagepunkten für den Balken und die Gehänge erheblich sicherer ist als bei seiner Aufteilung in zwei Teile. Der theoretische Nachteil der Parallelarretierung gegenüber der Kreisbogenarretierung kann durch sorgfältiges Bedienen des Mechanismus wettgemacht werden.

Bei den neueren Waagen der Gattung 123 ist neben der Stellung des Arretierungsknopfes oder -hebels, welche die volle Freigabe des Balkens zum Schwingen bewirkt, auch eine Stellung der teilweisen Freigabe vorgesehen. Diese Stellung ermöglicht Vorwägungen unter Betätigung sämtlicher Schaltgewichtsstufen ohne Gefährdung der Schneiden und Pfannen durch Stöße bei der Umschaltung auf den höheren oder niederen Massewert.

Die bei der Funktionsbeschreibung der Arretiereinrichtung erwähnten kurzen senkrechten Stützen sind mit abgerundeten Achatspitzen versehen und kommen mit ebenfalls achatbewehrten Stellen des Balkens in Kontakt. Diese Stellen sind oft die Ursache des störenden „Klebens“ des Balkens, d. h. dieser wird beim Lösen nicht gleichmäßig freigesetzt, sondern „klebt“ an einem Stützstift und wird von diesem nach einer Skalenseite hin mitgezogen. Diese Klebestelle reißt erst bei einer merkbaren Schiefstellung des Balkens ab und hat – besonders bei den Waagen der Hauptgattung 110 – unregelmäßige Wägungsergebnisse zur Folge. Tritt ein solches Kleben ein, muß der Balken abgenommen und sämtliche Unterstützungspunkte müssen sorgfältig gereinigt werden (s. a. Abschnitt 3.2).

4.1.6. Lot oder Libelle

Die *horizontale Stellung* der Balkenschneiden ist die Voraussetzung für die richtige Anzeige der Waage; die Parallelität der Schneiden unter sich (s. a. Abschnitt 4.1.2) wird dabei als gegeben angesehen. Die *waagerechte Stellung* der Hauptschneide in Richtung der Schneidenlinie und senkrecht dazu muß bei Beginn der Wägung durch Horizontieren der wirkenden Pfannenfläche (die der Balkenschneide zugekehrt ist) erreicht werden.

Zur Kontrolle dieses korrekten Zustandes ist bei älteren Bauarten ein *Fadenlot*, bei allen neueren Bauarten eine *Dosenlibelle* am Ständer, am Gehäuse oder an der Grundplatte der Waage angebracht. Die Luftblase der Libelle soll sich innerhalb einer Ringmarke konzentrisch zu dieser einstellen, wenn die wirkende Fläche der Pfanne horizontal liegt.

Eine direkte Prüfung dieser Stellung ist wegen der Kleinheit der wirkenden Pfannenfläche (20 bis 30 mm² bei etwa 10 mm größter Länge!) sehr schwierig. Man wird sich im allgemeinen damit begnügen müssen, die ausreichende Empfindlichkeit der Libelle durch Veränderung der Anzeige der Waage zu prüfen. Zu diesem Zweck stellt man bei unbelasteter und auf die Anzeige Null justierter Waage durch Betätigung der Fußschrauben die Libellenblase konzentrisch zur Ringmarke. Nun ändert man mit einer Drehung einer der vorderen Fußschrauben die Horizontalstellung der Waage soweit, daß die Waage den Kleinstwert der Fehlergrenze für die Richtigkeit (s. a. Abschnitt 4.4) anzeigt. Die Libellenblase muß dann sichtbar exzentrisch zur Ringmarke stehen.

Vor Benutzung der Waage sollte man immer die Stellung der *Libelle* auf die Anzeige *Null* kontrollieren!

4.1.7. Reitergewichtseinrichtung

Die an den Waagen der Hauptgattung 110 öfters anzutreffende Reitergewichtseinrichtung (Bild 12a) ist ursprünglich aus der Scheu vor der Verwendung kleinerer Gewichtstücke als 10 mg entstanden; sie ist eine Art Laufgewichtseinrichtung.

In dreieckige Kerben, welche ein am Balken horizontal befestigtes Lineal teilen, kann ein Reitergewicht der bekannten Trapezform (s. a. DIN 1924 Blatt 2) mit Hilfe einer an einer Seitenwand der Waagen angebrachten mechanischen Einrichtung eingesetzt und herausgehoben werden. Bei älteren Bauarten ist die Kerbenteilung gleich auf der oberen Kante des Balkens eingeschnitten (Bild 12b). Die Reiter haben konstante Massen von 1, 2, 5 und 10 Milligramm und sind meist aus Aluminiumdraht hergestellt.

Die Teilung, über der Mittelschneide mit „0“ beginnend, schreitet nach links und rechts gleichmäßig fort, wobei die Kerben keinen größeren Abstand als 0,5 mm haben dürfen. Sie endet jeweils über einer Endschneide mit Bezifferung und Bezeichnung (z. B. 10 mg). Die bezeichnete Ziffer gibt die Masse des Reiters in Milligramm an und deutet gleichzeitig auf seine Wirkung hin, wenn er sich in dieser Kerbe befindet. In den übrigen Kerben, von denen mindestens jede zehnte beziffert und jede fünfte durch einen Strich hervorgehoben sein muß, hat der Reiter entsprechend dem verkürzten Hebelarm, an dem er angreift, nur die Wirkung, welche die Bezifferung andeutet (Kerbe 5 → 5 mg, Kerbe 2,4 → 2,4 mg usw.). Normalerweise sind links und rechts je 50 Kerben vorhanden, so daß mit einem 10-mg-Reiter auf ± 0,2 mg, und mit einem 5-mg-Reiter auf ± 0,1 mg gewogen werden kann. Die Reiter zu 1 oder 2 mg sind für Mikrowaagen bestimmt, deren Skale eine Ablesung von 0,01 bzw. 0,02 mg gestattet.

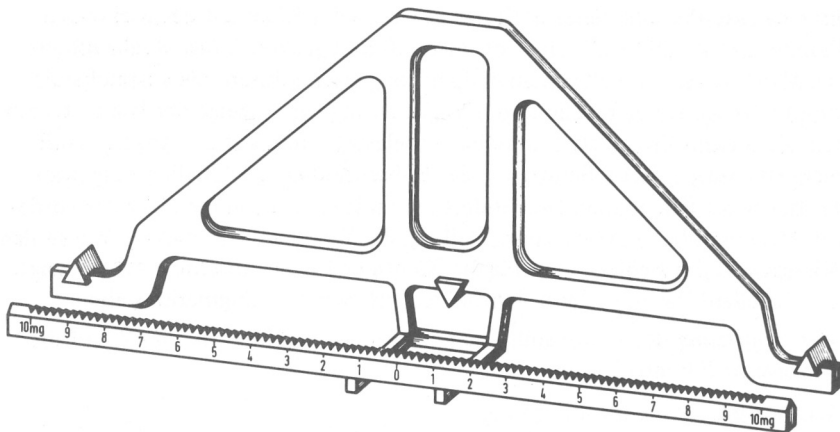


Bild 12a Reitergewichtseinrichtung, Teilung auf Lineal

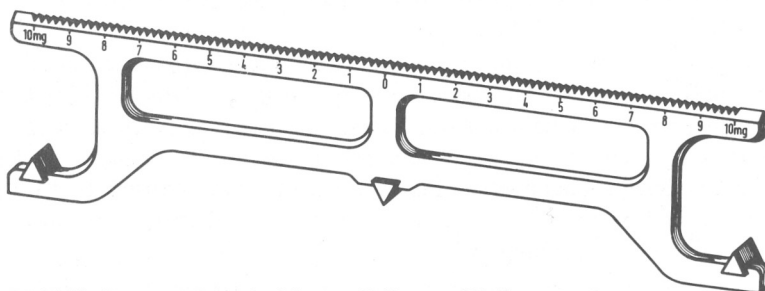


Bild 12b Reitergewichtseinrichtung, Teilung auf Balken

4.1.8. Schaltgewichtseinrichtung

4.1.8.1. Die Unbequemlichkeit des Hantierens mit Gewichtstücken unter 1g Masse, den „Bruchgrammen“, führte zum Ersatz dieser Stücke durch eine Mechanik, welche das Auflegen dieser Gewichte in Ringform auf ein über einer Endschneide vorgesehene Querstück zuließ, ohne daß das Gehäuse geöffnet werden mußte. Man gewann damit einen zweiten Vorteil, denn das Öffnen des Gehäuses bedeutet aus thermischen Gründen (s. Abschnitt 3.1) grundsätzlich stets eine Störung der Wägung.

Die notwendige Anzahl von 9 Gewichtstücken pro Dekade verstand man bald durch Kombinationen von Stücken unterschiedlicher Massen auf das unbedingt Notwendige (nach Art eines Gewichtssatzes) zu beschränken, wobei man

für eine Dekade mit 4 Stücken auskommt. Die Schaltstufen könnten bei den Gattungen 111 und 113 sogar beliebige Werte haben, meist sind aber die damit versehenen Waagen außerdem mit einer Dämpfungseinrichtung (s. Abschnitt 4.1.9) und projiziertem Neigungsbereich (Abschnitt 4.1.3.2) ausgestattet. Damit gehen die Bauarten dieser Waagen allerdings in die Hauptgattung 120 über, und die kleinste Schaltstufe (das kleinste Schaltgewicht) muß gleich dem Umfang des Neigungsbereichs werden. Dieser kann die kleinste Schaltstufe ersetzen, so daß bis zum Erreichen der nächsten Dekade nur noch 9 Schritte nötig sind, z. B.

$$\begin{array}{r}
 100 \text{ mg (Neigungsbereich)} = 1. \text{ Stufe} \\
 200 \text{ bis } 1000 \text{ mg} \quad \quad \quad = 9 \text{ Schaltstufen} \\
 \hline
 10 \text{ Stufen} = 1 \text{ Dekade}
 \end{array}$$

Alle Wägungen über 1000 mg müssen mit Gewichtstücken aus einem von der Waage getrennten Satz ausgeführt werden.

4.1.8.2. Die Weiterführung des Gedankens der „Bruchgrammauflage“ führte zur Entwicklung der *vollständigen Schaltgewichtseinrichtung*, bei der sämtliche Wägungen nur mit solchen Gewichtstücken ausgeführt werden, die in der Waage eingebaut sind und von Hand über eine mechanische Einrichtung aufgesetzt oder abgehoben werden. Jede Dekade wird gewöhnlich von einem Drehknopf betätigt. Ein Zählwerk zeigt die aufgelegten Schaltgewichte an (s. a. Abschnitte 4.1.3.2 und 4.1.3.3 sowie Bild 2,4a und 4b). Die Drehknöpfe sind den angezeigten Ziffern durch Farbpunkte o. ä. zugeordnet.

Die neuesten Bauarten der Gattung 123 mit Schaltgewichtseinrichtung und einer Ableseeinrichtung nach Abschnitt 4.1.3.3 verwenden das Prinzip der Substitutionswägung. Hierbei befindet sich nach Bild 4b die Schaltgewichtseinrichtung auf der gleichen Seite des Balkens wie die Lastschale, und die Masse des Wägegutes „substituiert“ die aus dem Gewichtsmagazin für die Erreichung des Gleichgewichts zu entfernenden Stücke. Diese Einrichtung hat den großen Vorteil einer konstanten Belastung des Balkens und damit einer auch theoretisch vollkommenen Unabhängigkeit des Skalenwertes der Waage von der Belastung. Das Zählwerk gibt nicht die aufgelegten, sondern die abgenommenen Schaltgewichte an, was jedoch für den Benutzer ohne Belang ist.

