

GESCHICHTE DER WAAGE:

Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit
Internationale Informationen zum gesetzlichen Mess- und Eichwesen

Masse - Mass



Kraft - Force
Wägezelle - Load cell



HISTORY OF SCALES:

Weights, scales and weighing in the course of time
International information on metrology and legal metrology

OIML – Organisation Internationale de Métrologie Légale, Paris

PTB – Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin

VMS - Fachzeitschrift für „Mühle + Mischfutter“, Detmold

Koordinator/Coordinator:

Prof. Dr. Dr. Manfred Kochsiek, vormals Vize-Präsident der PTB und OIML Präsident
Former Vice-President of the PTB and former OIML President

Editoren/Editors:

Reinald Pottebaum, VMS Chefredakteur
Susanne Ludwig, PTB - OIML
Chris Pulham, OIML

Autoren/Authors:

Wolfgang Euler, Teamleader,
Hennef / Sieg - Rhein-Sieg-Kreis
Heinz Weisser, Werner Braun Balingen u. Rudi Keinath, Albstadt. Schwäbische Alb

Gerne dürfen Sie diese Dokumentation verwenden oder auch weiter leiten.
Die OIML in Paris oder der Verlag Moritz Schäfer in Detmold bitten dann aber um
eine kurze Information.

You may either use this documentation or pass it on to interested parties. In this
case the OIML in Paris or the Publisher Moritz Schäfer in Detmold would like to
receive an information on this.

**Erinnerungen an die Zukunft
Remember on the future**



**10 000 Jahre Gewichte und Waagen
10 000 Years Weights and Scales**

Vorwort

Seit Menschengedenken begleiten Zeit- und Längenmessungen sowie die Mengenbestimmung den Menschen – ja, sie waren überlebenswichtig. Die Mengen- und später die Massebestimmung erfolgten auf Vergleich mit einem meist vom Herrscher vorgegebenen Normal.

Das hat Jahrtausende funktioniert – der oder die an der Menge (Masse) Interessierten konnten die Bestimmung/Messung direkt nachvollziehen. Erst in den vergangenen 60 Jahren (ab 1955) erfolgte der Wechsel neu, von den Waagen mit einem Normalvergleich – Masse (Gewichtsstücke) zu den Wägezellen. Seit der Erfindung und dem Einsatz der Wägezellen erfolgt die Ermittlung der Gewichte über eine Kraftmessung und elektronische Bauteile, wie z. B. Analog-Digitalwandler sowie die dazu gehörende obligatorische Funktions-Software.

Der Bürger und auch viele Fachleute haben die Einsicht, wie die Massebestimmung in der Praxis geschieht, verloren.

Während der gesamten Entwicklung von der Balkenwaage bis zu den modernsten Wägesystemen haben die Herrscher und später die Regierungen entsprechende Gesetze und Vorschriften erlassen, um den schwächeren Partner vor unfairen Massebestimmungen und Betrug zu schützen.

Die Internationale Organisation für gesetzliches Messwesen (OIML) hat sich als eine wesentliche Aufgabe die internationale Harmonisierung zum Ziel gesetzt.

Die Entwicklung der Wägetechnik von den Anfängen bis zum heute Erreichten darzustellen, ist eine wichtige und dankenswerte Aufgabe, die das Autoren-Team: Wolfgang Euler, Heinz Weisser, Rudi Keinath und in Zukunft auch Werner Braun, die OIML sowie der Verlag Moritz Schäfer in Detmold mit der Fachzeitschrift „Mühle + Mischfutter“ übernommen haben. Dies zeigen auch die vielen anerkennenden Zuschriften an die Autoren sowie an das gesamte Team.

Manfred Kochsiek

Foreword

Since the beginning of time, the measurement of time and length as well as the determination of quantities have accompanied humans – indeed, they were essential for survival. The determination of quantities and – later – of mass was carried out by comparison with a standard that had, in most cases, been specified by the monarch.

This worked for centuries – the persons interested in the quantity (mass) could directly follow the determination/measurement. It was not until the past 60 years (from 1955) that again a change was made, from the weighing instruments with a standard comparison – mass (weights) – to the so-called „load cells“. Ever since the load cells have been invented and in use, weights have been determined by means of force measurement and electronic components such as, e.g., A/D converters as well as the corresponding obligatory operating software.

The ordinary citizen and also many experts have lost their insight into how mass determination is carried out in practice.

In the course of the entire development from the beam balance to the most modern weighing systems, the monarchs – and later the governments – have enacted the respective laws and regulations in order to protect the weaker partner from unfair mass determination and fraud.

The International Organization of Legal Metrology (OIML) has set itself the important task of attaining international harmonization.

To portray the development of weighing technology from its beginnings to what has been achieved until today is an important task deserving of thanks, which the team of authors composed of Wolfgang Euler, Heinz Weisser, Rudi Keinath and, in future, also Werner Braun have assumed, as well as the OIML and the publishing company Moritz Schäfer in Detmold with the trade journal „Mühle + Mischfutter“. This is also exhibited by the many commendatory letters to the authors.

Manfred Kochsiek

Die Geschichte der Waage mit dem Titel: „Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit“ wird weltweit an alle über 120 OIML Member States und Corresponding Members verteilt.

The History of Scales with the title: „Weights, scales and weighing in the course of time“ will be distribute in over 120 OIML Member States and Corresponding Members in the world.

Mühle + Mischfutter

Die Fachzeitschrift für Getreideverarbeitung und Tiernahrungs-Produktion
Verfahrenstechnik im Schüttgut-, Lebensmittel- und Non-Food-Bereich

Vereinigt mit **DEUTSCHE MÜLLER-ZEITUNG** | **Österreichischer MÜHLEN-MARKT** | schweiz. mühlen anzeiger



OIML BULLETIN

July 2012 – July 2013

Inhalt / Content

1. Teil – Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit Die Entstehungsgeschichte der Waage Die ersten Mess-Utensilien	5	Part 5 – Weights in ancient times	32
2. Teil – Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit Die Römische Waage mit Laufgewicht und die gleicharmige Balkenwaage (um 500 v. Ch.) Markt, Maß und Gewicht im Mittelalter Die Tafelwaage und die gleicharmige Balkenwaage (ab 1669) Das analoge Signal und die gleicharmige Balkenwaage Das binäre Zahlensystem und die gleicharmige Balkenwaage	5 5 7 7 7 7 7	6. Teil – Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit Gewichte in der Neuzeit Einsatzgebiete der Prüfgewichtsklassen Auszug aus der Tabelle der Eichfehlergrenzen für Gewichte nach OIML R 111 und die Bedeutung deren Kurzzeichen (E, F, M). R: Recommendation / Empfehlung	34 34 35 35
Part 1 – Weights, scales and weighing in the course of time The origin of weighing scales The first measuring implements	9	Part 6 – Weights in the Modern Age	36
Part 2 – Weights, scales and weighing through the ages The Roman steelyard Market, mass and weight in the Middle Ages The platform scale and the equal armed beam scale (from 1669) The analogue signal and the equal armed beam scale The binary number system and the equal armed beam scale	9 9 10 11 11 12 12	7. Teil – Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit Die Welt der DMS-Wägezellen in der Waagen- und Wägetechnologie Technischer Wandel in der Wägetechnik	40 40 41
3. Teil – Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit Mit der seit vielen tausend Jahren bekannten gleicharmigen Balkenwaage und Gottfried Wilhelm Leibniz (geb. 1.7.1646 in Leipzig, † 14.11.1716) in die Gegenwart der Digitaltechnik Philipp Matthäus Hahn und die Neigungswaage Bizerba: Die Pioniere der Gründerzeit und der Aufbauphase Der Einzug der ersten Neigungs-Ladentischwaagen in Deutschland Von der Schallgewicht-Neigungswaage zur optisch preisanzeigenden Bizerba Waage (OP-Waage)	13 13 13 13 14 15 15	Part 7 – The world of load cells in the technology of scales and weighing Weighing technology today Technical change in weighing technology. Mass – Force Measurement The measuring chain	43 43 44 44
4. Teil – Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit Die Chronos-Waage von 1883, die erste automatische Waage der Welt Die herausragenden Pioniere Carl Reuther und Eduard Reisert Woher hatten Carl Reuther und Eduard Reisert ihre dazu notwendigen Kenntnisse erworben? Den Erfolg geteilt: Die Stiftung der Carl Reuther Berufsschule 1897 in Hennef	16 16 16 16 16	8. Teil – Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit Wägezellen und das Messen mit Dehnungsmessstreifen (DMS)	46 46
Zur Serie: Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit Historie und Vorausschau Waagenausstellung in Nordrhein-Westfalen (NRW)	16	Part 8 – Load cells and measuring with strain gauges Looking back at the first steps for measuring with strain-gauge load cells Metallic strain gauges Load cell construction and load transmission First mass-produced strain gauge Arthur Claude Ruge, the inventor of the strain gauge	49 49 49 50 52 52
Part 3 – Weights, scales and weighing through the ages From Gottfried Wilhelm Leibniz and the center beam balance (known for thousands of years) to the latest digital technology Philipp Matthäus Hahn and the pendulum scales Andreas Bizer: The pioneer of the early years and the great expansion The roll-out of the first off-center beam counter scales in Germany From the pendulum scale with variable weights to the optical price-indicating scales	19 19 19 21 21 22 22	9. Teil – Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit Weitere Details zu den DMS-Wägezellen in der Waagen- und Wägetechnologie	53
Part 4 – The evolution of weights, scales and weighing The first automatic scales – the Chronos scale from 1883 The real trailblazers were Carl Reuther and Eduard Reisert But where did Carl Reuther acquire the knowledge he would have needed? Shared success: The foundation of the Carl Reuther vocational school 1897 in Hennef Extracts from a letter by Carl Reuther and Eduard Reisert dated May 1896	16 18 19 19 21 21 22 22	Part 9 – Further details on strain-gauge load cells in the technology of scales and weighing The Authors of the series “Weights, scales and weighing through the ages”	55 57
To series: Weights, scales and weighing in the course of time Weigher Exhibition in NRW (Nordrhein-Westfalen) Further Publications	23	10. Teil – Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit Die internationale Organisation für gesetzliches Messwesen Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML), Paris OIML R 76 – Non-automatic weighing instruments (NAWI), Edition 2006 Nichtselbsttätige Waagen (NSW) EN 45501 OIML R 76 – Nationale und internationale Eichfehlergrenzen für „Nichtselbsttätige Waagen“ (NSW) – Prüfung einer zur Eichung gestellten Waage	58 58 58 58 58 59
5. Teil – Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit Gewichte im Altertum Priester als Wächter von Maß und Gewicht	23 24 24 24 25 26 27 28 28 29 30 30 31	130 Jahre Chronos-Waage – die erste eichfähige automatische Waage der Welt Part 10 – The International Organization of Legal Metrology OIML R 76: Non-automatic weighing instruments (NAWI) Non-automatic weighing instruments through the ages (NAWI) OIML R 76 – National and international maximum permissible errors on verification for nonautomatic weighing instruments (NAWI), Testing a weighing instrument submitted for verification Practical example 130 years of Chronos scales – The world's first verifiable automatic weighing instrument Balingen Zollernschloss – Museum der Waage Zollern castle in Balingen – the museum of Scales and Weights	60 61 61 61 62 63 63 65 66 67

Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit

Von Ing. Wolfgang Euler, Hennef/Sieg, und Heinz Weisser, Balingen

1. Teil

Mit der Serie „Geschichte der Waage“ soll den Lesern und insbesondere den jungen Leuten, die sich vielleicht noch in der Ausbildung befinden und in Zukunft einmal Verantwortung tragen werden, die Möglichkeit geboten werden, ihr Wissen um die Waage – die in jedem produzierenden Betrieb und im Handel eingesetzt wird – zu erweitern.