4.1.9. Dämpfungseinrichtung

An Feinwaagen mit Höchstlasten von 20 g und mehr hat sich bisher die Luftdämpfung am besten bewährt. Die klassische, von P. Curie stammende Form der zweifach ineinandergreifenden Dämpfertöpfe wurde bald zugunsten der

in Bild 13a dargestellten Form verlassen. In neuerer Zeit findet man bei den Waagen der Gattung 123 die nach Bild 13b ausgeführte Form des in einer nahezu geschlossenen flachen Dose schwingenden einfachen Flügels. Der Grad der Dämpfung wurde für die Waagen der Gattungen 111, 113 und 121 einstellbar gemacht durch mehr oder minder starkes Abdecken einer Öffnung im Boden der festen Dämpferglocke, da man in einer bestimmten Zeit, unabhängig von der Belastung der Waage, die Ruhelage erreichen wollte. Die

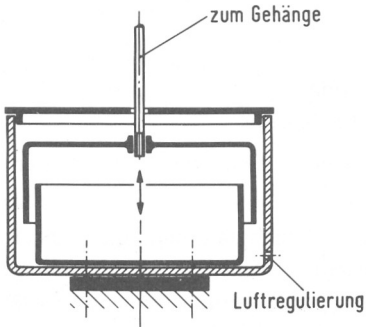


Bild 13a
Luftdämpfung alte Form

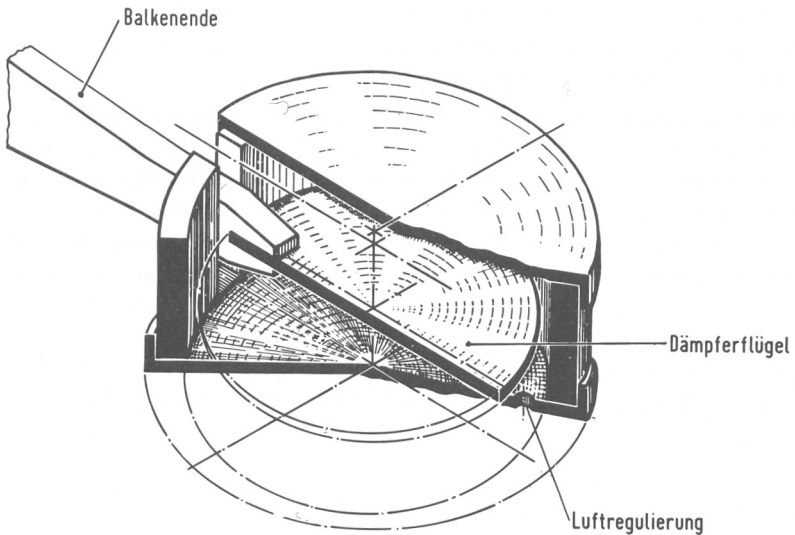


Bild 13b Luftdämpfung neue Form

stets gleiche Belastung bei Verwendung des Substitutionsprinzips hat bei den entsprechenden Waagen der Gattung 123 das jedesmalige Einstellen der Dämpfung unnötig gemacht. Man kann mit dem vom Hersteller einmal fest eingestellten Dämpfungsgrad zufrieden sein, wenn er die Balkenschwingungen nach längstens 60 s zum Stillstand abklingen läßt.

Es ist auch nicht zu empfehlen, bei den Gattungen 111, 113 und 121 den Dämpfungsgrad jedesmal nach der Größe der Belastung zu regulieren, man kann sich auch hier mit der Einstellung begnügen, die bei halber Höchstlast in 60 s den Stillstand des Zeigers bewirkt.

Dämpfungseinrichtungen sollen sofort auf eingedrungene Fremdkörper untersucht werden, wenn das Einpendeln der Waage auf die Ruhelage Störungen zeigt.

4.2. Empfindlichkeit und Skalenwert

Zu Beginn der wägetechnischen Prüfungen muß man sich darüber Gewißheit verschaffen, ob die Waage auf gewisse kleine Änderungen der Belastung mit genügend großen Anzeigen reagiert, daß sie also eine wirkliche Fein-Waage ist (s. a. Abschnitt 1, erster Absatz). Dazu wird bei der Hauptgattung 110 die Empfindlichkeit bestimmt, bei den Waagen der Hauptgattung 120 der Skalenwert kontrolliert.

4.2.1. Bestimmung der Empfindlichkeit

Das die Lage des Balkenschwerpunktes regelnde Organ ist entweder ein zylindrisches Laufgewicht auf dem Zeiger oder eine Rändelmutter auf einem Gewindestift an, auf oder in dem Balken (s. Abschnitt 4.1.2.2). Je höher sich das Laufgewicht auf dem Zeiger oder die Rändelmutter auf dem Gewindestift befinden, um so höher ist die Empfindlichkeit der Waage. Sie ist nach Abschnitt 1.9 als Verhältnis des Ausschlages des Balkens zur Größe der diesen Ausschlag hervorrufenden Masseänderung der Belastung definiert. Anstatt den

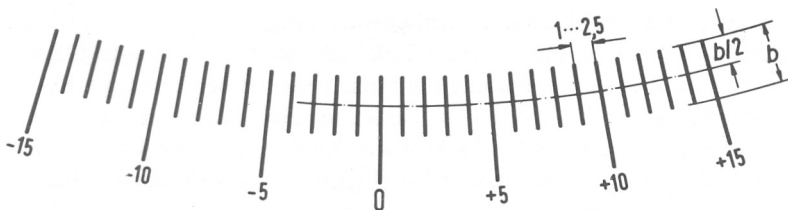


Bild 14 Dimensionen einer Skalenteilung

Ausschlag in Millimetern zu messen, kann man ihn auch in Skalenteilen ausdrücken, vorausgesetzt, daß der konstante Abstand der Teilstriche voneinander nach Bild 14 (am besten mit einer Meßlupe gemessen) in der Mitte der Skalenstriche ($b/2$) mindestens 1 mm und höchstens 2,5 mm beträgt.

Die Empfindlichkeit muß bei Mindestlast (Abschnitt 1.25) und bei Höchstlast (Abschnitt 1.19) bestimmte Minimalwerte nach folgender Überlegung haben, die zunächst für die beiden im Laboratorium am meisten verwendeten Waagengrößen von 100 Gramm oder 200 Gramm Höchstlast gilt:

Die Skalenteilung dieser Waagen soll eine Ablesung auf $\pm 0,1$ Milligramm ermöglichen, das bedeutet, daß das Zeigerende eine Breite von $0,1 \dots 0,2$ Millimeter haben muß, um die Zehntel-Skalenteile sicher schätzen zu können (ein Nonius ist nur bei Waagen mit Dämpfungseinrichtung zulässig). Der Kleinstwert der Fehlergrenze (Abschnitte 1.20 und 4.4, s. a. Tafel 7.4 Nr. 1) beträgt $0,2 \times 1$ Milligramm = 0,2 Milligramm. Er muß noch gut ablesbar sein, was bei einer Skalenteilung gewährleistet erscheint, bei der 0,2 Milligramm einem Fünftel der Länge eines Teilabschnitts entsprechen, der seinerseits mindestens 1 Millimeter lang sein soll. Die Empfindlichkeit muß also bei der Mindestlast von 100 Milligramm 1 Teilabschnitt / 0,2 Milligramm sein. Nun wäre das Operieren mit einem Prüfgewicht von 0,2 mg Masse sehr unbequem, man erweitert daher auf 5 Teilabschnitte / 1 Milligramm, was sich gut prüfen läßt.

Zunächst bringt man das Laufgewicht auf dem Zeiger oder die Rändelmutter auf dem Gewindestift in die tiefste, durch einen Anschlag begrenzte Lage. Dieser feste Anschlag verhindert ein unzulässiges Tieferstellen der Organe und damit ein Verringeren der Empfindlichkeit unter das erlaubte Maß.

Das Zeigerende der unbelasteten Waage wird dann auf die Nullmarke der Skale oder auf einen Ausschlag justiert, der höchstens 2 Teilabschnitte von der Nullmarke abweicht (Abschnitt 4.1.2.2). Man läßt dann, etwa 10 mm über der linken Schale, aus der Pinzette ein Prüfgewicht von 1 mg Masse auf die Schalenmitte fallen und berechnet aus den Umkehrpunkten (Abschnitt 1.38) der sich nun einstellenden Balkenschwingungen die Gleichgewichtslage (Abschnitt 1.15), die um mindestens 5 Teilabschnitte von der Ausgangslage abweichen muß. Die gleiche Prüfung stellt man bei einer beiderseitigen Belastung der Waage mit der Mindestlast, der halben Höchstlast und der vollen Höchstlast an (s. a. Tafel 7.4 Nr. 1). Man wird hierbei meist feststellen, daß die Empfindlichkeit bei halber und voller Höchstlast den geforderten Minimalwert von 1 Teilabschnitt / 1 Milligramm überschreitet, was unbedenklich ist.

4.3. Standardabweichung (Veränderlichkeit)

Die Standardabweichung (s. Abschnitt 1.3.2) ist das Maß für die Fähigkeit eines Meßinstrumentes, auf konstante Meßgrößen mit konstanten Anzeigen zu antworten. Alle anderen Qualitätsmerkmale des Instrumentes, z. B. große Empfindlichkeit oder übersichtlicher Aufbau, sind dieser Grundeigenschaft nachgeordnet. Ein Meßinstrument mit großer Standardabweichung ist für Präzisionsmessungen unbrauchbar. — Wenden wir das eben Gesagte auf die Feinwaagen an, so kommen wir zu folgender Betrachtung:

Beim Lösen (Entarretieren) der Waage treten kleine Verschiebungen der Schneidenlinien gegenüber den Lagen ein, die sie bei den vorausgegangenen Wägungen hatten. Diese kleinen Verrückungen machen sich durch nachweisbare Schwankungen der Anzeige bemerkbar. Die Bestimmung der Größe dieser Schwankungen gibt das Kriterium für den meßtechnischen Wert der Waage. Man unterscheidet die mehr im Prüfraum verwendete Bestimmung der Standardabweichung und ein abgekürztes Verfahren, dessen Ergebnis man mit „Veränderlichkeit“ bezeichnet und das normalerweise bei der am Gebrauchsort aufgestellten Waage angewendet wird.

4.3.1. Zur Bestimmung der Standardabweichung s verfährt man folgendermaßen:

- a) Bei den meist zweischaligen Waagen der *Hauptgattung 110* wird der Ausschlag der unbelasteten, horizontal ausgerichteten Waage auf die Ruhelage R_0 (Nullmarke oder weniger als einen Teilabschnitt davon abweichend) justiert (s. a. Abschnitt 1.15). Dann werden Last- und Gewichtschale mit Gewichtstücken oder Taramaterial (s. Abschnitt 4.3.3) etwa im Betrage der Höchstlast besetzt, und die entsprechende Ruhelage R_m wird festgestellt (Tafel 7.2). Die Waage wird entlastet und die nächste Ruhelage R_0 bestimmt und so fort, bis 22 Ruhelagen R_0 und 21 Ruhelagen R_m bestimmt sind. Aus je zwei Werten von R_0 wird das Mittel \bar{R}_0 gebildet und von dem dazwischenliegenden Werte R_m abgezogen, die Differenz gibt den Wert x_i einer Wägung. Sämtliche 21 x_i werden addiert und ihr Mittel \bar{x} gebildet. Die Abweichungen $\Delta = x_i - \bar{x}$ werden errechnet, quadriert und die Quadrate addiert (Tafel 7.2 zweite Seite). Durch Einsetzen in die Formel für s (s. a. Abschnitt 1.32), wobei n die Anzahl der Wägungen ist, erhält man zunächst die Streuung in Teilabschnitten (Skalenteilen). Um s in mg zu erhalten, ist die Empfindlichkeit der Waage für die gleiche Belastung zu bestimmen, was sofort an die vorhergegangenen Wägungen anschließend vorgenommen wird. Die Zulage Z soll in einem angemessenen Verhältnis zur

Größe der Belastung stehen, als Richtwert sei etwa $25 \cdot 10^{-6}$ der Belastung empfohlen. Bei guten Waagen sollte die Streuung s den Wert 0,1 Skalenteil nicht überschreiten.

- b) Bei den Waagen der *Hauptgattung 120* wird die Anzeige der unbelasteten, horizontal ausgerichteten Waage genau auf die Nullmarke justiert und die Lastschale der arretierten Waage mit einer konstanten Masse (s. Abschnitt 4.3.3) etwa im Betrage der Höchstlast besetzt. Bei den zweischaligen Waagen dieser Hauptgattung wird diese Belastung durch Gewichtstücke oder Taramaterial (s. Abschnitt 4.3.3) auf der Gewichtschale, bei den einschaligen Waagen durch Einstellen der Schaltgewichtseinrichtung auf die Anzeige x_1 (nahe Null) kompensiert. Diese Abweichung von Null wird in Milligramm notiert (Tafel 7.3). Die Waage wird arretiert, entlastet und ihre Anzeige (falls nötig) wieder auf die Nullmarke justiert. Dann wird die o. a. Belastung wieder aufgebracht, der neue Wert von x_1 vermerkt und so fort bis zum 21. Wert für x_1 . Sämtliche x_1 werden addiert und ihr Mittel \bar{x} bestimmt. Die Differenzen $\Delta = x_i - \bar{x}$ werden wie oben gebildet und ihre Quadrate addiert. Die Formel für s gibt diesmal den Wert der Streuung unmittelbar in Milligramm an. Gute Waagen sollten keine größere Streuung als das Fünffache des kleinsten ablesbaren Gewichtswertes zeigen.
- c) Eine Störgröße, die sich bei fast allen Serienwägungen einstellt, die über 30 min dauern, wird nicht unmittelbar bei der Streuungsbestimmung erfaßt, nämlich die Wanderung des Nullpunktes, neuerdings auch „Drift“ genannt. Sie wird durch unvermeidbare Störungen des thermischen Gleichgewichts im Wägeraum (s. Abschnitt 3.2, letzter Absatz) hervorgerufen und muß besonders berücksichtigt werden. Es empfiehlt sich, nach etwa 20 Wägungen eine neue Nullpunktbestimmung zu machen und die bis dahin ausgeführten Wägungen anteilmäßig mit der festgestellten Abweichung zu korrigieren.

4.3.2. Anstelle der Bestimmung der Standardabweichung kann bei der am Gebrauchsort befindlichen Waage die Prüfung der Veränderlichkeit (früher Unveränderlichkeit genannt) treten. Hierbei wird folgendermaßen verfahren :

- a) Bei den Waagen der *Hauptgattung 110* wird der Ausschlag der unbelasteten, horizontal ausgerichteten Waage auf die Ruhelage R_0 (Nullmarke oder weniger als einen Teilabschnitt davon abweichend) justiert (s. a. Abschnitt 1.15). Dann werden Last- und Gewichtschale mit Gewichtstücken oder Taramaterial etwa im Betrag der Höchstlast (s. Abschnitt 4.3.3) besetzt, und die entsprechende Ruhelage R_m wird festgestellt (Tafel 7.4 Nr. 2 und

Abschnitt 1.15). Die Waage wird entlastet und die nächste Ruhelage R_0 bestimmt und so fort, bis 6 Ruhelagen R_0 und 5 Ruhelagen R_m bestimmt sind. Aus je zwei Werten von R_0 wird das Mittel \bar{R}_0 gebildet und von dem dazwischenliegenden Werten R_m abgezogen; aus den Differenzen wird das Mittel M gebildet. Die 5 Differenzwerte dürfen von dem Mittelwert M um nicht mehr als den Kleinstwert des zulässigen Fehlers für die Richtigkeit der Waage (s. Abschnitt 4.4.1), der in Teilabschnitte umzurechnen ist, abweichen.

- b) Bei den Waagen der *Hauptgattung 120* wird die Anzeige der unbelasteten, horizontal ausgerichteten Waage genau auf die Nullmarke justiert und die Lastschale der arretierten Waage mit einer konstanten Masse (s. Abschnitt 4.3.3) etwa im Betrage der Höchstlast besetzt. Bei den zweischaligen Waagen dieser Hauptgattung wird diese Belastung durch Gewichtstücke oder Taramaterial (s. Abschnitt 4.3.3) auf der Gewichtschale, bei den einschaligen Waagen durch Einstellen der Schaltgewichtseinrichtung auf eine Anzeige nahe Null gebracht. Diese Abweichung von Null wird in Milligramm notiert (Tafel 7.5, Seite 64). Die Waage wird arretiert, entlastet und ihre Anzeige (falls nötig) wieder auf die Nullmarke justiert. Dann wird die o.a. Belastung wieder aufgebracht, der neue Wert der Abweichung von Null vermerkt und so fort bis zum fünften Wert dieser Abweichung von Null für die belastete Waage. Die fünf Abweichungen werden addiert und gemittelt; es ergibt sich der Wert M . Keiner der fünf Werte darf von diesem Mittelwert um mehr als den Kleinstwert des zulässigen Fehlers für die Richtigkeit der Waage (Abschnitt 4.4) abweichen.

4.3.3. Bei der Bestimmung der Standardabweichung oder der Veränderlichkeit kommt es in erster Linie auf die Konstanz der Masse der Prüfbelastung für die Zeitdauer der Wägungen an. Ihre Größe im Vergleich zur Höchstlast der Waage ist von geringerer Bedeutung, sie kann bis zu 2 % von dieser abweichen.

Das gleiche gilt an und für sich auch für die Tara, welche bei den zweischaligen Waagen die konstante Prüfbelastung aufwiegen soll. Hier dürfte es allerdings am einfachsten sein, zwei Gebrauchsnormale (s. Abschnitt 5) gleicher Masse als Prüflast und Tara zu verwenden.

Bei den einschaligen Waagen, die mit einer Schaltgewichtseinrichtung versehen sind, muß man anders verfahren. Diese Einrichtung umfaßt meist nicht den vollen Betrag der Höchstlast, sondern beansprucht zur Erreichung der

oberen Grenze des Wägebereichs zusätzlich den vollen Umfang des Neigungsbereichs. Da nun dieser gesondert geprüft wird (s. Abschnitt 4.4.3), darf die Prüfbelastung nur der Gesamtmasse der Schaltgewichte gemäß der folgenden Tabelle 4.3.3 entsprechen.

Tabelle 4.3.3. Prüfbelastungen bei einschaligen Waagen

| Umfang der Schaltgewichtseinrichtung | | Prüfbelastung |
|--------------------------------------|---|---------------|
| 999 | g | 999 g |
| 399 | g | 399 g |
| 199,99 | g | 199 g |
| 199,9 | g | 199 g |
| 199 | g | 199 g |
| 159,9 | g | 159 g |
| 159 | g | 159 g |
| 99,9 | g | 99 g |
| 99 | g | 99 g |
| 79,9 | g | 79 g |

Es wäre hier nicht zweckmäßig, die Prüflast aus Gebrauchsnormen für Feinwaagen zusammenzustellen. Das Aufsetzen und Abnehmen der notwendigen Anzahl von Gewichtstücken (ungünstigsten Falles 9 Stück!) kostet Zeit, vermehrt die Gelegenheit zu individuellen Fehlern und beansprucht unnützlich die Normale, da ein genauer Wert der Belastung nicht interessiert (s. erster Absatz). Man nimmt zur Belastung eine kleine Glasflasche oder ein Wägegläschen, welche man mit feinem Bleischrot (Tarierschrot) füllt. Man kann auch ein gewöhnliches Handelsgewicht aus Messing herrichten, dessen Masse durch Ausbohren oder Abfeilen auf den erforderlichen Tabellenwert verkleinert wird.

4.4. Richtigkeit der Anzeige

Die Art des Vorgehens bei der Prüfung der Richtigkeit der Anzeige hängt von der Bauart der Waage ab.

Bei den Gattungen 111 und 121 muß aus den in Abschnitt 4.4.1 genannten Gründen der Hebelfehler Δ_H (Abschnitte 1.16, 1.17 und 1.18) bestimmt werden.

Bei den Gattungen 113 und 123 ist dieser Fehler von geringerer Bedeutung oder ganz gegenstandslos, wenn nämlich nur *eine* Schale vorhanden ist. Hier ist die Richtigkeit der Schaltgewichtseinrichtung von Bedeutung, deren Wir-

kung für das Aufwägen der Masse des Wägegutes bestimmend ist. Außerdem muß bei den Gattungen 121 und 123 noch der Neigungsbereich geprüft werden, der fehlerhafte Teilung haben könnte (s. Abschnitt 1.26) oder dessen Anzeige durch Anwachsen des relativen Fehlers in diesem Bereich über das erlaubte Maß hinaus unrichtig wird.

4.4.1. Richtigkeit der Hebelarme

Das Ergebnis einer Wägung, die mit einer gleicharmigen Waage ausgeführt wird, soll unabhängig davon sein, ob sich in der rechten Schale das Wägegut, in der linken die Gewichtstücke befinden oder ob die Schalen im entgegengesetzten Sinne belastet werden. Das setzt vor allen Dingen voraus, daß der linke und der rechte Arm des Balkens genau gleich lang sind; die Richtigkeit der Hebelarme ist also identisch mit ihrer Gleichheit. Diese Gleichheit ist weder bei der Herstellung zu erzielen noch bei der Benutzung einzuhalten, es bleibt ein Fehler übrig, den es zu bestimmen gilt.

Eine direkte Bestimmung der Länge der Hebelarme durch Ausmessen des Abstandes der beiden Endschnitten von der Mittelschneide ist wenig praktisch. Nehmen wir jedoch einmal an, eine solche Messung sei ausgeführt worden und habe ergeben, daß der Lasthebel um 0,01 mm länger sei als der 70,00 mm lange Gewichtshebel. Eine Masse $M = 155,643$ Gramm würde dadurch um volle 22 Milligramm zu leicht¹⁾ bestimmt werden, ein viel zu großer Fehler für eine Feinwaage, die bei einer solchen Belastung eine Fehlergrenze von ± 1 Milligramm einhalten muß und auch kann. Die Balkenarme dürfen sich also höchstens um 0,0005 Millimeter voneinander unterscheiden, gute Waagen erreichen 10^{-6} Millimeter! Diese geringen Längendifferenzen können nur durch ihren interessierenden Effekt, d. h. durch Wägung, ermittelt werden, wobei zu unterscheiden ist, ob man sich nur überzeugen will, daß die Fehlergrenze eingehalten wird, oder ob darüber hinaus die Differenz der Hebelarme zahlenmäßig festgestellt werden soll.

Einhaltung der Fehlergrenze

Die Ruhelage der unbelasteten Waage wird auf die Nullmarke justiert, dann wird die Waage beiderseits mit Gebrauchsnormalen für Feinwaagen (Abschnitt 5)

¹⁾ Die Rechnung zeigt:

$$155,643 \text{ Gramm} \cdot 70,00 \text{ Millimeter} = M \text{ Gramm} \cdot 70,01 \text{ Millimeter}$$

$$M = 155,643 \cdot 0,9998 = 155,621 \text{ Gramm}$$

$$\text{Wägefehler: } (155,621 - 155,643) \text{ Gramm} = -0,022 \text{ Gramm}$$

im Betrage der Höchstlast belastet und die Ruhelage R_1 (Anzeige x_1) ermittelt. Die beiden Normale werden untereinander ausgetauscht und die Ruhelage R_2 (Anzeige x_2) bestimmt. Der Mittelwert aus den beiden Ruhelagen (Anzeigen)²⁾ in Skalenteilen (Milligramm) ausgedrückt, darf die Fehlergrenze für die Höchstlast nicht überschreiten.