Gewichte und Maße sind für den Waagenbauer etwas Selbstverständliches, denn bei ihm dreht sich alles um dieses Thema. Doch wann wurde die Waage erfunden? Warum gibt es überhaupt dieses Messinstrument? Dies sind nur einige von vielen Fragen, die in der mehrteiligen Serie zur Geschichte der Waage beantwortet werden sollen.

Die Entstehungsgeschichte der Waage

Wie unvorstellbar groß sind doch Zeit und Raum. Mindestens dreieinhalb Milliarden Jahre alt ist unsere Erde – ein Stäubchen im Universum, das zusammen mit den übrigen Planeten um die Sonne kreist. Und diese wiederum ist nur einer unter rund fünfzig Milliarden Fixsternen, die das Milchstraßensystem füllen.

Die Anfänge des Lebens liegen ebenfalls Milliarden Jahre zurück. Aber erst vor zwei Millionen Jahren unserer Zeitrechnung bildeten sich die sogenannten „Herrentiere“, die Tiermenschen mit aufrechtem Gang. Aus ihnen musste sich der „Homo sapiens“, der eigentliche Mensch, erst noch entwickeln.

Der Mensch ist, als er ins Dasein tritt, mit seinen körperlichen Gaben das schwächste und hilfloseste aller Geschöpfe. Doch hinter seiner niedrigen und wulstigen Stirn glüht der göttliche Funke des Geistes, in seiner schlummernden Seele leuchtet die Ahnung einer höheren Berufung. Und so beginnt der künftige Herr der Erde einen Weg, der durch Opfer und Mühen zum erleuchteten Tor der Kultur und auf die helle Bahn der Geschichte führt.

Viele Jahrtausende zogen z. B. die Neandertaler über die Erde. Sie waren Jäger und Sammler und lebten, wie man so schön sagt, „von der Hand in den Mund“.

Vor etwa 10000 Jahren bildeten sich dann irgendwann und irgendwo die ersten Bauern. Andernorts blieb eine Horde der wandernden Nomaden an den Ufern eines Sees sitzen und widmete sich der Fischerei. Und für die veränderte Lebensweise wurden sukzessive erste Werkzeuge geschaffen.

Schritt für Schritt eroberte man das Pflanzenreich, kultivierte die ersten Ackerpflanzen und baute Getreide wie Gerste und Zwergweizen an. Die Ursprünge erster Züchtungen reichen vermutlich bis ins einstige Mesopotamien zurück.

Der Mensch, der bis dahin ein Nomadendasein als Jäger und Sammler führte, wurde sesshaft. Und mit diesem bedeutsamen Entwicklungssprung machte er sich erstmals ans Messen, denn er

musste Mengenermittlungen für Getreidearten schaffen sowie die Größe von Ländereien, Grundstücken und Flächen bestimmen. Auch beim täglichen Tauschhandel waren Maßangaben notwendig.

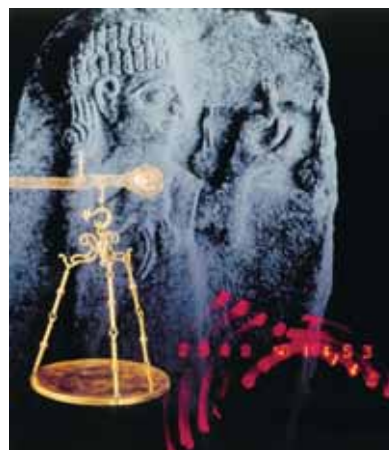


Abb. 1: Steinrelief der Hethiter mit Handwaage, Römischer Schnellwaage und angedeuteter Digitalanzeige eines Bizerba-Wägeschrankes WS 6000

Die ersten Mess-Utensilien

Hohl- und einfache Längenmaße sind wahrscheinlich die ältesten Messgeräte der Menschheit. Die Waage, so vermutet man, kommt gleich danach. Zur Mengenermittlung wurden zunächst Behältnisse von ähnlicher Größe eingesetzt, zum Beispiel eine ausgehöhlte Kokosnuss. Und ein Holzstock oder Unterarm halfen bei der Bestimmung von Längen, Strecken, Flächen und Waren (Abb. 2). Diese einfache, aber effektive Methode setzte



Abb. 2: Kokosnuss, Fuß oder Holzstock – einfache, aber effektive Mittel, um Mengen und Strecken zu messen.

lediglich voraus, dass zwei oder mehrere Personen das Maß akzeptierten. Und die daraus entstandenen Maße waren immerhin so nützlich, dass wir sie zum Teil bis heute kennen und nutzen:

Über die Autoren:

Wolfgang Euler ist Ingenieur, Berater und Consultant für internationales gesetzliches Mess- und Eichwesen sowie für Waagentechnologie und war früher Vorsitzender für automatische Waagen im Europäischen Waagenverband CECIP und Group Legal Metrology Manager bei der Firma Chronos – Werk in Hennef. Für dieses Unternehmen war er 48 Jahre weltweit tätig – in den Bereichen Konstruktion, Service, Training & Legal Metrology. Seit über zehn Jahren steht Wolfgang Euler mit der technischen Entwicklung der Bizerba GmbH & Co. KG, Balingen, in enger Verbindung und hat sich freundlicherweise bereit erklärt, diese Serie zu schreiben. Heinz Weisser wird in der nächsten Ausgabe vorgestellt.

Geschichte der Waage / History of scales

- *Scheffel*: bis 1872 deutsches Hohlmaß für schüttbare feste Körper (z. B. für Getreide)
- *Elle*: als Längenmaß
- *Fuß*: im angloamerikanischen Raum nach wie vor gebräuchlich
- *Liter*: heutzutage gängiges Hohlmaß

„Der Mensch ist das Maß aller Dinge“ – diese Redewendung trifft auch auf die Entwicklung der Waage zu. Mit seitlich ausgestreckten Armen bildet der Mensch den Waagebalken und mit seinen gehöhlten Händen die dazugehörigen Waagschalen. Im frühen Tauschgeschäft dürfte auf diese Weise der Gewichtsvergleich stattgefunden haben.



Abb. 3: Lastenträger auf einem Relief aus Persepolis um 500 v. Chr.

Der Ursprung der Waage, ein Sinnbild für Gleichheit, Wahrheit und Gerechtigkeit, reicht weit in die ältesten Kulturen zurück. In der Jungsteinzeit (10000 v. Chr.) beginnt die erste Technisierung und Kultivierung menschlichen Lebens. Man hat Gewichtssteine (um 7000 v. Chr.) in Ägypten gefunden – Zeitzeugen, die dafür sprechen, dass es in dieser alten Kultur schon Waagen gegeben haben muss (Abb. 6).

Der noch heute weltweit, vor allem in Asien, verwendete Tragbalken der Kulis bzw. das in vielen Ländern eingesetzte Tragjoch für Wasser, Milch, Käse oder ähnliche Lasten brachte den Menschen bald die Erkenntnis vom Gleichgewicht zweier Lasten (Abb. 3, 4 und 5). Der Drehpunkt des Balkens wanderte dann von der menschlichen Schulter auf eine steinerne oder hölzerne Säule sowie bei kleineren Waagebalken auf eine mittlere Tragöse und in späteren Zeiten auf eine Mittelschneide. Somit war die Grundform der gleicharmigen Balkenwaage erfunden (Abb.



Fig. 46. Ein chinesischer Kuli als Straßen-Reiniger und Wasserträger. Die beiden großen Blechlannen werden an beiden Enden eines langen Bambusstrahles über der Schulter getragen.

Abb. 4: Chinesischer Lastenträger

6), wahrscheinlich in gleichen Zeiträumen an verschiedensten Orten. Wo genau in frühgeschichtlicher Zeit die Waage entwickelt wurde, konnte bis heute nicht ermittelt werden.



Abb. 5: Tragbalken von Kulis bzw. Tragjoch

Die älteste erhaltene gleicharmige Balkenwaage wurde in einem prähistorischen Grab in Ägypten gefunden und stammt aus der Zeit um 5000 v. Chr. Ihr Waagebalken besteht aus rötlichem Kalkstein und ist in der Mitte und an beiden Enden durchbohrt und mit Schnüren versehen, die ein freies Spiel und eine hohe Empfindlichkeit gewährleisten. Die Ursprünge des Messwesens sind insbesondere im Land der Babylonier zwischen Euphrat und Tigris (heute Irak) sowie im Tal des ägyptischen Nils zu suchen. In der altbabylonischen Stadt Ur nordwestlich von Basra (Irak) wurde um 2600 v. Chr. das erste bekannte Maß- und Gewichtssystem begründet, das richtungsweisend für die metrologische Entwicklung im Altertum war. Die Metrologie (engl. metrology) ist die Kunde von Maß und Gewicht.



Abb. 6: Gleicharmige Balkenwaage

Auch die Bibel und der Koran bestehen auf Balance. Hier einige Beispiele von Zitaten, aus denen die Bedeutung von Waagen und Maßeinheiten hervorgeht:

Bibel, Altes Testament:

- 3. Mose 19, 35: Ihr sollt kein Unrecht begehen bei Gericht, mit Längenmaß, Gewicht und Hohlmaß.
- 3. Mose 19, 36: Ihr sollt richtige Waagen, richtige Gewichtssteine, richtiges Epha und richtiges Hin führen.

Koran:

- Vers 86, 7. Sure: So haltet Maß nun und Gewicht recht / und schmälert nicht den Menschen ihre Habe / und schädigt im Lande nicht, nachdem es heil geworden.

Im nächsten Teil dieser Reihe erfolgt „eine Zeitreise mit der gleicharmigen Balkenwaage durch die Jahrtausende bis zur digitalen Gegenwart“.

Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit

Von Ing. Wolfgang Euler, Hennef/Sieg, und Heinz Weisser, Balingen

2. Teil

Der erste Teil dieser Reihe zur Geschichte der Waage berichtet über den Ursprung der gleicharmigen Balkenwaage, die die Menschheit schon seit Tausenden von Jahren begleitet. Er endet mit der Vorankündigung einer „Zeitreise mit der gleicharmigen Balkenwaage durch die Jahrtausende“. Diesmal wird nun etwas ausführlicher über diese einmalige und große Welterfindung berichtet.