Differenz der Hebelarme

Die Ruhelage der unbelasteten Waage wird auf die Nullmarke justiert, dann wird die Waage beiderseits mit Gebrauchsnormalen für Feinwaagen (Abschnitt 5) im Betrage der Höchstlast belastet und die Ruhelage R_1 (Anzeige x_1) ermittelt. Die beiden Normale werden untereinander ausgetauscht und die Ruhelage R_2 (Anzeige x_2) bestimmt. Das Hebelverhältnis wird dann:

$$\frac{\text{Lasthebel } l}{\text{Gewichtshebel } l'} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = \sqrt{1 + \frac{\delta}{m_2}} \approx 1 + \frac{\delta}{2m_2}$$

oder: $l = l' + \frac{l' \cdot \delta}{2m_2}$

wobei m_1 und m_2 die Masse je eines Gebrauchsnormals in Milligramm, δ die Differenz der Ruhelagen (Anzeigen) in Milligramm bedeuten. Das Vorzeichen der Differenz δ bestimmt, ob der Gewichtshebel l' länger oder kürzer ist als der Lasthebel l ³⁾.

4.4.2. Richtigkeit der Reitergewichtseinrichtung

Die Reiterskala muß eine Kerbenteilung haben, deren Nullmarke sich über der Mittelschneide befindet; einfache Strichteilungen sind unzulässig. In den meisten Fällen hat die Teilung nach links und rechts je 50 Kerben, deren Abstände voneinander nicht kleiner als 0,5 mm sein dürfen; man prüft dies mit einer Meßlupe.

Die Bezifferung und Bezeichnung der linken und rechten Endkerbe soll der Masse des zur Waage gehörenden Reitergewichts in Milligramm entsprechen. Ob die Einrichtung die Fehlergrenzen (s. u.) einhält, hängt von der Richtigkeit des verwendeten Reitergewichts und von der Richtigkeit der Teilung der Reiterskala ab. Die Bestimmung des Fehlers des Reitergewichts soll hier nicht besprochen werden, sondern in der Prüfregel für Feingewichte; hier wird allein die Prüfung der Reiterskala behandelt.

²⁾ Bei Waagen der Hauptgattung 120 kann Prüfblatt 7.4. Nr. 3 benutzt werden.

³⁾ F. Kohlrusch, *Praktische Physik*, Bd. 1, Nr. 2.1.2.1.8, 22. Auflage Stuttgart 1968

Die Endpunkte der Skale müssen genügend genau über den Endschnitten des Balkens liegen, dies wird folgendermaßen untersucht :

Der Ausschlag der unbelasteten Waage wird auf die Nullmarke oder ihre unmittelbarer Nähe (s. Abschnitt 4.3.1) justiert und die Waage arretiert. Nun setzt man ein Normalgewicht in Form eines Reiters (Masse = Gewichtswert einer Endkerbe) mit der dazu dienenden Einrichtung in die linke Endkerbe der Reiterskale, legt ein massegleiches Tarastück auf die rechte Schale und löst die Waage aus. Aus den Schwingungen wird die Ruhelage R_0 berechnet (Abschnitt 1.15) und notiert (Tafel 7.4 Nr. 4). Die Waage wird arretiert, das Reiter-Normalgewicht abgenommen, auf die Mitte der linken Schale gelegt und die Waage wieder freigegeben. Aus den Schwingungen wird die Ruhelage R_1 berechnet (Abschnitt 1.15). Die Ruhelagen R_0 und R_1 dürfen sich um nicht mehr als den Kleinstwert der Fehlergrenze ($= 0,2 \cdot \text{Höchstlast}$, in Skalenteile umgerechnet) voneinander unterscheiden. Die gleiche Prüfung führt man auch für die rechte Endkerbe aus.

Von den übrigen Kerben prüft man links und rechts die, in denen das zur Waage gehörende Reitergewicht die Wirkung eines 5- (0,5-), 2- (0,2-) und 1- (0,1-) mg Normalgewichts hat. Man verfährt nach folgendem Schema :

- a) Ausschlag der Waage auf Nullmarke oder deren unmittelbare Umgebung (s. Abschnitt 4.3.1) justieren. Reitergewichtsnorm auf die mit „5“ bezifferte Kerbe links (rechts) setzen, Tara ($= 0,5 \cdot \text{Reitermasse}$) auf die rechte (linke) Schale legen, Ruhelage R_1 der Schwingungen berechnen. Reiter abheben, Gebrauchsnorm für Feinwaagen (Masse $= 0,5 \cdot \text{Reitermasse}$) auf die linke (rechte) Schale legen, Ruhelage R_2 der Schwingungen berechnen.
- b) Ausschlag der Waage auf Nullmarke oder deren unmittelbare Umgebung (s. Abschnitt 4.3.1) justieren. Reitergewichtsnorm auf die mit „2“ bezifferte Kerbe links (rechts) setzen. Tara ($= 0,2 \cdot \text{Reitermasse}$) auf die rechte (linke) Schale legen, Ruhelage R_1 der Schwingungen berechnen. Reiter abheben, Gebrauchsnorm für Feinwaagen (Masse $= 0,2 \cdot \text{Reitermasse}$) auf die linke (rechte) Schale legen, Ruhelage R_2 der Schwingungen berechnen.
- c) Ausschlag der Waage auf Nullmarke oder deren unmittelbare Umgebung (s. Abschnitt 4.3.1) justieren. Reitergewichtsnorm auf die mit „1“ bezifferte Kerbe links (rechts) setzen, Tara ($= 0,1 \cdot \text{Reitermasse}$) auf die rechte (linke) Schale legen, Ruhelage R_1 der Schwingungen berechnen.

Reiter abheben, Gebrauchsnorm für Feinwaagen (Masse = $0,1 \cdot$ Reitermasse) auf die linke (rechte) Schale legen, Ruhelage R_2 der Schwingungen berechnen.

Die Differenz der Ruhelagen R_1 und R_2 muß in allen Fällen die Fehlergrenze von $0,2 \cdot$ Höchstlast (in Teilabschnitte umgerechnet) einhalten. In der Nullkerbe (Mittelkerbe) muß das Reitergewicht ohne Wirkung sein. Die Prüfung nach c) kann ggf. entfallen.

4.4.3. Richtigkeit der Schaltgewichtseinrichtung

Bevor mit der Prüfung der Richtigkeit einer Schaltgewichtseinrichtung begonnen werden kann, sind einige Überlegungen allgemeiner Art (die letzten Endes für alle Wägungen mit feinen Waagen gelten) und einige Bemerkungen über die „Fehlerorte“ von Schaltgewichtseinrichtungen notwendig.

4.4.3.1. Es handelt sich zunächst um den Einfluß des *Luftauftriebs*, der nach dem archimedischen Prinzip das Gewicht aller Körper, die sich in atmosphärischer Luft befinden (andere Gase sind hier ohne Interesse), um einen Betrag vermindert, welcher dem Volumen des Körpers und der herrschenden Luftdichte proportional ist, So vermindert sich auch die Schwerewirkung der Normalmassen (der Gewichtstücke), mit denen die Wägungen ausgeführt werden. Dabei bleibt es ganz gleich, ob sie direkt mit einer Pinzette auf die Schale oder mit Hilfe eines Mechanismus aus einem Magazin auf ein die Schale ersetzendes Traggestell gebracht werden.

Unter Voraussetzung einer vollkommenen Waage mit vollkommenen Gewichtstücken kann man folgende Beziehung aufstellen :

$$m_1 - V_{m_1} \cdot \rho_L = m_2 - V_{m_2} \cdot \rho_L \quad (1)$$

wobei m_1 die Masse des Wägegutes,
 V_{m_1} das Volumen des Wägegutes,
 ρ_L die herrschende Luftdichte,
 m_2 die Masse der Gewichtstücke,
 welche das Wägegut aufwiegen,
 V_{m_2} das Volumen dieser Gewichtstücke

bedeuten. Man entwickelt weiter :

$$m_1 = m_2 - V_{m_2} \cdot \rho_L + V_{m_1} \cdot \rho_L \quad (2)$$

oder

$$m_1 = m_2 - \rho_L \cdot (V_{m_2} - V_{m_1}) \quad (3)$$

Das heißt, wenn man die Masse eines Körpers exakt bestimmen will, ist von der Masse der Gewichtstücke, welche den Körper aufwiegen, noch eine Korrekturgröße abzuziehen, welche aus der Luftdichte (in g/cm^3) multipliziert mit der Differenz der Volumina (in cm^3) der Gewichtstücke und des Wägegutes besteht. Die Volumina könnte man auch durch die jeweiligen Verhältnisse Masse/Dichte ersetzen und erhielte dann :

$$m_1 = m_2 - \rho_L \left(\frac{m_2}{\rho_{m_2}} - \frac{m_1}{\rho_{m_1}} \right). \quad (4)$$

Dies ist insofern etwas bequemer, als die mittlere Dichte von Körpern im allgemeinen besser bekannt ist als ihr jeweiliges Volumen.

Das bisher Ausgeführte auf die Prüfung einer Schaltgewichtseinrichtung angewendet heißt, daß die Normalgewichte, die bei der Prüfung an die Stelle des Wägegutes treten, in ihrer Wirkung korrigiert werden müssen, wenn sie aus einem anderen Werkstoff bestehen und damit bei gleicher Masse ein anderes Volumen haben als die in der Waage eingebauten Schaltgewichte.

Diese Schaltgewichte, gegenwärtig meist aus korrosionsfestem unmagnetischem Stahl der Dichte $7,77 \dots 7,90 \text{ g/cm}^3$ bestehend, sind aber schon auf die Wirkung von Gewichtstücken aus Messing ($8,4 \text{ g/cm}^3$), dem bis jetzt meist verwendeten Werkstoff für Feingewichte, abgeglichen :

$$m_{\text{Messing}} - V_{\text{Messing}} \cdot \rho_L = m_{\text{Stahl}} - V_{\text{Stahl}} \cdot \rho_L \quad (5)$$

oder

$$m_{\text{Messing}} = m_{\text{Stahl}} + \rho_L (V_{\text{Messing}} - V_{\text{Stahl}}) \quad (6)$$

$$= m_{\text{Stahl}} + \rho_L \cdot \Delta V \quad (7)$$

Das heißt, man hat die Masse der Stahlstücke um den Betrag $\rho_L \cdot \Delta V$ größer gemacht, um mit ihnen bei der normalen Luftdichte $\rho_L = 0,0012 \text{ g/cm}^3$ die gleiche Wägewirkung zu erzielen wie mit Messingstücken. Bei einem 100-g-Stück macht dies ziemlich genau 1 Milligramm aus, der Betrag ist der Masse proportional. Bei der Prüfung von Waagen, deren Schaltgewichte aus Stahl bestehen, ergibt sich damit die zunächst widersprüchlich erscheinende, aber durchaus richtige Konsequenz :

Der Istwert der aus korrosionsbeständigem unmagnetischem Stahl bestehenden Gebrauchsnormale (Sollmasse – Fehler) wird aus dem Beglaubigungsschein entnommen. Dabei ist zu beachten, daß die dort angegebenen Fehlerwerte auf Vakuum reduziert angegeben sind, die Anzeigen der Waage aber bei einer mittleren Luftdichte von $0,0012 \text{ g/cm}^3$ richtig sein sollen. Von dem aus dem Beglaubigungsschein entnommenen Fehlerwert sind daher bei Prüfung $0,01 \text{ mg}$ für jedes Gramm der Sollmasse abzuziehen.

Normalgewichte aus Messing bedürfen einer solchen Subtraktion nicht, da die Waagen ja auf Gewichte aus diesem Werkstoff abgestimmt sind. Es ist jedoch vielleicht hier am Platze, ausdrücklich darauf hinzuweisen, daß diese Abstimmung streng genommen nur für die Luftdichte $0,0012 \text{ g/cm}^3$ gilt, daß also bei der Prüfung und beim Gebrauch von dieser Größe mehr als $\pm 10 \%$ abweichende Werte vermieden werden müssen.

4.4.3.2. Alle Schaltgewichtseinrichtungen können zwei systematische Fehler haben. Das sind die *Abweichung* von ihrer *Sollmasse* und die *Abweichung* des die Gewichtstücke aufnehmenden Querstücks von der senkrechten *Lage* über der Endschneide. Beides führt zu fehlerhaften Anzeigen und beides wird durch Prüfung der Anzeige auf Abweichung von ihrem Sollwert gemeinsam **untersucht**. Es wäre wenig sinnvoll, die Schaltgewichte aus der Waage zu nehmen und ihre Massefehler einzeln zu prüfen, damit bliebe der Lagefehler des Gewichtsträgers außer Ansatz, den man kaum anders als durch Wägung bestimmen kann (Analogie zum Balkenfehler 4.4.1).

5. Normalgewichte für die Prüfungen

5.1. Qualität der Normale

Normalgewichte zur Prüfung feiner Waagen müssen zumindest so sorgfältig ausgeführt sein, wie die zum Gebrauch für diese Waagen bestimmten analytischen Gewichte oder die in den Waagen befindlichen Schaltgewichte. Als Material sind alle Werkstoffe zulässig, aus denen Feingewichte hergestellt werden dürfen. In neuester Zeit wird besonders korrosionsfester unmagnetischer Stahl (austenitisches Gefüge) bevorzugt. Er verfügt nicht nur über eine ausgezeichnete Polierfähigkeit – eine notwendige Eigenschaft eines Werkstoffs für Normalgewichte – sondern er hat auch den großen Vorzug der Gleichheit von Oberfläche und Körpermasse, da er keines schützenden Metallüberzugs (Nickel, Kadmium, Chrom u. a.) bedarf, der durch seine geringe Schichtdicke stets der Gefahr einer mechanischen Verletzung ausgesetzt ist, welche die Masse des Normals ändert. Der Stahl kann für alle Normale bis herab zu 10 mg verwendet werden, kleinere Stücke werden besser aus Reinaluminium angefertigt.

5.2. Größen

Da die Bestimmung der Richtigkeit gleicharmiger feiner Waagen (s. Abschnitt 4.4.1) zu den normalen Prüfungen gehört, muß ein sogenannter doppelter Gewichtssatz zur Verfügung stehen, in dem sämtliche Größen von 1 mg und mehr nach folgendem Schema jeweils zweifach vorhanden sind :

| | | | |
|--------------------|---------|-------------------|--------------|
| ----- | 2 x 200 | 2 x 100 | } Gramm |
| 2 x 50 | 2 x 20 | 2 x 10 | |
| 2 x 5 | 2 x 2 | 2 x 1 | |
| 2 x 500 | 2 x 200 | 2 x 100 | } Milligramm |
| 2 x 50 | 2 x 20 | 2 x 10 | |
| 2 x 5 | 2 x 2 | 2 x 1 | |
| 2 Reiter zu 10 mg, | | 2 Reiter zu 5 mg. | |

Die Grenze liegt gebräuchlicherweise bei 200 g, da größere Höchstlasten seltener vorkommen. Will man ein übriges tun, so wären noch die Größen 500 g und 1 kg zu empfehlen, die jedoch in einem zweiten Aufbewahrungskasten unterzubringen sind.

5.3. Gestalt, Einrichtung, Bezeichnungen

Die äußere Form der Normale entspricht Feingewichten nach DIN 1924 Blatt 2. Die Knöpfe können eingestaut oder eingeschraubt sein. Die Aufschriften sind auf das notwendigste zu beschränken, es soll nur die Bezifferung (in Gramm oder Milligramm) ohne die Bezeichnung (g oder mg) vorhanden sein. Die zweiten Stücke sollen auf dem Knopf oder auf der oberen Fläche mit einem Stern oder einem Punkt gekennzeichnet werden. Sofern mehrere Normalsätze vorhanden sind, werden alle Stücke eines Satzes auf ihren Standflächen mit einer Kennzahl versehen, welche die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Satz ersichtlich macht.

Der Aufbewahrungskasten für die Normale soll den Anforderungen an einen entsprechenden Kasten für Feingewichte genügen. Auf seinem Deckel soll ein Schild mit der Aufschrift „Gebrauchsnormale für Feinwaagen“ angebracht sein. Auf diesem Schild soll auch die Kennzahl des Gewichtsatzes und nach Wunsch weitere, den Satz charakterisierende Angaben (Inventarnummer u. a.) zu finden sein.

5.4. Justierfehlergrenze und Fehlerangaben

Bei der Herstellung der Normale sollen folgende Justierfehlergrenzen eingehalten werden :

| | |
|----------------|------------------|
| 1 kg ± 5 mg | 500 mg ± 0,05 mg |
| 500 g ± 2,5 mg | 200 mg ± 0,05 mg |
| 200 g ± 1 mg | 100 mg ± 0,05 mg |
| 100 g ± 1 mg | 50 mg ± 0,05 mg |
| 50 g ± 0,5 mg | 20 mg ± 0,05 mg |
| 20 g ± 0,5 mg | 10 mg ± 0,05 mg |
| 10 g ± 0,5 mg | 5 mg ± 0,05 mg |
| 5 g ± 0,1 mg | 2 mg ± 0,05 mg |
| 2 g ± 0,1 mg | 1 mg ± 0,05 mg |
| 1 g ± 0,1 mg | |

Die genauen Massewerte der Normale sind durch Vergleich mit Kontrollnormalen für Feingewichte (siehe Prüfregele „Feingewichte“¹⁾) festzustellen und für jeden Normalsatz in einem Verzeichnis festzuhalten (s. Tafel 7.6).

¹⁾ in Vorbereitung

Besteht der Satz aus korrosionsbeständigem unmagnetischen Stahl, so ist zu beachten, daß die in den Beglaubigungsscheinen der PTB (s. Tafeln 7.6 und 7.7) angegebenen Massewerte auf Vakuum reduziert angegeben sind. Da die Anzeigen der Waagen aber bei einer mittleren Luftdichte von $0,0012 \text{ g/cm}^3$ richtig sein sollen, ist von dem im Prüfungsschein angegebenen Fehlerwert jeweils $0,01 \text{ mg}$ für jedes Gramm des Massewertes abzuziehen (s. a. Abschnitt 4.4.3.1).

5.5. Handhabung und Pflege

Es ist selbstverständlich, daß die Normale niemals mit bloßen Fingern angefaßt werden dürfen, der Handschweiß zerstört die bestpolierte Oberfläche! Die kleineren Stücke faßt man mit einer Pinzette, deren Spitzen aus Elfenbein oder einem Kunststoff ähnlicher mechanischer und chemischer Neutralität bestehen. Bei geschickter Handhabung dürfen Stücke von 10 mg und darunter auch mit einer guten und spitzen Mechanikerpinzette aufgenommen werden. Sie ist für das einwandfreie Arbeiten mit diesen kleinen Stücken immer noch besser als eine schlechtschließende Pinzette der ersterwähnten Art.

Die Normale bis 50 g werden gebräuchlicherweise auch mit einer Pinzette aufgenommen, für größere Stücke ist dem Gewichtsatz meist eine kleine Holzgabel beigegeben, mit deren Zinken man unter die Knöpfe der Normale faßt. Das Absetzen der Gewichtstücke auf die Waagschale soll um so vorsichtiger geschehen, je größer sie sind. Bei den kleinen Stücken bis 10 mg kann es bei der Empfindlichkeits- oder Skalenwertbestimmung (Abschnitt 4.2) mitunter nötig sein, sie aus der Pinzette in geringer Höhe ($10 \dots 20 \text{ mm}$) auf die Schale der entarretierten Waage fallen zu lassen.

Werden die Normale häufiger an einer Stelle gebraucht, etwa in einem Waagenraum, so ist zu empfehlen, sie nicht jedesmal in den Aufbewahrungskasten zurückzusetzen, sondern sie unter einer Glasglocke auf einer mit einer Polyäthylenfolie bedeckten Metallplatte aufzustellen. An der Glasglocke oder an der Metallplatte oder an beiden werden die gleichen Inschriften aufgebracht, wie an dem entsprechenden Aufbewahrungskasten.

Vor jedem Gebrauch sollen die Normale mit einem weichen Pinsel abgestaubt werden, die Reinigung mit einem Tuch oder Leder ist nur in größeren Abständen – etwa vor einer neuen Bestimmung der Massewerte – vorzunehmen.

6. Eichamtliche Behandlung

Im folgenden sollen noch die Punkte genannt werden, welche bei der eichamtlichen Behandlung der Feinwaagen zu beachten sind. Eine vollständige Wieder-
gabe der §§ 691 bis 700 der EO ist hier nicht am Platze, da die Einhaltung die-
ser Vorschriften bei der Zulassungsprüfung der Bauart untersucht wird. Für
die Eichung ist jedoch nachstehendes wichtig:

6.1. Ort der Eichung

Eine Feinwaage kann beim Hersteller oder am Ort ihrer Aufstellung geeicht
werden, wobei die Neueichung im Herstellerwerk vorzuziehen ist. Fehler der
technischen Ausführung sind hier um ein mehrfaches leichter zu beheben als
am Gebrauchsort der Waage, wo (z. B. für den Ausgleich von Balkenfehlern)
nicht das geeignete Werkzeug zur Verfügung steht. Die Ersteichung im Werk
ist vor allem für die Bauarten gedacht, bei denen der Balken für den Versand
der Waage nicht entfernt zu werden braucht, was wohl bei allen modernen
Bauarten zutrifft. Bei den Waagen der Hauptgattung 110 wird im allgemei-
nen der Balken besonders verpackt, so daß die Waage am Gebrauchsort erst
sachgemäß zusammengebaut werden muß, was aber anhand der von den Fir-
men mitgelieferten Anweisungen soweit einwandfrei geschehen kann, daß
wenigstens die Verkehrsfehlergrenzen eingehalten werden.

Die Nacheichung einer Feinwaage soll stets am Gebrauchsort vorgenommen
werden. Nur bei größeren Reparaturen, die vom Hersteller oder einem ande-
ren Fachkundigen ausgeführt worden sind, ist eine verschärfte Nacheichung
im Reparaturwerk am Platze. Auf jeden Fall ist vor der Prüfung der Waage
im Eichamt zu warnen, falls der Antragsteller etwa gewillt ist, den Waagebal-
ken *eigenhändig* abzunehmen, um die Waage ins Eichamt zu transportieren
und sie dort wieder zusammenbauen, sie dann eichen zu lassen, wieder aus-
einanderzunehmen und zum Schluß bei sich aufzustellen. Eine solche Waage
hält mit Sicherheit die Verkehrsfehlergrenzen nicht mehr ein. Die Verpak-
kung einer feinen Waage erfordert sehr viel Sachkenntnis und kann vollkom-
men einwandfrei nur vom Hersteller vorgenommen werden.

6.2. Bezeichnungen

Das im § 698 der EO vorgeschriebene Schild ist daraufhin zu prüfen, ob die
Angaben der Bauart der Waage entsprechen.