Die Römische Waage mit Laufgewicht und die gleicharmige Balkenwaage (um 500 v. Ch.)

Die Römische Schnellwaage mit Laufgewicht ist eine Weiterentwicklung der gleicharmigen Balkenwaage. Die Anfänge der Laufgewichtsbalkenwaagen sind schon um 1400 v. Ch. in Ägypten nachzuweisen. Für die alten Römer stellte diese Waage eine wichtige Grundlage ihres Handels-Imperiums dar. So bürgerte sich für die Laufgewichtswaage im Laufe der Zeit vor allem der Begriff „Römische Waage“ ein. Die hier verwendeten verschiedenen Begriffe bezeichnen alle denselben Waagentypus.

Laufgewichtsbalkenwaagen bestehen aus einem Stab mit Skala und zwei ungleichen Hebelarmen, wobei sich an einen das Ausgleichsgewicht, am anderen ein Haken zum Aufhängen des Wägegutes befindet.



Abb. 1: Steinrelief der Hethiter mit Handwaage, Römischer Schnellwaage und angeleiteter Digitalanzeige eines Bizerba-Wägeschrankes WS 6000

Manche Laufgewichtswaagen hatten sogar zwei Haken zum Aufhängen der Last und damit zwei Wägebereiche. Das Verhältnis der Hebelarme kann mit dem Laufgewicht verschoben werden, bis bei dem angehängten Gegenstand Gleichgewicht eintritt. Die Laufgewichte hatten in der Regel geometrische Formen oder waren Abbildungen von Gebrauchsgegenständen wie z. B. von Früchten, Tieren und von menschlichen Büsten. Die Erfindung der Römischen Laufgewichtswaage hatte naturgemäß eine überragende Bedeutung, da sie im Handelsverkehr gegenüber der gleicharmigen Waage große Vorteile bot. Mit einem Laufgewicht, das je nach dem Verhältnis der Hebelarme um ein Vielfaches leichter ist als die Last, lässt es sich wesentlich schneller und einfacher wiegen als mit der gleicharmigen Waage mit ihren vielen Gewichtsstücken. Aber es muss eindeutig darauf hingewiesen werden, dass die Schnellwaage nur anwendbar ist, wenn nicht so hohe Ansprüche an die Genauigkeit gestellt werden. Denn die Römische Schnellwaage kann mit Ungenauigkeiten bei der Gewichtsermittlung behaftet sein.

Über die Autoren:

Heinz Weisser ist Elektroniker und seit über 40 Jahren im Bizerba-Stammhaus tätig, fast 20 Jahre davon in der technischen Aus- und Weiterbildung. Außerdem ist er über 20 Jahre im Einsatz als engagierter Leiter der Produktschulung und Projektmanager im Bereich der industriellen Wäge- und Datentechnik. – Wolfgang Euler wurde bereits im 1. Teil dieser Reihe in „Mühle“-Heft 24/2011 vorgestellt.

In allen von Rom eroberten Ländern sind solche Waagen oder deren Reste gefunden worden. Und auch heute noch erfüllt die Waage gute Dienste: Die Römische Schnellgewichtswaage wird nach wie vor hauptsächlich in den mediterranen Ländern benutzt.

Markt, Maß und Gewicht im Mittelalter

Maß und Gewicht sind seit alters her untrennbar mit dem Marktrecht verbunden, wie aus einem Zitat Pippins aus dem Jahr 744 hervorgeht: „... dass alle Städte gesetzliche Märkte und Maße bewirken, rechtmäßig halten und ordnen.“ In der Kulturgeschichte der Menschheit bildete der Markt in größeren Ansiedlungen und Städten die Gelegenheit zum Austausch von Gütern. In den vom Landesherrn verliehenen Marktprivilegien waren in der Regel zugleich das Münzrecht, das Zollrecht und das Recht, einen öffentlichen Markt zu veranstalten, enthalten. Diese Privilegien schlossen auch die Normierung von Maßen und Gewichten der Marktaufsicht ein, ohne die ein öffentlicher Markt nicht möglich war.

Anmerkung: So wie früher bestimmen auch heute noch Gewichte und Waagen den Geld- und Warenstrom in hohem Maße. Ohne Waagen ist auch in unserer Zeit ein geordneter Wirtschaftskreislauf nicht möglich.

Die Tafelwaage und die gleicharmige Balkenwaage (ab 1669)



Abb. 2: Die Tafelwaage arbeitet nach dem Prinzip der gleicharmigen Balkenwaage.

Tafelwaagen (Abb. 2) gehören zu der Gruppe der mechanischen Waagen und funktionieren nach dem Prinzip der gleicharmigen Balkenwaage. Sie werden in der Regel für Wägebereiche bis 10 kg hergestellt.

Beim Wägevorgang vergleicht die Tafelwaage die Masse eines bekannten Körpers, beispielsweise eines Handelsgewichtes (Eichgewicht), mit dem des Wägegutes. Das Gewicht des Wägegutes stimmt mit dem des Handelsgewichtes überein, wenn die Gleichgewichtsstellung erreicht wird. Bei einer

Tafelwaage erkennt man dies, wenn die beiden Zungen in der Mitte sich auf einer Linie befinden. Die Tafelwaage wurde im Jahr 1669 erfunden.

Das analoge Signal und die gleicharmige Balkenwaage

Bevor die Erfindung des binären Zahlensystems behandelt wird, wird noch einmal auf den Begriff „analog“ eingegangen. Inzwischen ist dieser Begriff den meisten Menschen abhanden gekommen, was bei Seminaren immer wieder festgestellt werden kann. Einfache Erklärungen sind nicht leicht zu bekommen.

Das Wort „analog“ kommt aus dem Griechischen und bedeutet: entsprechend, stufenlos, kontinuierlich. Frei übersetzt heißt analog etwa: „Es bildet nach.“

Als Analogsignal wird ein Signal bezeichnet, wenn dessen die Information tragender Parameter, z. B. der Augenblickswert, kontinuierlich jeden Wert stufenlos zwischen einem Minimum

8	4	2	1			Unser heute gebräuchliches Zahlensystem auf der Basis von 10
2^3	2^2	2^1	2^0			Rechnen mit den beiden Ziffern 0 und 1
				Binär	Dezimal	
0	0	0	1	= 1	= 1	Beispiel 1
1	0	0	0	= 8	= 8	Bizerba, ein neuer Stern am Waagen-Himmel
0	4	2	0	= 4 + 2	= 6	
0	4	2	0	= 4 + 2	= 6	
0	0	0	1	= 1	= 1	Beispiel 2
1	0	0	0	= 8	= 8	Chronos-Waage, die erste eichfähige, automatische Waage der Welt
1	0	0	0	= 8	= 8	
0	0	1	1	= 2 + 1	= 3	
0	1	0	0	= 4	= 4	Beispiel 3
0	1	1	1	= 7	= 7	dient nur zur erweiterten Erklärung
0	0	1	1	= 2 + 1	= 3	

Abb. 3: Beispiele für die Umwandlung von Binär- in Dezimalzahlen und umgekehrt

und einem Maximum annehmen kann. Dieses trifft auf fast alle realen Prozesse oder Zustände zu.

Beispiele für analoge Verhältnisse: Die der Drehzahl proportionale Spannung einer Tachomaschine oder die Drehzahl eines Dynamos am Fahrrad (geringe Drehzahl = wenig Licht, hohe Drehzahl = helles Licht) funktioniert analog. Die Bürotür steht etwas auf, etwas mehr auf, halb oder ganz auf (sie ist aber entweder ab- oder aufgeschlossen = digital). Die der Kraft proportionale Spannung einer DMS-Wägezelle ist ebenfalls ein analoges Signal (DMS: Dehnungsmessstreifen).

Nach dem Analogprinzip arbeiten auch die gleicharmigen Balkenwaagen: Aus steigender oder fallender Gewichtsbelastung resultiert ein proportional größerer oder kleinerer Zeigerausschlag.

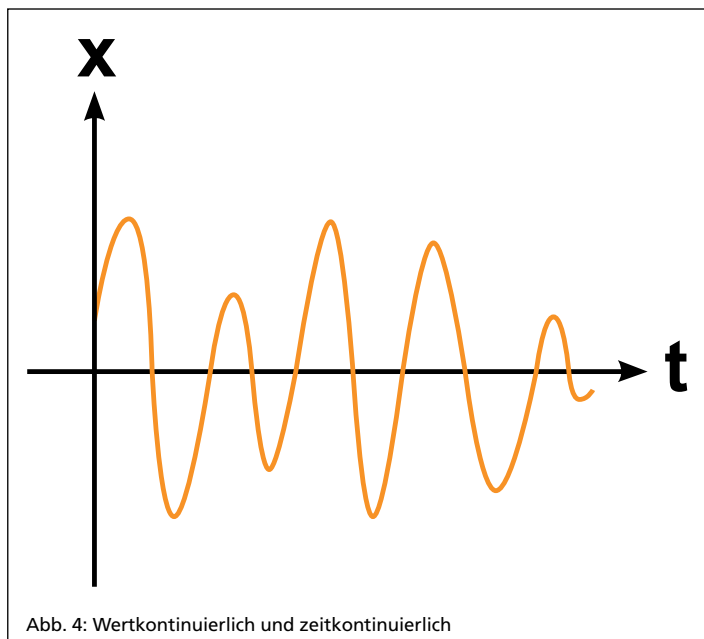


Abb. 4: Wertkontinuierlich und zeitkontinuierlich

Das binäre Zahlensystem und die gleicharmige Balkenwaage

Gottfried Wilhelm Leibniz folgerte aus der Stückelung der Gewichte an der analogen, gleicharmigen Balkenwaage das Rechnen mit den beiden Ziffern 0 und 1. Er entwickelte damit das

heutzutage noch gebräuchliche und für die Computerbranche unverzichtbare binäre Zahlensystem (Abb. 3). Diese weitreichende Entdeckung schrieb er 1697 in Wolfenbüttel in seinem Neujahrsbrief an den Herzog Rudolf August nieder.

Ausblick

Im Teil 3 von „Waagen und Wägen im Wandel der Zeit“ wird zunächst noch einmal Gottfried Wilhelm Leibniz und das binäre Zahlensystem behandelt. 1764 ist dann das nächste wichtige Jahr in der Geschichte der Waage: Philipp Matthäus Hahn in Albstadt-Onstmettingen auf der Schwäbischen Alb wird betrachtet. Er gilt als der Begründer aller Waagentechnologie und -fabrikation in der gesamten Zollernalbregion. Überdies ist es seiner Arbeit zu verdanken, dass 1866 die Firma Bizerba gegründet wurde (Abb. 5 und 6).