Bei Waagen der Hauptgattung 110 müssen die Angaben nach EO § 698 Nr. 1 Abs. 1 a, b, e, f, g und h vorhanden sein, Buchstabe c nur bei Ausrüstung der Waage mit einer Reitergewichtseinrichtung.

Bei den Waagen der Hauptgattung 120 müssen die Angaben nach EO § 698 Nr. 1 Abs. 1 a, b, d, e, f, g und h vorhanden sein. Bei beiden Hauptgattungen ist den Herstellern freigestellt, den Wägebereich unter Weglassung der in Klammern stehenden Begriffe (Mindestlast) und (Höchstlast) folgendermaßen zu benennen :

„Wägebereich mg bis g“.

Die international festgelegte Benennung

„Min mg, Max g“

ist ebenfalls zulässig.

Die unter Buchstabe d) verlangte Angabe der Dichte des Werkstoffs der Schaltgewichte kann entweder in der Form (z. B.)

„Schaltgewichte: korrosionsfester unmagnetischer Stahl der Dichte 7,88 g/cm³“
oder „Dichte der Schaltgewichte 7,88 g/cm³“ geschehen.

6.3. Fehlergrenzen (Vgl. Anhang Abschnitt 7.8)

Bei der Neueichung und bei der verschärften Nacheichung ist zunächst der Kleinstwert der Fehlergrenze nach EO § 699 Ziff. I Nr. 1 Abs. 2 und 3 zu errechnen. Für Höchstlasten von 100 und 200 Gramm beträgt er 0,2 mg bei den Waagen der Hauptgattung 110 und 0,5 mg bei den Waagen der Hauptgattung 120.

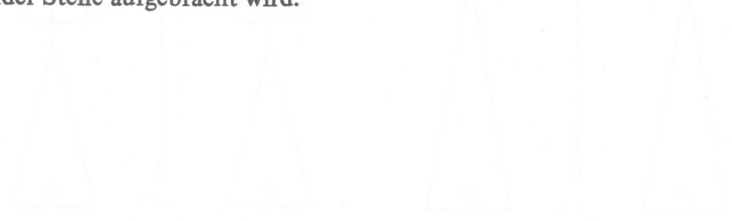
Der Kleinstwert darf von der Streuung (s. Abschnitt 4.3.1) oder der Veränderlichkeit (s. Abschnitt 4.3.2) nicht überschritten werden. Alles übrige siehe Tafeln 7.2 bis 7.5.

6.4. Stempelung

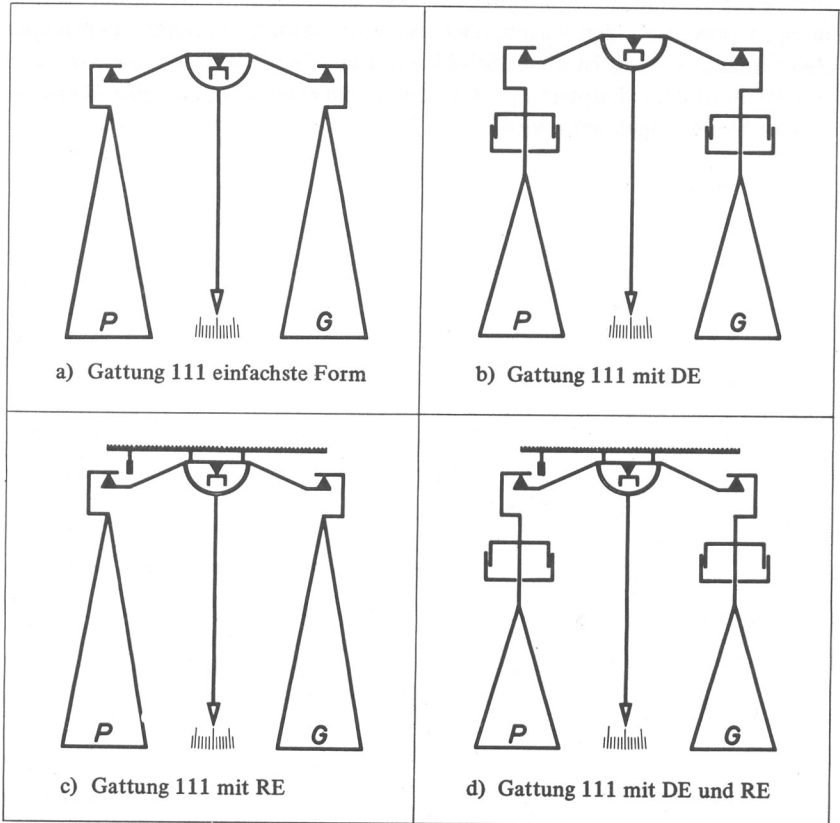
Der Hauptstempel nach EO § 20 Nr. 2 Abs. 1 Buchstabe d wird in Form einer Schiebemarke so auf dem Schild (§698 Nr. 1 Abs. 1) aufgebracht, daß es gegen Abnahme gesichert ist. Dazu muß er wenigstens zwei der Befestigungsschrauben oder eine Befestigungsschraube und eine zusätzliche Sicherungsschraube überdecken. Ist das Schild aufgeklebt, so genügt es, die Schiebemarke auf die dafür vorgesehene Stelle aufzubringen.

6.5. Übergangsvorschriften

Waagen, die nach § 700* der EO geeicht werden können, müssen die Fehlergrenze für die Nacheichung einhalten. Das Schild braucht nur die Bezeichnung „Feinwaage“, den Wägebereich und eine Gattungsnummer zu enthalten. Zweckmäßiger Weise ist dieses Schild selbst eine Schiebemarke, die, vom Eichbeamten mit dem Hauptstempel (Abschnitt 6.4) versehen, an passend erscheinender Stelle aufgebracht wird.



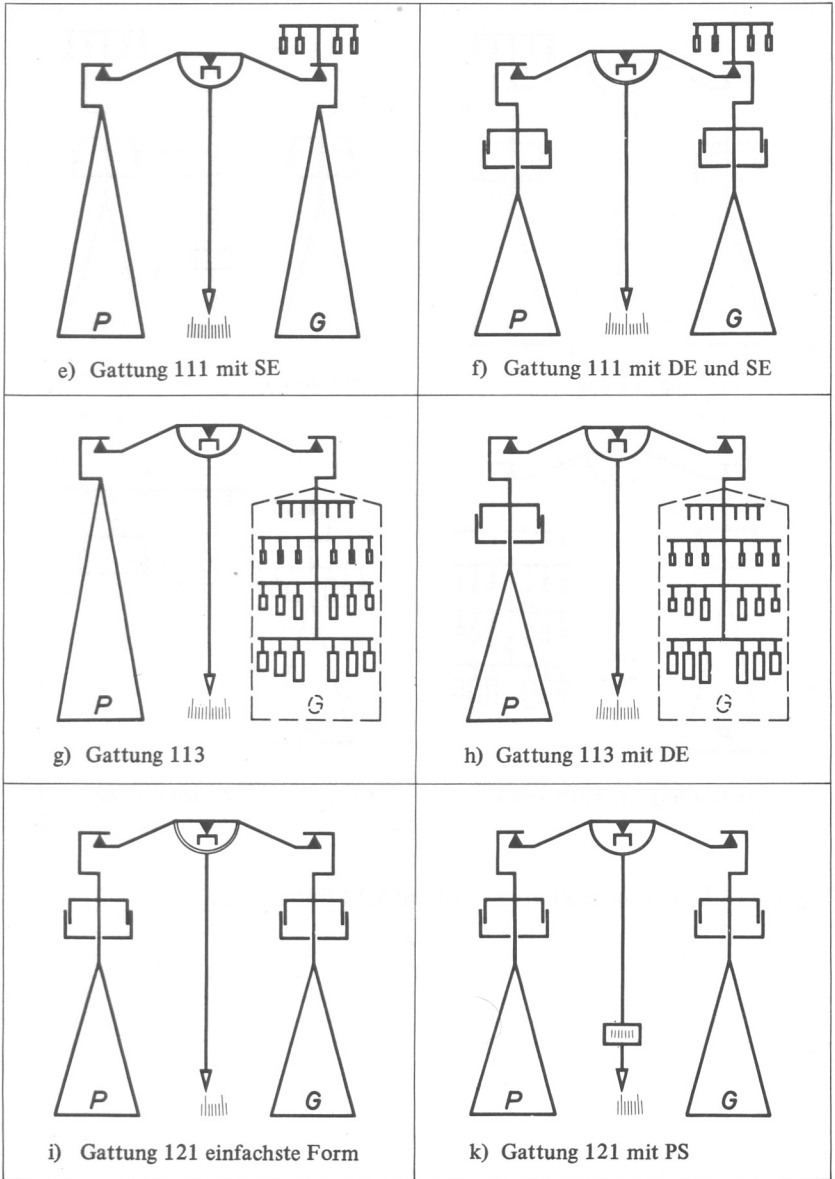
7. Anhang



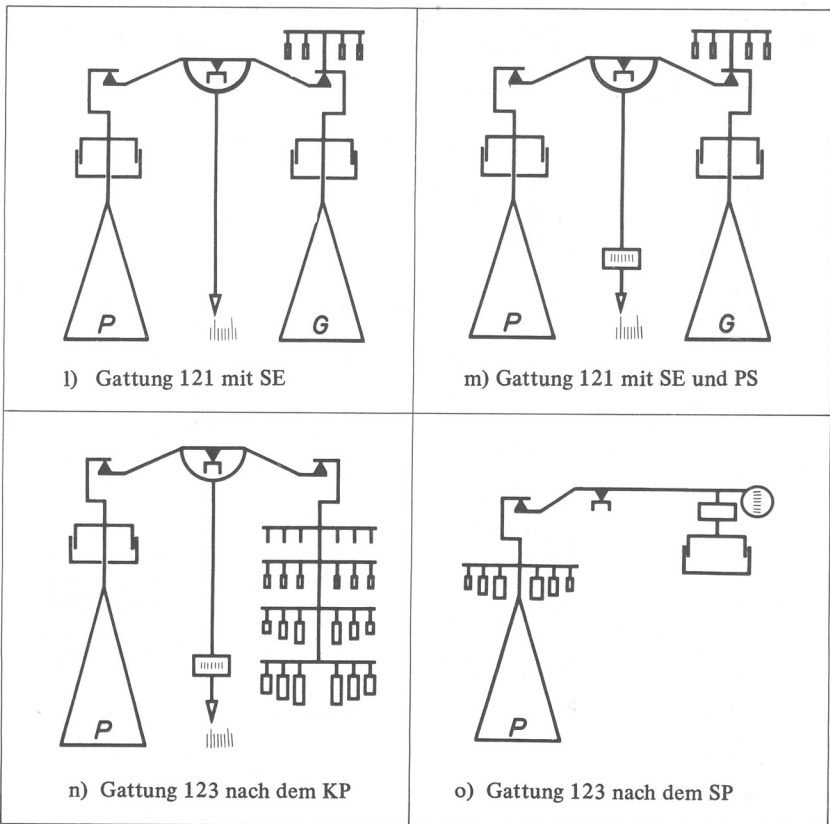
Fafel 7.1. Eichfähige Bauarten (schematisch)

In den Bildunterschriften bedeuten:

- DE Dämpfungseinrichtung für den Balken
- RE Reitergewichtseinrichtung
- SE Schaltgewichtseinrichtung bis 0,1 Höchstlast
- PS Projektionseinrichtung für die Skale
- KP Kompensationsprinzip
- SP Substitutionsprinzip



Tafel 7.1. Eichfähige Bauarten (schematisch) Fortsetzung



Tafel 7.1. Eichfähige Bauarten (schematisch) Fortsetzung

Schildangaben: Feinwaage

Fabrik-Nr.

Höchstlast:

kg,g

Hersteller:

Baujahr:

Mindestlast:

g,mg

Herstellerkennzeichen:

Typenbezeichnung:

1 Bestimmung der Streuung der Anzeige Raumtemperatur °C

| Art u. Größe der Belastung | Belastung | Umkehrpunkte in TA | | | Ruhelage in TA | | Mittel \bar{R}_0 in TA | $x_i = R_m - \bar{R}_0$ in TA | Mittel \bar{x} aller x_i in TA | Differenzen $\Delta = x_i - \bar{x}$ in TA |
|--|-----------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--|
| | | U ₁ | U ₂ | U ₃ | R ₀ | R _m | | | | |
| Beiderseits m = g,kg Gebrauchsnormale für Feinwaagen | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | $\Sigma x_i =$ | :21 = | = \bar{x} | |

Tafel 7.2. Bestimmung der Streuung der Anzeige (Hauptgattung 110)

2 Bestimmung der Streuung (Berechnung)

Δ^2

Bestimmung der Empfindlichkeit zur Umrechnung der Streuung in Teilabschnitten in die Streuung in Milligramm

| Bela- stung | Umkehrpunkte in TA | | | Ruhelage in TA | | Mittelwert in TA | | Ausschlag $\bar{R}_m - \bar{R}_{m+Z}$ in TA |
|----------------|-----------------------|-------|-------|-------------------|-----------|---------------------|-----------------|---|
| | U_1 | U_2 | U_3 | R_m | R_{m-Z} | \bar{R}_m | \bar{R}_{m-Z} | |
| m | | | | | | | | für Z= mg |
| m+Z | | | | | | | | |
| m+Z | | | | | | | | |
| m | | | | | | | | |

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n - 1}} = \pm \sqrt{\frac{0,}{20}} = \pm \sqrt{0,}$$

$s = \pm$, Teilabschnitte

$$s = \pm \left(, \frac{Z}{R_m - R_{m+Z}} \right) \text{ mg}$$

$s = \pm$ mg
=====

$$= \sum \Delta^2$$

Prüfung einer Feinwaage der Hauptgattung 120

Schildangaben: Feinwaage Fabrik-Nr. Höchstlast: kg,g
 Hersteller: Baujahr: Mindestlast: g,mg
 Herstellerkennzeichen: Typenbezeichnung:

| | | Bestimmung der Streuung der Anzeige | | | | Raumtemperatur °C |
|--|--------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------|---|
| Art u. Größe der Belastung | Anzeigen | | Mittel | Differenzen | Δ^2 | Streuung s |
| | x_1 | | \bar{x} | $\Delta = x_1 - \bar{x}$ | | |
| | g | mg | mg | mg | mg | |
| Gebrauchsnormale für Feinwaagen m = Höchstlast - Neigungsbereich oder 0,5 Höchstlast oder Mindestlast | 0 | 0 | | | | $s = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n-1}}$ $= \pm \sqrt{\frac{0,}{20}}$ $= \pm \sqrt{0,}$ $= \pm \text{mg}$ ===== |
| | m | 0 | | | | |
| | 0 | 0 | | | | |
| | m | 0 | | | | |
| | 0 | 0 | | | | |
| | m | 0 | | | | |
| | 0 | 0 | | | | |
| | m | 0 | | | | |
| | 0 | 0 | | | | |
| | m | 0 | | | | |
| | 0 | 0 | | | | |
| | m | 0 | | | | |
| | 0 | 0 | | | | |
| | m | 0 | | | | |
| | 0 | 0 | | | | |
| | m | 0 | | | | |
| | 0 | 0 | | | | |
| | m | 0 | | | | |
| | 0 | 0 | | | | |
| | m | 0 | | | | |
| | $\sum x_1 =$ | | $:21 = \bar{x}$ | | $\sum \Delta^2 =$ | |

Tafel 7.3. Bestimmung der Streuung der Anzeige (Hauptgattung 120)

Prüfung einer Feinwaage
der Hauptgattung 110

Eichamt: Eichrechnung: Prüfer: Datum:
 Besitzer: Aufstellungsort:
Schildangaben: Feinwaage Fabrik-Nr. Höchstlast: kg, g
 Hersteller: Baujahr: Mindestlast: g, mg
 Herstellerkennzeichen: Reitergewicht: mg
 Typenbezeichnung: **2**

Fehlergrenzen: $F_{max} =$ mg $\hat{=}$ TA 1 TA (Teilabschnitt) ist oder
 $F_{min} =$ mg $\hat{=}$ TA erscheint mm lang

1 Prüfung der Empfindlichkeit Stelleinrichtung (Laufgewicht am Zeiger, Rändelmutter auf Stiftschraube) in tiefster Lage

| Art u. Größe der Belastung | Belastung | Umkehrpunkte in TA | | | Ruhelage in TA | | Mittelwert in TA | | Ausschlag für Z= in TA | | mindestens aber mm |
|---|-----------|--------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------------|-------|--------------------|
| | | U ₁ | U ₂ | U ₃ | R _m | R _{m+Z} | R _m | R _{m+Z} | R _m -R _{m+Z} | in mm | |
| beiderseits m = g Zulage Z = mg | m | | | | | | | | | | |
| | m+Z | | | | | | | | | | |
| | m | | | | | | | | | | |
| beiderseits m = mg Zulage Z = mg | m | | | | | | | | | | |
| | m+Z | | | | | | | | | | |
| | m | | | | | | | | | | |

2 Prüfung der Veränderlichkeit Raumtemperatur °C

| Art u. Größe der Belastung | Belastung | Umkehrpunkte in TA | | | Ruhelage in TA | | Mittel R ₀ in TA | Differenz D = R _m - R ₀ in TA | Mittel M aller D in TA | Abweichung der D von M in TA | in TA |
|---|-----------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|---|------------------------|------------------------------|-------|
| | | U ₁ | U ₂ | U ₃ | R ₀ | R _m | | | | | |
| Beiderseits m = g Gebrauchsnormale für Feinwaagen | 0 | | | | | | | | | | |
| | 0,1 | | | | | | | | | | |
| | 0,2 | | | | | | | | | | |
| | 0,3 | | | | | | | | | | |
| | 0,4 | | | | | | | | | | |
| | 0,5 | | | | | | | | | | |
| | 0,6 | | | | | | | | | | |
| | 0,7 | | | | | | | | | | |

Tafel 7.4. Prüfung der Empfindlichkeit und Veränderlichkeit
<https://doi.org/10.7795/510.20200716C>

| 3 | Prüfung der Richtigkeit | | | | | Raumtemperatur | | °C | |
|---|---|--|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------------|
| Art u. Größe der Belastung | Arbeits- und Belastungsfolge | | Umkehrpunkte in TA | | | Ruhelage in TA | | $\frac{R_1 - R_2}{2}$ | Zulässig dafür höchstens TA |
| | | | U ₁ | U ₂ | U ₃ | R ₁ | R ₂ | in TA | |
| 0 | Justierung Ruhelage = Nullage | | | | | | | | |
| beiderseits m ₁ = m ₂ = ε | Belastung links rechts m ₁ m ₂ | | | | | | | | |
| | Belastung links rechts m ₂ m ₁ | | | | | | | | |

| 4 | Prüfung der Reitergewichtseinrichtung | | | | | Raumtemperatur | | °C | |
|---|---------------------------------------|--------------|--|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------|
| Art u. Größe der Belastung | Ort, Art und Folge der Belastungen | | | Umkehrpunkte in TA | | | Ruhelage in TA | | Fehler in TA |
| | | | | U ₁ | U ₂ | U ₃ | R ₀ | R ₁ | R ₁ - R ₀ |
| 1) 10-mg-Reiter der Waage 2) 10-5-1-mg-Gebrauchsnormale 3) 10-5-1-mg-Taragewichte für Feinwaagen | Kerbe 10 links | 10-mg-Reiter | | | | | | | |
| | Schale rechts | 10-mg-Tara | | | | | | | |
| | Schale links | 10-mg-Normal | | | | | | | |
| | Schale rechts | 10-mg-Tara | | | | | | | |
| | Kerbe 5 links | 10-mg-Reiter | | | | | | | |
| | Schale rechts | 5-mg-Tara | | | | | | | |
| | Schale links | 5-mg-Normal | | | | | | | |
| | Schale rechts | 5-mg-Tara | | | | | | | |
| | Kerbe 1 links | 10-mg-Reiter | | | | | | | |
| | Schale rechts | 1-mg-Tara | | | | | | | |
| | Schale links | 1-mg-Normal | | | | | | | |
| | Schale rechts | 1-mg-Tara | | | | | | | |
| | Kerbe 1 rechts | 10-mg-Reiter | | | | | | | |
| | Schale links | 1-mg-Tara | | | | | | | |
| | Schale rechts | 1-mg-Normal | | | | | | | |
| Schale links | 1-mg-Tara | | | | | | | | |
| Kerbe 5 rechts | 10-mg-Reiter | | | | | | | | |
| Schale links | 5-mg-Tara | | | | | | | | |
| Schale rechts | 5-mg-Normal | | | | | | | | |
| Schale links | 5-mg-Tara | | | | | | | | |
| Kerbe 10 rechts | 10-mg-Reiter | | | | | | | | |
| Schale links | 10-mg-Tara | | | | | | | | |
| Schale rechts | 10-mg-Normal | | | | | | | | |
| Schale links | 10-mg-Tara | | | | | | | | |

Zulässiger Fehler in TA:

Tafel 7.4. Fortsetzung und Schluß

Prüfung einer Feinwaage
der Hauptgattung 120

| | | | |
|------------------------|------------------|--------------|------------------|
| Eichamt: | Eichrechnung: | Prüfer: | Datum: |
| Besitzer: | Aufstellungsort: | | |
| <u>Schildangaben:</u> | Feinwaage | Baujahr: | Höchstlast: kg,g |
| Hersteller: | Fabrik-Nr. | Mindestlast: | g,mg |
| Herstellerkennzeichen: | Feinstellung: | | mg |
| Typenbezeichnung: | 2 | | |

Fehlergrenzen: $F_{max} =$ mg TA (Teilabschnitt) ist oder
 $F_{min} =$ mg erscheint mm lang

1 Prüfung der Veränderlichkeit Raumtemperatur °C

| Art u. Größe der Belastung | Belastung | Anzeige | Summe S aller Anzeigen | Mittel M= S:5 aller Anzeigen | Abweichung jeder Anzeige von M (Zulässig mg) |
|----------------------------------|-----------|---------|------------------------|------------------------------|--|
| | g | mg | mg | mg | mg |
| m = Höchstlast - Neigungsbereich | 0 | 0,0 | | | |
| | m | | | | |
| | 0 | 0,0 | | | |
| | m | | | | |
| | 0 | 0,0 | | | |
| | m | | | | |
| | 0 | 0,0 | | | |
| | m | | | | |
| | 0 | 0,0 | | | |
| | m | | | | |

2 Prüfung der Richtigkeit Raumtemperatur °C

| Belastung (g) | 1000 | 900 | 800 | 700 | 600 | 500 | 400 | 300 | 200 |
|-----------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| Abweichung (mg) | | | | | | | | | |
| Summe (mg) | | | | | | | | | |
| Mittel (mg) | | | | | | | | | |
| Fehlergrenze | 5 mg | 4,5mg | 4 mg | 3,5mg | 3 mg | 2,5mg | 2 mg | 1,5mg | 1 mg |

Tafel 7.5. Prüfung einer Feinwaage der Hauptgattung 120

Prüfung der Richtigkeit (Fortsetzung)