Abb. 5: Andreas Bizer in Balingen. Aus Bizer und Balingen entstand der heutige Firmenname Bizerba. Bild: Bizerba-Archiv



Abb. 6: 1866 – die Firma Bizerba entsteht

„Auf des Glückes großer Waage
Steht die Zunge selten ein,
Du musst steigen oder sinken,
Du musst herrschen und gewinnen,
Oder dienen und verlieren,
Leiden oder triumphieren,
Amboss oder Hammer sein.“

Johann Wolfgang von Goethe (1749–1832)

HISTORY OF SCALES

Part 1: Weights, scales and weighing in the course of time

ING. WOLFGANG EULER, Hennef/Sieg and
HEINZ WEISSER, Balingen

This series of short articles under the theme “History of scales” is intended to offer readers – and especially young people who might still be in training and who will undertake responsibilities in the future – a chance to broaden their knowledge of the scales which are used in enterprise and in trade transactions.

Weights and measures are a matter of course for the manufacturer of scales as this subject is all that he is concerned with. But when was the scale invented? Why does such a measuring device exist at all? These are only a few of the many questions which will be answered in this multipart series of the *History of scales*.

The origin of weighing scales

How unimaginably vast is time and space. Our earth is at least three and a half billion years old. A grain of dust in the universe circling around the sun, along with the other planets that go to make up our solar system. And

this sun in turn is only one of about fifty billion fixed stars which fill the Milky Way system.

The beginnings of life likewise lie billions of years in the past. However only two million years ago the so-called “primates” had developed, creatures who walked in an upright position. “Homo sapiens”, the first human beings, still had to develop from them.

As a newborn infant, the human being is the most feeble and helpless of all creatures. But behind the low and bulging brow glows the divine spark of the mind, in his slumbering soul shines the presentiment of a higher mission. And thus the future lord of the earth begins along a path which, with sacrifice and struggle, leads to the enlightened gate of culture and onward to the bright path of history.

The Neanderthals traveled over the world for many millennia. They were hunters and gatherers and lived, as the saying goes, “from hand to mouth”.

Approximately 10 000 years ago, sometime and somewhere, the first peasants had developed in the early dawn of human history. At other places a band of wandering nomads settled down along the shores of a lake and were dedicated to fishing. And with the changes in the way of living, they also created the first successful tools.

Step by step they conquered the plant kingdom, cultivated the first field crops and planted cereals such as barley and einkorn wheat. The origins of the first agricultural cultivations presumably go back to former Mesopotamia.

The humans who had led an existence as hunting and gathering nomads until then eventually settled down. And with this significant jump in development, mankind began to measure for the first time, because people needed to determine the quantity of types of grains and calculate the size of plots of land, property, and surfaces. Measurements were also essential for the daily barter transactions.



Editor's Note

A series of articles on the history of scales is being published in the next few issues of the OIML Bulletin. Today's weighing machines are all equipped with electronics and software, and have necessarily become more complex over time. It is hard for consumers and “simple” citizens to fully grasp how the mass (weight) is determined directly – indeed, even measuring instrument experts encounter more and more problems in understanding advanced technical specifications. It was therefore a matter of particular concern to Manfred Kochsiek (former Vice-President of PTB and former CIML Acting President) to show the development of scales right through to today's high-tech products. Mr. Kochsiek called on the expertise of Mr. Euler and Mr. Weisser, both of whom are competent experts in the field of (non-)automatic weighing instruments. As authors of this article they have done an excellent job in compiling this history of scales in a simple but very comprehensible way. The Authors will be presented in the October edition of the Bulletin, in which the next two parts of this series will be published.



Coconut, food or wooden sticks: simple but effective means to measure quantities and lengths

The first measuring implements

Hollow and simple linear rulers are probably the oldest measuring instruments mankind invented. Weighing scales, as suspected, came immediately thereafter. Containers of similar size were initially employed for determining quantity, for example a hollowed-out coconut. And a wood stick or forearm helped to determine lengths, distances, surfaces, and goods. This simple but effective method only presupposes that two or more individuals accept the measure. And the ensuing measurements were nevertheless so beneficial that we in part still know and use them:



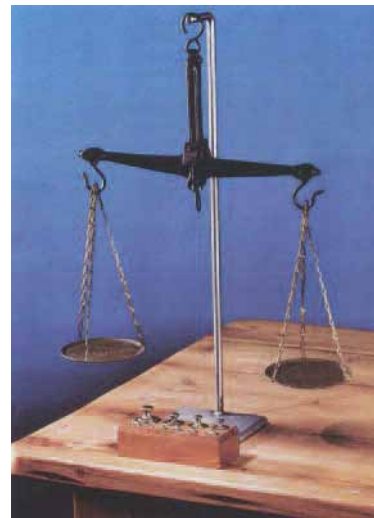
Carrier



Yoke employed by coolies

- *Bushels*: German measure of capacity for bulk solid bodies (e.g. cereals) used until 1872;
- *Yard*: a measure of length;
- *Foot*: common in the Anglo-American region (then as now);
- *Liter*: today our most common measure of capacity.

“The human is the measure of all things” – this idiom applies also to the development of scales. With arms outstretched to the side, the human torso forms the scales beam and the accompanying weighing pans with his hollowed hands. The barter transactions of original people were probably concluded in this way to compare weights.



Equal-armed balance

The origin of the scales – the symbol for equality, truth and justice – extends back to the oldest ancient cultures. In the Neolithic period (10 000 B.C.), the first mechanization and cultivation of human life began. Stone weights (around 7 000 B.C.) were found in Egypt – historical testimony which speaks for the fact that scales must have existed in this ancient culture.

Around the world today, primarily in Asia, the yoke used by coolies or the bearing yoke to carry water, milk, cheese, or similar loads used in many countries soon gave primitive people the idea of balancing two loads. The pivoting point of the beam soon migrated from the human shoulder to a stone or wooden column, and for smaller scale beams to a middle bearing eye, and in later times to a middle cutting edge. The basic form of the equal armed beam balance was thus invented, probably in different places around the same time. Where precisely scales were developed in ancient times can still not be determined to this day.

The oldest conserved equal armed beam balance was found in a prehistoric tomb in Egypt and is dated at around 5 000 B.C. Its scale beam consists of reddish

limestone and is pierced in the center and at both ends, and is furnished with strings which guaranteed free play and great sensitivity. Origins of measuring devices are to be sought especially in lands of the Babylonians between the Euphrates and Tigris (today Iraq) as well as in the valley of the Egyptian Nile. The first known measurement and weight system, which was trend-setting for the metrological development in antiquity, was located in the ancient Babylonian city of Ur northwest of Basra (Iraq) around 2 600 B.C.

Both the Bible and the Koran insist on balance. Below are some examples of quotations indicating the importance of scales and units of measure:

Bible, Old Testament:

- Leviticus 19, 35: *Do not use dishonest standards when measuring length, weight or quantity.*
- Leviticus 19, 36: *Use honest scales and honest weights, an honest ephah and an honest hin.*

Koran:

- Verse 86, 7th Sure: *Therefore keep measures and weights fair and honest / and do not reduce the property of the people / and do not damage the land once it has healed.*

Part 2: Weights, scales and weighing through the ages

The Roman steelyard

The Roman steelyard with its sliding weight is a further development of the *equal armed beam scale*, around 500 B.C. It has been proven that the sliding weight beam scale had its origins in Egypt in about 1 400 BC. For the ancient Romans, this scale was an important basis for their trade empire. This is how sliding weight scales gradually became known as the “Roman scale” over the course of time. The various terms used here all refer to the same type of scale.



The platform scale works on the principle of the equal armed beam scale

Sliding weight scales consist of a beam with a scale and two unequal lever arms. On one arm there is a balance weight and on the other arm there is a hook to suspend the item to be weighed. Many sliding weight scales even had two hooks for hanging the load. This provided two weighing ranges. The distance between the lever arms can be changed by moving the sliding weight until the suspended object comes into balance. The sliding weights normally had geometric shapes or were reproductions of commodities such as fruit, animals or human busts.

The invention of the Roman sliding weight scale of course had an immense significance in trade since it offered enormous advantages over the equal armed scale. It is much quicker and easier to weigh using a sliding weight that is several times lighter than the load depending on the relative distance between the lever arms. The same operation is much more difficult using an equal armed scale with its many weight units. But it must be clearly pointed out that the steelyard can only be used if no high demands are placed on accuracy. In fact, the Roman steelyard can be very imprecise when determining weight.

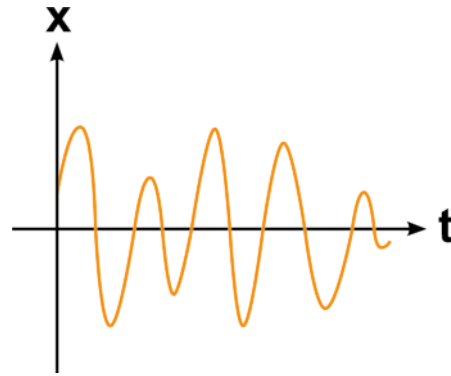
Remains of this scale or its rests have been found in all countries conquered by Rome. The scale still renders good service today, and the Roman steelyard scale is still the main scale used in Mediterranean countries.

Market, mass and weight in the Middle Ages

Mass and weight have been linked to the right to hold markets from time immemorial, as quoted by Pippin (744): “... that all towns shall apply, maintain in proper order and keep statutory markets and mass units”. In the cultural history of mankind, a market provides the opportunity to exchange goods in large settlements and

towns. The market privileges bestowed upon local rulers normally went hand in hand with the right to mint coins, the right to levy customs duties and the right to organize public markets. These privileges also included the standardization of mass units and weights for supervising the market. Without this, a public market would not be possible.

Remark: Weights and weighing still determine the flow of money and goods today to a great extent. Without scales it would also be impossible to maintain a properly functioning economy.



Continuous-value and continuous-time

The platform scale and the equal armed beam scale (from 1669)

Platform scales belong to the group of mechanical scales and operate on the principle of the equal armed beam scale. They are normally made for weighing ranges of up to 10 kg. During the weighing operation, the platform scale compares the mass of a known object, e.g. a commercial weight (standard weight) with that of goods weighed. The weight of the goods weighed matches that of the commercial weight when equilibrium is attained. On a platform scale, this is recognizable when the two tongues in the middle are aligned along the same line. The platform scale was invented in 1669.

The binary number system and the equal armed beam scale

Gottfried Wilhelm Leibniz deduced the method of calculating with the two digits 0 and 1 by dividing the weights on the analogue equal armed beam scale. As a result, he developed the binary number system that is still in use today and that is indispensable for the computer industry. He wrote about this far-reaching discovery in his New Year's letter to Duke Rudolf August in Wolfenbüttel in 1697.

The analogue signal and the equal armed beam scale

Before we deal with the invention of the binary number system, let us again explain the term "analogue". In the meantime, this term has become lost for most people, which is often noticeable in seminars. Simple explanations are not easy to obtain.