Raumtemperatur

°C

| Belastung (g) | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Abweichung (mg) | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Summe (mg) | | | | | | | | | |
| Mittel (mg) | | | | | | | | | |
| Fehlergrenze | | | | | | | | | |
| Belastung (g) | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| Abweichung (mg) | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Summe (mg) | | | | | | | | | |
| Mittel (mg) | | | | | | | | | |
| Fehlergrenze | | | | | | | | | |
| Belastung (g) | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 |
| Abweichung (mg) | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Summe (mg) | | | | | | | | | |
| Mittel (mg) | | | | | | | | | |
| Fehlergrenze | | | | | | | | | |

Tafel 7.5. Fortsetzung


<https://doi.org/10.7795/510.20200716C>

| <u>Prüfung der Richtigkeit (Fortsetzung)</u> | | | | | | | | | Raumtemperatur | °C |
|--|-----|----|----|----|----|----|----|----|----------------|----|
| Belastung (mg) | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | |
| Abweichung (mg) | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Summe (mg) | | | | | | | | | | |
| Mittel (mg) | | | | | | | | | | |
| Fehlergrenze | | | | | | | | | | |
| Belastung (mg) | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | |
| Abweichung (mg) | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Summe (mg) | | | | | | | | | | |
| Mittel (mg) | | | | | | | | | | |
| Fehlergrenze | | | | | | | | | | |
| Belastung (mg) | 1 | | | | | | | | | |
| Abweichung (mg) | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Summe (mg) | | | | | | | | | | |
| Mittel (mg) | | | | | | | | | | |
| Fehlergrenze | | | | | | | | | | |

Physikalisch-Technische Bundesanstalt



Beglaubigungsschein

Gegenstand: Ein Gewichtsatz von 200 g bis 1 g (Gebrauchsnormale für Feinwaagen)
Herst.-Nr.: keine
Hersteller: entfällt
Antragsteller: Landesamt für das Eichwesen Schleswig-Holstein, Kiel
Gesch.-Nr.: 1721/65 I A/M
Amtliches Zeichen: 13 

Der Gewichtsatz befindet sich in einem Kasten aus poliertem Holz; das Amtliche Zeichen ist auf dem inneren Rande des Kastens aufgebracht.

Der Werkstoff der Gewichte ist nach Angabe des Herstellers korrosionsbeständiger unmagnetischer Stahl.

In der nachstehenden Zahlentafel ist in Spalte 3 die bei der Prüfung gefundene Masse der Gewichte, in Spalte 4 die Unsicherheit der Masseangabe, in Spalte 5 das Volumen der Gewichte angegeben. Das Volumen bei 20 °C wurde unter Annahme der Dichte von 7,85 g/cm³ berechnet.

- 2 -

Beglaubigungsscheine ohne Unterschrift und ohne Dienststempel haben keine Gültigkeit.
Die Beglaubigungsscheine dürfen nur unverändert weiterverbreitet werden.
Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 33 Braunschweig, Bundesallee 100
Fernsprecher: **5921; bei Durchwahl über 592; Fenschreiber: 9-52892 (ptb)

PTB-Formblatt 8 02-1 1947 15363 F1

Tafel 7.6. Beglaubigungsschein für Gebrauchsnormale 200. . . 1 Gramm für Feinwaagen

<https://doi.org/10.7795/510.20200716C>

| Sollwert | Bezeichnung und Merkmale | M a s s e | Unsicherheit bei 20 °C | Volumen cm^3 |
|----------|--------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 200 g | 200 | 200 g + 2,20 mg | | 25,48 cm^3 |
| 200 g | 200 . | 200 g + 2,16 mg | | 25,48 cm^3 |
| 100 g | 100 | 100 g + 1,06 mg | | 12,74 cm^3 |
| 100 g | 100 . | 100 g + 1,07 mg | | 12,74 cm^3 |
| 50 g | 50 | 50 g + 0,53 mg | | 6,37 cm^3 |
| 50 g | 50 . | 50 g + 0,58 mg | $\pm 0,1 \text{ mg}$ | 6,37 cm^3 |
| 20 g | 20 | 20 g + 0,25 mg | | 2,55 cm^3 |
| 20 g | 20 . | 20 g + 0,25 mg | | 2,55 cm^3 |
| 10 g | 10 | 10 g + 0,11 mg | | 1,27 cm^3 |
| 10 g | 10 . | 10 g + 0,10 mg | | 1,27 cm^3 |
| 5 g | 5 | 5 g + 0,05 mg | | 0,637 cm^3 |
| 5 g | 5 . | 5 g + 0,05 mg | | 0,637 cm^3 |
| 2 g | 2 | 2 g + 0,02 mg | | 0,255 cm^3 |
| 2 g | 2 . | 2 g + 0,03 mg | $\pm 0,05 \text{ mg}$ | 0,255 cm^3 |
| 1 g | 1 | 1 g + 0,01 mg | | 0,127 cm^3 |
| 1 g | 1 . | 1 g + 0,01 mg | | 0,127 cm^3 |

Braunschweig,
26. Juli 1965

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
- Abteilung 1 -
Im Auftrage

(Unterschrift)

Physikalisch-Technische Bundesanstalt



Beglaubigungsschein

Gegenstand: Ein Gewichtsatz von 500 mg bis 1 mg (Gebrauchsnormale für Feinwaagen)
Herst.-Nr.: keine
Hersteller: entfällt
Antragsteller: Landesamt für das Eichwesen Schleswig-Holstein, Kiel
Gesch.-Nr.: 1721/65 I A/M
Amtliches Zeichen: 15 ☆ ☆

Der Gewichtsatz befindet sich in einem Kasten aus Preßstoff; das Amtliche Zeichen ist auf dem Boden des Kastens aufgebracht.

Der Werkstoff der Gewichte ist nach Angabe des Herstellers:

- bei den Gewichten von 500 mg bis 10 mg korrosionsbeständiger unmagnetischer Stahl,
- bei den Gewichten von 5 mg bis 1 mg Aluminium.

In der nachstehenden Zahlentafel ist in Spalte 3 die bei der Prüfung gefundene Masse der Gewichte, in Spalte 4 die Unsicherheit der Masseangabe, in Spalte 5 das Volumen der Gewichte angegeben. Das Volumen bei 20 °C wurde unter Annahme der folgenden Dichten berechnet:

- 7,85 g/cm³ für die Gewichte aus korrosionsbeständigem unmagnetischen Stahl,
- 2,65 g/cm³ für die Gewichte aus Aluminium.

- 2 -

Beglaubigungsscheine ohne Unterschrift und ohne Dienststempel haben keine Gültigkeit.
Die Beglaubigungsscheine dürfen nur unverändert weiterverbreitet werden.
Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 33 Braunschweig, Bundesallee 100
Fernsprecher: ** 59 21; bei Durchwahl über 592; Fernschreiber: 9-52 822 (ptb)

| Sollwert | Bezeichnung und Merkmale | M a s s e | Unsicherheit | Volumen bei 20 °C |
|----------|--------------------------------|------------------|--------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 500 mg | Sechseck | 500 mg + 0,01 mg | | 0,064 cm ³ |
| 500 mg | Sechseck . | 500 mg - 0,00 mg | | 0,064 cm ³ |
| 200 mg | Quadrat | 200 mg + 0,00 mg | | 0,025 cm ³ |
| 200 mg | Quadrat . | 200 mg + 0,00 mg | | 0,025 cm ³ |
| 100 mg | Dreieck | 100 mg + 0,00 mg | | 0,013 cm ³ |
| 100 mg | Dreieck . | 100 mg + 0,01 mg | | 0,013 cm ³ |
| 50 mg | Sechseck | 50 mg + 0,00 mg | | 0,006 cm ³ |
| 50 mg | Sechseck . | 50 mg + 0,00 mg | | 0,006 cm ³ |
| 20 mg | Quadrat | 20 mg + 0,00 mg | | 0,002 cm ³ |
| 20 mg | Quadrat . | 20 mg - 0,00 mg | ± 0,01 mg | 0,002 cm ³ |
| 10 mg | Dreieck | 10 mg + 0,00 mg | | 0,001 cm ³ |
| 10 mg | Dreieck . | 10 mg - 0,00 mg | | 0,001 cm ³ |
| 5 mg | Sechseck | 5 mg + 0,01 mg | | 0,002 cm ³ |
| 5 mg | Sechseck . | 5 mg + 0,00 mg | | 0,002 cm ³ |
| 2 mg | Quadrat | 2 mg + 0,00 mg | | 0,001 cm ³ |
| 2 mg | Quadrat . | 2 mg - 0,01 mg | | 0,001 cm ³ |
| 1 mg | Dreieck | 1 mg - 0,01 mg | | 0,000 cm ³ |
| 1 mg | Dreieck . | 1 mg + 0,00 mg | | 0,000 cm ³ |

Braunschweig,
26. Juli 1965

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
- Abteilung 1 -

Im Auftrage

(Unterschrift)

Fehlergrenzen der Feinwaagen nach § 699 der Eichordnung vom 14. April 1965

§ 699 Fehlergrenzen und Wägebereich

I. Eichfehlergrenzen:

1. (1) Die Fehlergrenzen für die Neueichung und für die verschärfte Nacheichung betragen für Belastungen mit

| | | |
|-------------------------|-------|---|
| 100 Gramm oder weniger | 0,01 | Milligramm für jedes Gramm der Belastung |
| 100 Gramm bis 200 Gramm | 1 | Milligramm |
| 200 Gramm oder mehr | 0,005 | Milligramm für jedes Gramm der Belastung, |

jedoch nicht weniger als der Kleinstwert.

(2) Der Kleinstwert beträgt bei Waagen der Hauptgattung 110 ein Fünftel der Fehlergrenzen für die Höchstlast.

(3) Der Kleinstwert beträgt bei Waagen der Hauptgattung 120 die Hälfte des Skalenwerts. Ist ein optisches oder mechanisches Hilfsmittel (§ 694 Nr. 12 Abs. 3) zur Erleichterung der Ablesung vorhanden, so beträgt der Kleinstwert das Fünffache des mit dem Hilfsmittel ablesbaren kleinsten Teil des Skalenwerts.

2. (1) Die Empfindlichkeit und Beweglichkeit der Waagen der Hauptgattung 110 müssen bei allen Belastungen und bei tiefster Lage der Stelleinrichtung (§ 694 Nr. 6) so groß sein, daß eine Zulage im Betrage der jeweiligen Fehlergrenze (Nr. 1) einen bleibenden Ausschlag von mindestens 0,5 Millimeter Länge ergibt.
- (2) Die Beweglichkeit der Waagen der Hauptgattung 120 muß bei allen Belastungen so groß sein, daß eine Zulage im Betrage der jeweiligen Fehlergrenze (Nr. 1) die Anzeige der Waage um mindestens sechs Zehntel der Fehlergrenze ändert.
3. Bei Waagen, deren Wägebereich in Karat angegeben ist, gelten die Nummern 1 und 2 entsprechend.
3. Die Fehlergrenzen für die einfache Nacheichung betragen das Doppelte der Fehlergrenzen für die Neueichung.

II. Verkehrsfehlergrenzen:

Die Verkehrsfehlergrenzen betragen das Doppelte der Fehlergrenzen für die Neueichung.

III. Fehlergrenzen der Reitergewichte:

Für die Fehlergrenzen der Reitergewichte gilt § 480 g.

IV. Wägebereich:

1. Der Bereich, innerhalb dessen die Fehlergrenzen der Waage gegenüber der Belastung vernachlässigbar klein sind (Wägebereich), erstreckt sich von der Mindestlast bis zur Höchstlast.
2. Die untere Grenze des Wägebereichs beträgt das Hundertfache des Kleinstwerts der Fehlergrenze nach Ziffer I Nr. 1 Abs. 2 und 3.
3. Zulässig sind Höchstlasten von 1 Gramm und mehr oder von 5 Karat und mehr.

Tafel 7.8. Eichfehlergrenzen usw. für Feinwaagen