Analogue (Greek) means proportionate, ratio, account. Freely translated, analogue means something like "similar".

A signal is referred to as analogue when its parameters bearing the information, e.g. momentary value, can assume continuously any variable value between a minimum and a maximum. This relates to almost all real processes or states.

Examples for analogue conditions: The tachometer generator voltage proportional to the rotational speed or the speed of a dynamo on a bicycle (low speed = less light, high speed = bright light) is an analogue function. An office door is open slightly, open slightly more, half open or fully open (but it is either open or closed = digital). The voltage of a strain gauge load cell proportional to force is also an analogue signal.

Equal armed beam scales operate on the analogue principle: a proportionally greater or smaller pointer deflection results from a rising or falling weight load.

8	4	2	1		
2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰		
				Binär	Dezimal
0	0	0	1	= 1	= 1
1	0	0	0	= 8	= 8
0	1	1	0	= 4 + 2	= 6
0	1	1	0	= 4 + 2	= 6
0	0	0	1	= 1	= 1
1	0	0	0	= 8	= 8
1	0	0	0	= 8	= 8
0	0	1	1	= 2 + 1	= 3
0	1	0	0	= 4	= 4
0	1	1	1	= 7	= 7
0	0	1	1	= 2 + 1	= 3

Examples of converting binary to decimal figures

Outlook

In Part 3 we will again consider Gottfried Wilhelm Leibniz and the binary number system. 1764 is the next milestone in the history of the scale. For this we go to the Swabian Alb, to Philipp Matthäus Hahn in Albstadt-Onstmettingen. He is regarded as the founder of all scale technology and manufacture in the entire region of the Zollernalb. In addition, it is thanks to his work that a new and major star arose in the scale heavens with the company Bizerba in 1866. ■

Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit

Von Ing. Wolfgang Euler, Hennef/Sieg, und Heinz Weisser, Balingen

3. Teil

Im 2. Teil wurde unter anderem darüber berichtet, dass auch die gleicharmigen Balkenwaagen nach dem Analogprinzip arbeiten. Aus steigender oder fallender Gewichtsbelastung resultiert ein proportional größerer oder kleinerer Zeigerausschlag.

Mit der seit vielen tausend Jahren bekannten gleicharmigen Balkenwaage und Gottfried Wilhelm Leibniz in die Gegenwart der Digitaltechnik

Gottfried Wilhelm Leibniz (geb. 1.7.1646 in Leipzig, † 14.11.1716 in Hannover) folgerte aus der Stückelung der Gewichte an der analogen, gleicharmigen Balkenwaage das Rechnen mit nur zwei Ziffern: 0 und 1. Das war eine geniale Idee für die Menschheit – oder aber vielleicht auch nicht.

Daten zu tun hat, auch alle heutigen Waagen und Datensysteme bei der Firma Bizerba.

Leibniz starb vereinsamt am 14. November 1716 im Alter von 70 Jahren in Hannover – nur sein Sekretär war bei dem Begräbnis anwesend – und wurde dort in der Neustädter Hof- und Stadtkirche St. Johannis beigesetzt.

Möglicherweise haben aber auch bedeutende und unbedeutende Forscher und Mechaniker auf der Schwäbischen Alb ein ähnliches Schicksal erlebt, weil ihre herausragenden Arbeiten den Menschen in der heimatlichen Region und darüber hinaus weitgehend unbekannt blieben. Aber das werden die weiteren Recherchen noch zeigen.

Philipp Matthäus Hahn und die Neigungswaage

1756 kam Philipp Matthäus Hahn erstmalig nach Onstmettingen. Dort freundete er sich mit dem gleichaltrigen Philipp Gottfried Schaudt an. Beide besaßen eine ausgeprägte naturwissenschaftliche Neugier und technische Begeisterung.

Unter der genialen Federführung von Philipp Matthäus Hahn und seinen aktiven Unterstützern (Schaudt & Gebr. Sauter) entstanden Uhren, Rechenmaschinen und Neigungswaagen. An dieser Stelle soll aber besonders die einfache Haushaltswaage als erste Neigungswaage betrachtet werden, die von diesem Team erfunden und gebaut wurde.

Wie begann nun die Entwicklung dieser Neigungswaage, die sich in ihrem physikalischen System so gänzlich von dem der gleicharmigen Balkenwaage unterscheidet? Die gleicharmige Balkenwaage (Abb. 4) zeigt das Messergebnis an, wenn der Balken waagrecht bzw. die Zunge (Zeiger) senkrecht steht. Diese Waagenart hat also „eine“ Einspiellage. Im Gegensatz dazu spielt die Neigungswaage (Abb. 7) entsprechend der aufbrachten Last jeweils an einer neuen Stelle ein. Die Neigungswaage hat daher unendlich viele Einspiellagen. Oder anders ausgedrückt: „Die Neigungswaage misst die Masse im Gegensatz zur gleicharmigen Balkenwaage nicht durch Kompensation mit einer anderen Masse, sondern über die Auslenkung, die das Ablesen auf einer Skala ermöglicht. Die Neigungswaage ermittelt also selbsttätig automatisch das Ergebnis.“



Abb. 1: Gottfried Wilhelm Leibniz (1.7.1646–14.11.1716)

Abb. 2: Grab in der Neustädter Kirche, Hannover

Wie kam aber nun Leibniz in Wolfenbüttel bei Braunschweig auf das heute noch gebräuchliche und für die Computertechnik unverzichtbare binäre Zahlensystem, das Rechnen nur mit 0 und 1?



Abb. 3: Die Balkenwaage und das binäre Zahlensystem

Betrachtet man noch einmal die gleicharmige Balkenwaage (Abb. 3) im unbelasteten Zustand, dann steht der Zeiger ganz eindeutig auf „0“. Belastet man nun die gleicharmige Balkenwaage mit einem beliebigen Gewicht, dann nimmt der Zeiger „nur eine Position ein“, und das ist dann die Ziffer „1“. Entfernt man das entsprechende Gewicht von der Waage, so geht der Zeiger wieder auf „0“ zurück. Es ist schon höchst bewundernswert, was Leibniz da durch die gleicharmige Balkenwaage erfunden hat. Es bedarf überhaupt keiner Frage, dass er damit die Welt gravierend verändert hat und seine Erfindung auch mit die größte der Neuzeit ist. Nicht nur die Computer, die Waagen und Navigationssysteme arbeiten heutzutage u. a. mit dem binären Zahlensystem, sondern fast alles und jedes, was irgendwie mit

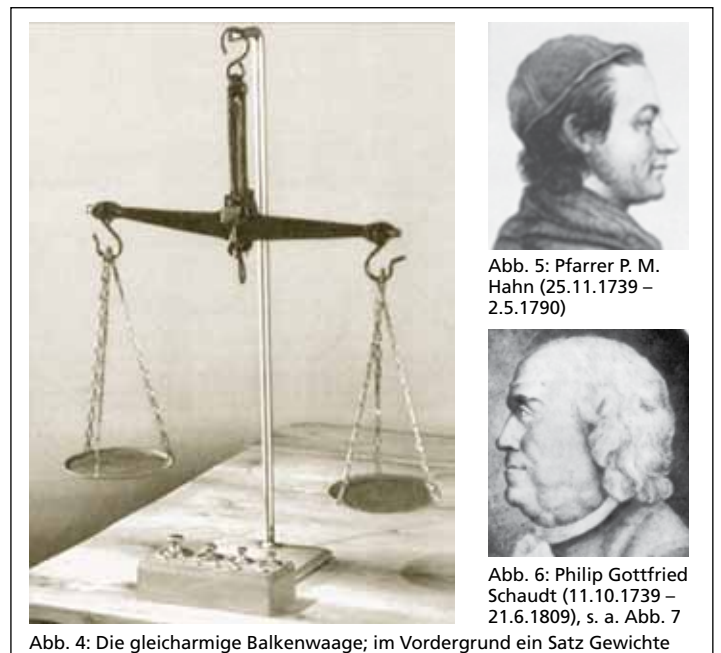


Abb. 5: Pfarrer P. M. Hahn (25.11.1739 – 2.5.1790)

Abb. 6: Philip Gottfried Schaudt (11.10.1739 – 21.6.1809), s. a. Abb. 7

Abb. 4: Die gleicharmige Balkenwaage; im Vordergrund ein Satz Gewichte

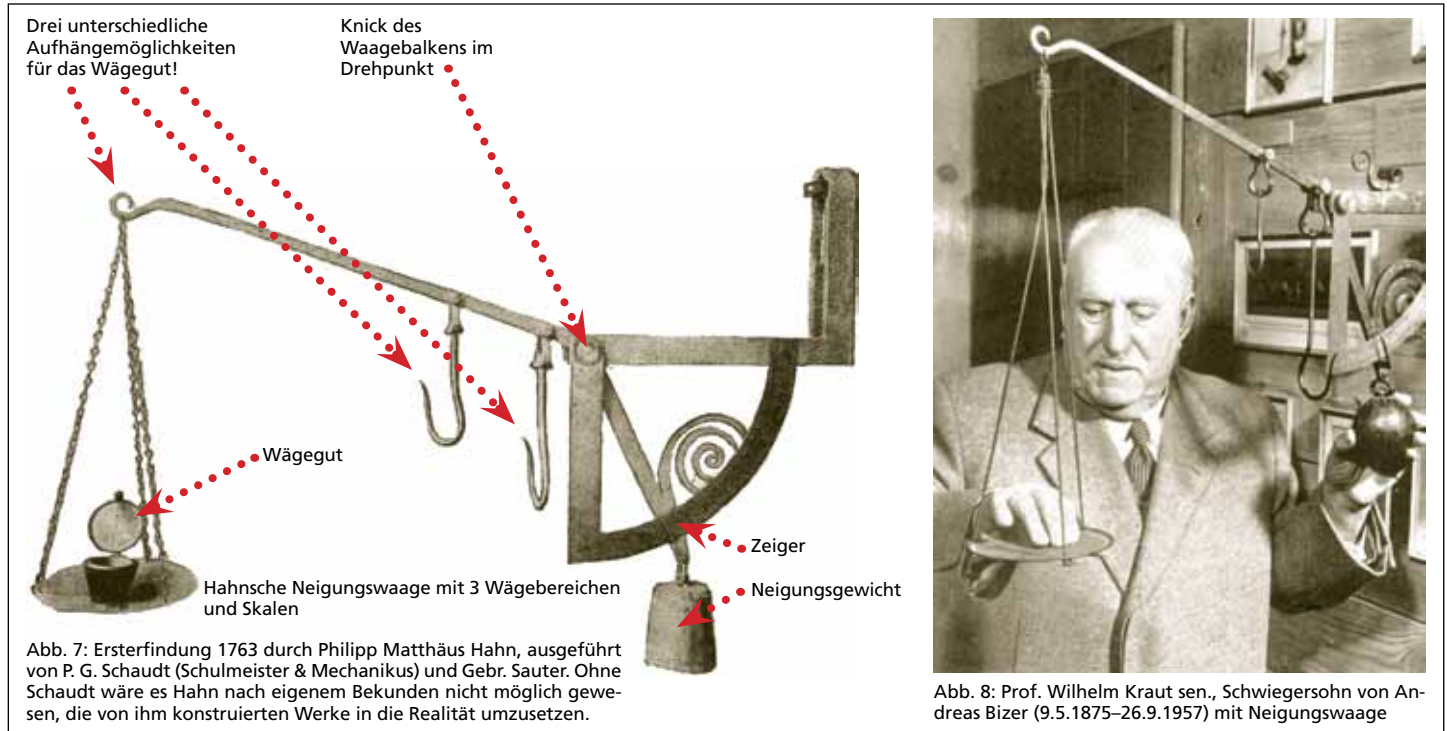


Abb. 7: Ersterfindung 1763 durch Philipp Matthäus Hahn, ausgeführt von P. G. Schaudt (Schulmeister & Mechanikus) und Gebr. Sauter. Ohne Schaudt wäre es Hahn nach eigenem Bekunden nicht möglich gewesen, die von ihm konstruierten Werke in die Realität umzusetzen.

Abb. 8: Prof. Wilhelm Kraut sen., Schwiegersohn von Andreas Bizer (9.5.1875–26.9.1957) mit Neigungswaage

Dieses Prinzip der Hahnschen Neigungswaage floss 161 Jahre später in die erste deutsche Schaltgewichts-Neigungswaage ein, die von der Firma Bizerba 1924 in Balingen/Zollernalbkreis gefertigt wurde.

Bizerba: Die Pioniere der Gründerzeit und der Aufbauphase

Im Jahre 1866 schaltete sich Bizerba in die weitere Entwicklungsgeschichte der Waagen ein. In jenem Jahr gründete Andreas Bizer in Ebingen eine Werkstätte zur Herstellung und Reparatur von Waagen. 1868 erfolgte die Verlegung der Werkstätte nach Balingen. Über die wichtigsten Entwicklungsstufen von dieser einfachen Mechanik- und Waagenwerkstätte bis zu dem heutigen modernen Hightech-Unternehmen wird nachfolgend berichtet.

Nach der Gründung beschäftigte sich Andreas Bizer u. a. mit der Herstellung von oberhalbigen Tafelwaagen usw. In dieser Zeit

sammelte er reichhaltige Erfahrungen auf dem Gebiet der nicht selbsttätigen Waagen. Dies sind Waagen, die das Eingreifen eines Benutzers während des Wägevorgangs erfordern. 1871 wurde Andreas Bizer zum Eichmeister bestellt, in Verbindung mit der Einführung des metrischen Maß- und Gewichtssystems.

Die Erfindung der Neigungswaage durch Philipp Matthäus Hahn im Jahre 1763 blieb Andreas Bizer natürlich nicht unbekannt. Dies war gleichzeitig auch der Beginn einer beispiellosen Entwicklung einer kleinen Waagenbaufirma. Die Neigungswaage war der Grundstein und der Auslöser einer einmaligen Erfolgsgeschichte.

In Abb. 8 sieht man den späteren Prof. Wilhelm Kraut mit dem Original der Hahnschen Neigungswaage, deren Prinzip 1924 in die weltbekannte erste Neigungswaage der Firma Bizerba eingeflossen ist.

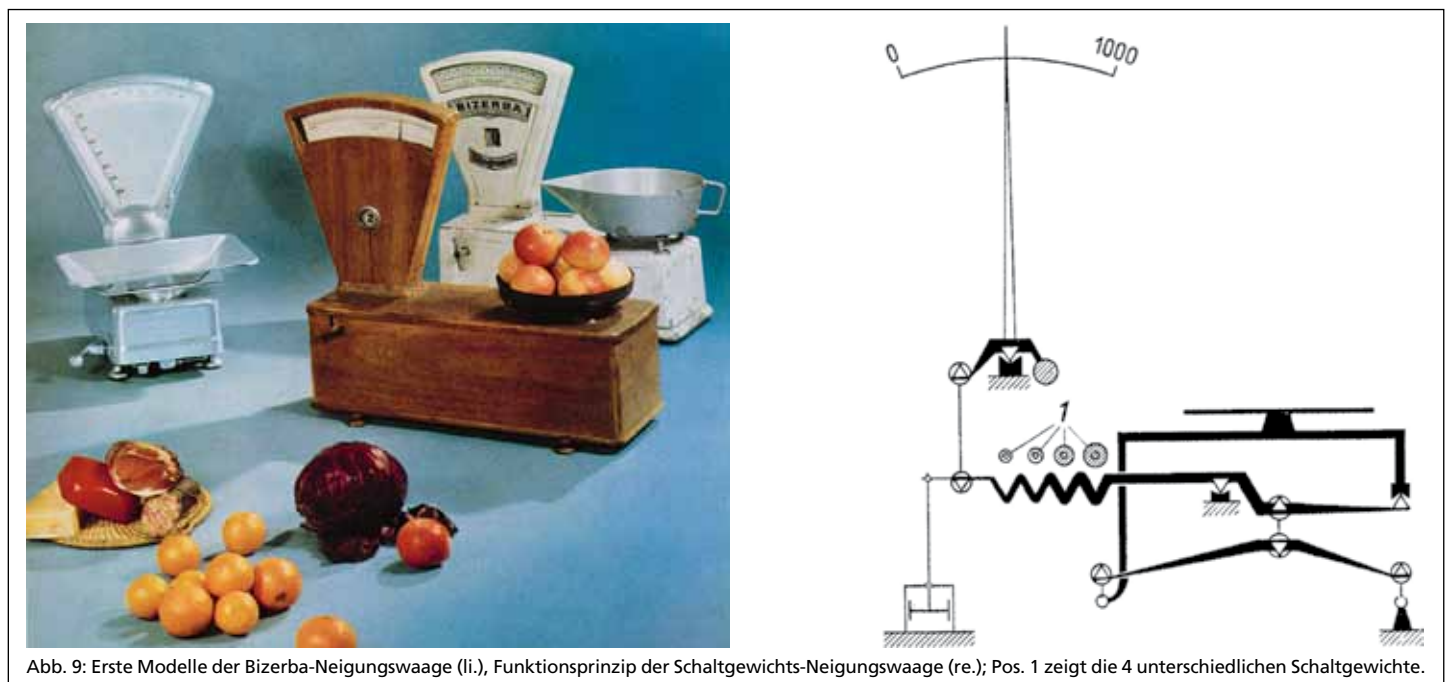


Abb. 9: Erste Modelle der Bizerba-Neigungswaage (li.), Funktionsprinzip der Schaltgewichts-Neigungswaage (re.); Pos. 1 zeigt die 4 unterschiedlichen Schaltgewichte.

Der Einzug der ersten Neigungs-Ladentischwaagen in Deutschland

Abb. 9 (li.) zeigt die historische Entwicklung der ersten Neigungswaagen, die über viele Jahre erfolgreich produziert wurden. 1924 wurde der Prototyp der Neigungs-Schaltgewichtswaage im Holzgehäuse gebaut. In diesem Jahr erfolgte auch erstmalig in Deutschland die Bauartzulassung dieser Bizerba-Waage zur Eichung. Die dahinter stehende Waage ist ein frühes Serienerzeugnis. Links im Bild ist das 1954 entwickelte – sehr erfolgreiche – Modell der Neigungs-Laufgewichtswaage dargestellt. 1928 stieg die Firma Bizerba zur größten deutschen Waagenfabrik auf.

Von der Schaltgewichtswaage zur optisch preisanzeigenden Waage (OP-Waage)

Die Schaltgewichtswaagen hatten in der späteren Entwicklung auf der Bedienerseite die Möglichkeit, für verschiedene Wägebereiche das Gewicht und den entsprechenden Preis abzulesen. Diese Technik erforderte vom Bediener ein präzises Ablesen der Gewichts- und Preisdaten, da eine Vielzahl von Zahlen auf der Skala vorhanden war.

Dies führte die Konstrukteure der Firma Bizerba 1952 dazu, eine optisch preisanzeigende Waage zu entwickeln und in den Verkehr zu bringen. Der große Vorteil dieser Ladentischwaagen lag darin, dass die Anzeige von Preis und Gewicht direkt untereinander abgelesen werden konnte. Dadurch wurde die Ablesbarkeit für den Bediener schneller und wesentlich verbessert.

Hiermit endet der erste historische Abschnitt über die Firma Bizerba. Die Erfolgsgeschichte der Firma wird fortgesetzt mit

der Entwicklung der elektronischen Waagen. Entsprechend den Wäge-Epochen wird vorher jedoch noch über die Chronos-Waage von 1883 aus Hennef a. d. Sieg berichtet, die erste automatische Waage der Welt.



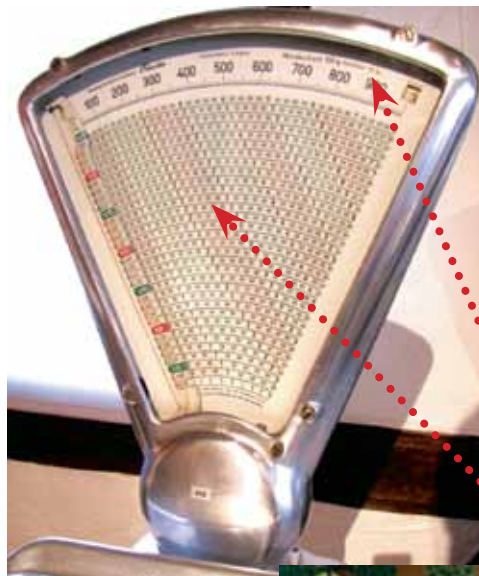
Prof. Wilhelm Kraut und seiner Sammelleidenschaft verdankt die Stadt Balingen den Grundstock des Museums für Waagen und Gewichte im Zollernschloss. 1943 stellte er seine komplette Privatsammlung dem Museum zur Verfügung. Die Sammlung wurde zwischenzeitlich erheblich erweitert.

Mit dem Blick auf das Balingener Zollernschloss mit dem Museum für Waagen und Gewichte soll gemäß den Worten des spanischen Kulturphilosophen José Ortega y Gasset geendet werden:

„Der Fortschritt besteht nicht darin, das Gestern zu zerstören, sondern seine Essenz zu bewahren, welche die Kraft hatte, das bessere Heute zu schaffen.“

Hinzugefügt sei: „Zukunft hat Geschichte!“ Dies ist besonders deshalb wichtig, weil die Waagen, wie auch bereits vor Jahrtausenden, den Geld- und Warenstrom regeln und steuern und deshalb auch immer auf der Höhe der Zeit zuverlässig entwickelt sein müssen. Ohne die Waagen wäre auch heutzutage, in unserer computergesteuerten Zeit, ein geordneter Wirtschaftskreislauf nicht möglich. Die Waagen sind u. a. weltweit ein Garant für den Verbraucherschutz. Verbraucher sind wir aber alle.

Abb. 10: Schaltgewichtswaage mit preisanzeigender Skala (re.)



• Gewichtsanzeige
• Preisanzeige

• Optische Preisanzeige (OP) (Direktablesung)
• Eingabemöglichkeit des Grundpreises je kg



OP-Waage im Einsatz an der Ladentheke

Doppelpendel-Neigungswaage mit optischer Preisanzeige (OP)

Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit

Von Ing. Wolfgang Euler, Hennef/Sieg, und Heinz Weisser, Balingen

4. Teil

Nicht nur die Bizerba-Waage, sondern auch die Chronos-Waage in Hennef a. d. Sieg (Köln/Bonn) war in jener Zeit ebenfalls ein „neuer Stern am Waagenhimmel“ – allerdings 400 km nördlich von Balingen. Im 3. Teil der „Geschichte der Waage“ hatten Wolfgang Euler und Heinz Weisser über die Firma Bizerba in Balingen, Zollernalbkreis, berichtet. Was beide Autoren im zweiten Teil dieser Serie nicht so direkt erkannt hatten, ist die Tatsache, dass fast in einem gleichen Zeitbereich sowohl in Balingen als auch in Hennef a. d. Sieg Weltgeschichte im Waagenbau geschrieben wurde.

Betrachtet man einmal das Gründungsjahr der Firma Bizerba, das Jahr 1866, so setzte bereits vor dieser Jahreszahl als auch danach in Hennef eine hohe Entwicklung und Forschung für die Herstellung der ersten automatischen Waage ein.

Die herausragenden Pioniere Carl Reuther und Eduard Reisert

Eduard Reisert besuchte Fortbildungsschulen in Aschaffenburg und Würzburg. Er erhielt danach im Jahr 1866 als junger Ingenieur eine Anstellung in Augsburg. Von da aus zog es Eduard Reisert nach Köln. 1876 gründete er dort gemeinsam mit dem Kölner Fabrikanten Munnem die Firma Munnem & Reisert.

Eduard Reisert war von der Idee fasziniert, die Kräfte der Natur zu nutzen und sie Arbeit für die Menschheit verrichten zu lassen, indem er die auf das Wägegut einwirkende Schwerkraft als Antriebskraft zum Füllen und Entleeren eines trommelartigen Wägebbehälters nutzte. Die gravierende Idee des automatisch arbeitenden Durchsatzmessgerätes für lose Schüttgüter war verwirklicht.

1877 fertigte Eduard Reisert mit der Nr. 66 und unter dem Firmennamen Munnem & Reisert in Coeln ein waagenähnliches Messgerät.



Abb. 1: Firmenschilder von Munnem & Reisert und Chronos

Vom Durchsatzmessgerät bis zur Zulassung und Eichung einer selbsttätigen, automatischen Waage war es jedoch noch ein weiter Weg. In dieser Zeit traf Eduard Reisert den ideenreichen, tatkräftigen Unternehmer Carl Reuther.

Carl Reuther hatte bereits in den Jahren 1859–1869 zunächst eine Mechaniker-Werkstatt und später dann auch eine Fabrik in Hennef gegründet. Er stellte dort verschiedene landwirtschaftliche Maschinen her, u. a. auch die bekannte Dezimalwaage als nicht automatische Waage. Seine zum Verkauf kommenden Produkte hatten eine hohe Qualitätsgüte, was schon in kurzer Zeit zu einem wirtschaftlichen Erfolg führte.

Woher hatte Carl Reuther seine dazu notwendigen Kenntnisse erworben?

Nach einer qualifizierten Schlosserlehre in Bonn ging Carl Reuther einige Zeit später auf Reisen durch Deutschland, Belgien und Frankreich – aber besonders durch seine Tätigkeit in der Stadt Lüttich/Belgien erlangte er ein enorm hohes Fachwissen. Damals stand der Maschinenbau besonders in Lüttich in

hoher Blüte, sodass es dort für den Mechaniker und Maschinenbauer aus Hennef viel zu lernen gab. Besondere Fertigkeiten und Kenntnisse hatte Carl Reuther auch im Bereich der Physik und Mathematik.

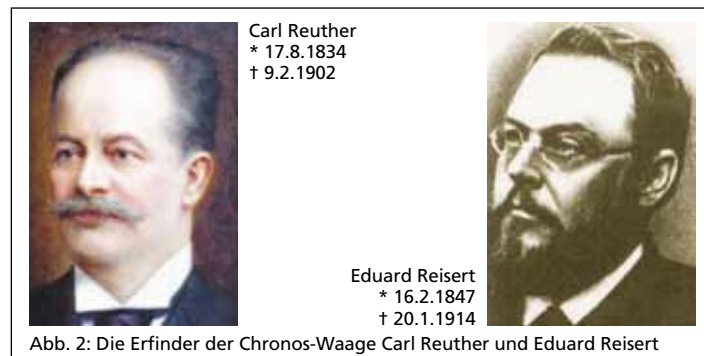


Abb. 2: Die Erfinder der Chronos-Waage Carl Reuther und Eduard Reisert

Carl Reuthers Kenntnisse über Waagen und Eduard Reiserts Know-how in Bezug auf die Schwerkraft des Schüttgutes führten am 1. Juli 1881 zur Gründung der Hennefer Maschinenfabrik C. Reuther & Reisert, die späteren Chronos-Werke. Dieses war die Geburtsstunde und die Fortsetzung einer genialen Entwicklung automatischer Waagen.



Abb. 3: Im Hintergrund das Firmengebäude bei der Gründung 1881, im Vordergrund die gleicharmige Tafelwaage seit 1969

Exakt vor 128 Jahren erfanden Carl Reuther und Eduard Reisert die Chronos-Waage, die erste eichfähige, automatische Waage der Welt. Mit dieser Pioniertat wurde eine 10000-jährige Tradition des Verwiegens von Hand beendet. Das Zeitalter der auto-

matischen Waagen begann. Mit dem Siegel „Kaiserliche Normal Aichungs-Commission“ als Wertmesser am 12. April 1883 in Berlin zur Eichung zugelassen, revolutionierte die Erfindung der Chronos-Waage das Wiegen und Messen weltweit. Besonders bemerkenswert ist, dass die Chronos-Waage vollautomatisch auf dem Prinzip der seit vielen tausend Jahren bekannten „gleicharmigen Balkenwaage“ (ehemals auch im Firmenlogo) in Grob- und Feinstrom sowie mit dem Nachstromregler arbeitet, unter Ausnutzung der „Erdanziehung“. Für den exakten automatischen Wägevorgang benötigt die Chronos-Waage deshalb keine eigene Energie.



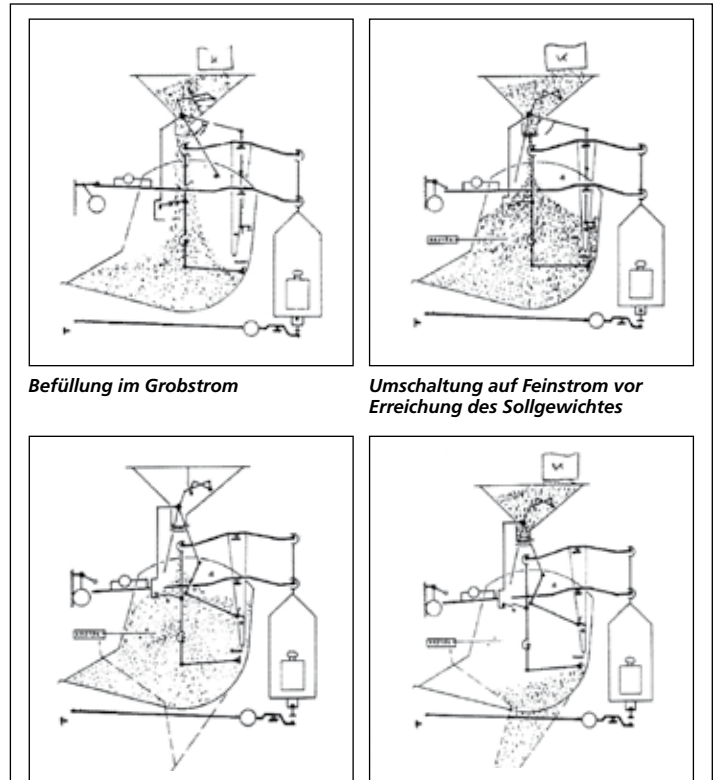
Abb. 4: Gleicharmiger Tandem-Waagebalken (oben) und Nachstromregler (unten)

Die Chronos-Waage ist im Prinzip eine gleicharmige Balkenwaage. Ein „normaler“ gleicharmiger Waagebalken konnte jedoch nicht verwendet werden, da daran weder große Wiegegefäße für das Wägegut noch große Gewichtsschalen für Gewichtsstücke angebracht werden konnten.

Dafür wurde das Kernstück der Chronos-Waage, der Tandem-Waagebalken, entwickelt. Eine große Erfindungsleistung war jedoch der sogenannte „Nachstromregler“. Der Nachstromregler ist eine Vorrichtung zur Regulierung der Waagen-Füllungen, sodass die erforderlichen Genauigkeiten erreicht werden. Dadurch ist die Einstellung der Chronos-Waage auf verschiedene Wägegüter mit unterschiedlichen Schüttdichten und Schütteigenschaften kein Problem und sehr einfach.



Abb. 5: Die erfolgreiche automatische Chronos-Waage von 1883 – hier für 10-kg-Abwägungen



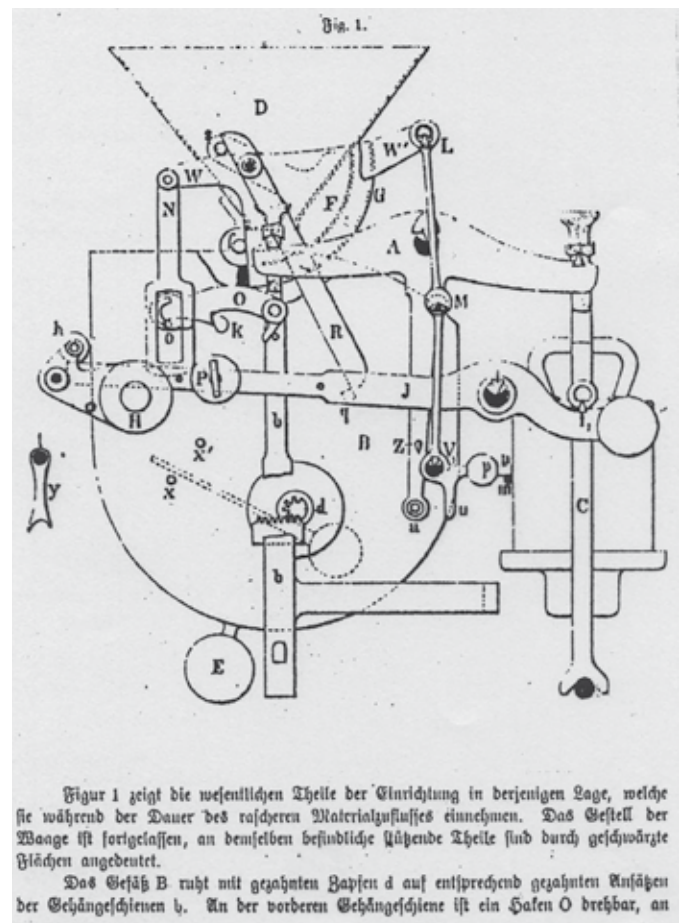
Befüllung im Grobstrom

Umschaltung auf Feinstrom vor Erreichung des Sollgewichtes

Nachstromregler und Erreichung des Sollgewichtes

Entleerung. Danach erneute Befüllung im Grobstrom

Abb. 6: Die Arbeitsphasen der automatischen Chronos-Waage und Beschriftung



Figur 1 zeigt die wesentlichen Theile der Einrichtung in derjenigen Lage, welche sie während der Dauer des rascheren Materialzuflusses einnehmen. Das Gestell der Waage ist fortgelassen, an denselben befindliche ruhende Theile sind durch geschwätzte Flächen angedeutet. Das Gefäß B ruht mit gezahnten Rippen d auf entsprechend gezahnten Ansätzen der Gehängeschienen b. An der vorderen Gehängeschiene ist ein Haken O drehbar, an

Abb. 7: Detailbeschriftung lt. umseitigem Nachtrags-Dokument von 1888

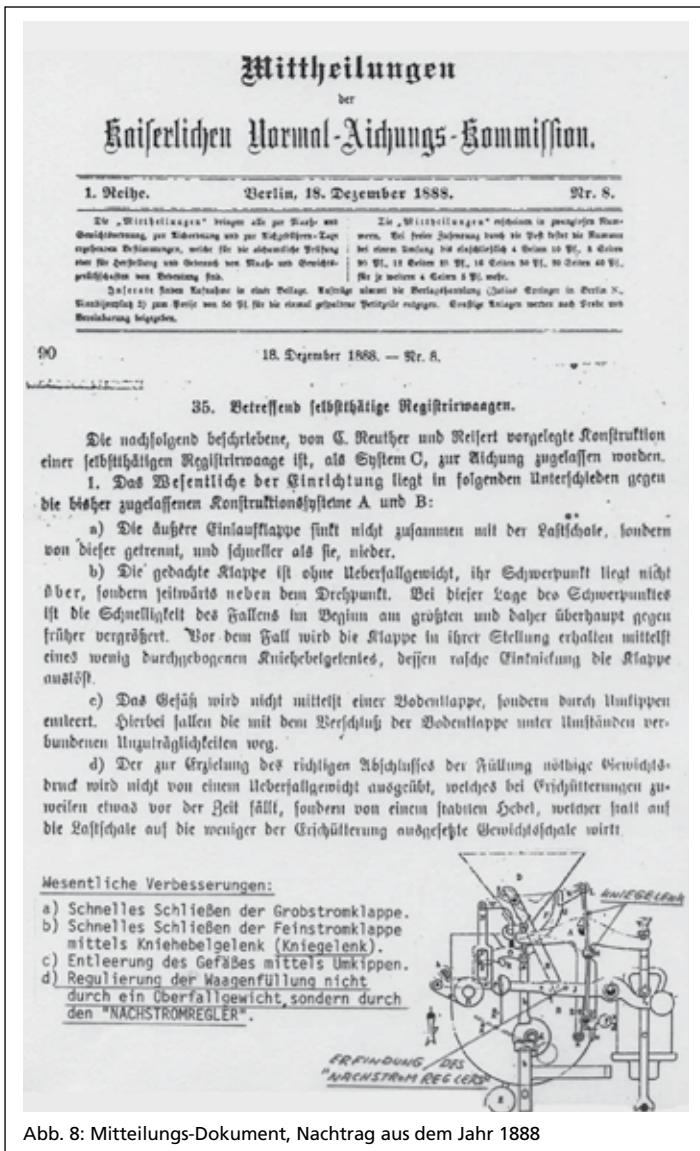


Abb. 8: Mitteilungs-Dokument, Nachtrag aus dem Jahr 1888

Den Erfolg geteilt: Die Stiftung der Carl Reuther Berufsschule 1897 in Hennef

Unter dem Motto „Helfen, erbauen die bessere Welt, dazu ward diese Stätte gestaltet, Auf dass die Arbeit füge Hand in Hand, Auf dass sie binde Land zu Land, Herzen zu Herzen“ stiftete Carl Reuther diese Berufsschule im Jahre 1897 und stattete sie mit reichen Mitteln aus. Die Schule war die erste Fortbildungsschule im Siegkreis und im weiten Umland. In Erinnerung an diese Stiftung trägt die heutige Fortbildungseinrichtung des Rhein-Sieg-Kreises in Hennef seit dem 2. Februar 2010 den Namen Carl Reuther Berufskolleg.



Abb. 9: Stiftungsschild und das heutige Logo des Carl Reuther Berufskollegs

Generell steuern und regeln die Waagen den Geld- und Warenstrom, wie auch bereits vor Jahrtausenden. Ohne die Waagen wäre auch heute, in unserer computergesteuerten Zeit, ein ge-

Auszüge aus einem Schreiben von Carl Reuther und Eduard Reisert vom Mai 1896

„Als wir vor ungefähr 20 Jahren (also 1876) mit dem Bau und der Einführung unserer eigenen Erfindung, einer automatischen Waage für Getreide usw. begannen, konnte dieses Unternehmen als ein ziemlich gewagtes angesehen werden, denn alle seitherigen von anderer Seite unternommenen Versuche nach dieser Richtung waren sämtlich fehlgeschlagen und galten nur als eine Bestätigung der damals allseitig herrschenden Ansicht, dass die Herstellung einer brauchbaren automatischen Waage überhaupt nicht möglich sei. Heute jedoch wird niemand mehr bestreiten, dass wir unsere Aufgabe mit dem vollständigsten Erfolge gelöst haben. Bei allen einschlägigen Betrieben von Bedeutung des In- und Auslandes, seien es die weltweit vielen Getreidespeicher oder Mühlen, Brauereien, Ölfabriken, Cementfabriken usw., sind unsere automatischen Waagen bekannt und eingeführt.

Sie entsprechen dem Bedürfnis eines rationellen Betriebes, der eine Unterbrechung der maschinellen Weiterbeförderung durch Handverwiegung ausschließt, in so hohem Maße, dass sie geradezu unentbehrlich geworden sind. Seitdem unsere automatischen Waagen außerdem in Deutschland und in fast allen anderen Ländern der Erde zur Aichung sowie zu zoll- und steuerrechtlichen Ermittlungen zugelassen worden sind, haben sie in den einschlägigen größeren Betrieben die alten, nicht automatischen Wägeeinrichtungen vollständig verdrängt.“

ordneter Wirtschaftskreislauf nicht möglich. Die Waagen sind u. a. weltweit ein Garant für den Verbraucherschutz. Verbraucher sind wir alle.

Am Ende des 4. Teils kann mit besonderer Freude festgestellt werden, dass sowohl mit Bizerba in Balingen als auch mit der Chronos-Waage in Hennef die Welt der Waagen sehr gravierend und bedeutend innovativ verändert wurde. Über und durch die Erfindung von Pfarrer P. M. Hahn und P. G. Schaudt in Albstadt-Onstmettingen wurde bei Bizerba die Neigungsschaltgewichtswaage erstmalig auf den Markt gebracht. Die Bedienung der Waage wurde dadurch sicherer und kundenfreundlicher, bei gleichzeitigem Zeitgewinn und einer höheren Anzeigenauigkeit. Diese Neigungswaagen fanden fast ausschließlich ihren Einsatz im gesamten Lebensmittelhandel, z. B. beim Metzger, Bäcker usw.

Der Begriff und das Waagen-Symbol „Chronos“ (griech. „Zeit“) wurde aufgrund des Faktors „Zeit“ und der „Genauigkeit“ als Name für den Waagentyp sowie als späterer Firmenname gewählt.

Die Begründung ist einfach. Etwa 10000 Jahre wurden Schüttgüter mit nicht selbsttätigen Waagen von Hand gewogen. Mit der Erfindung der automatischen, selbsttätigen Chronos-Waage wurde das Abwägen und/oder Wägen von losen Schüttgütern deutlich verkürzt, dadurch sehr viel Zeit eingespart und das Wiegen wesentlich genauer, präziser und manipulationsicherer. Automatische, selbsttätige Waagen sind heutzutage aus der modernen industriellen und computergesteuerten Wägetechnik nicht mehr wegzudenken. Das sind u. a. Themen der nächsten Beiträge dieser Reihe. Der weitere zukünftige Mitautor Rudi Keinath aus Onstmettingen wird im nächsten Teil vorgestellt.

Der Begriff „Chronos“ hat also inhaltlich eine gemeinsame Bedeutung für die Waagenentwicklungen bei Bizerba auf der Schwäbischen Alb sowie für die Chronos-Werke in Hennef a. d. Sieg. Beide Firmen waren seinerzeit führende Welthersteller von Waagen. Die Autoren fragen sich heute: Gab es damals – 1859, 1866, 1877 und 1881 – niemals Kontakte zwischen der Schwäbischen Alb und dem Rheinland für Erfahrungsaustausche?

Zur Serie: „Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit“

In der vorherigen Ausgabe dieser Fachzeitschrift erschien bereits der 4. Teil der Serie „Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit“. Der Hauptautor und Initiator dieser Serie, Wolfgang Euler aus Hennef/Sieg, stieß bei seinen Recherchen zur Chronos-Waage 1988 (in dem Jahr ist Wolfgang Euler in die Abteilung Bauartzulassung & Eichwesen versetzt worden) u. a. auf die vom Verlag Moritz Schäfer herausgegebene Anzeigenbeilage zur Fachzeitschrift „Die Mühle“, genannt „Deutscher Mühlen-Anzeiger“, No. 13 vom 30. März 1883, und konnte darin hoch erstaunt den nachfolgenden Text lesen:

„Dadurch, dass durch Beschluss der Kaiserlichen Normal-Aichungs-Commission in Berlin unsere patentierten automatischen Getreidewaagen zur Aichung zugelassen werden, sind diese in die Reihe der gesetzlichen Wertmesser eingetreten.

Dieselben sind die einzigen im Gewerbebetriebe verwendbaren automatischen Waagen, weil nach § 369 des Strafgesetzbuches der Gebrauch ungeaichter Waagen im Gewerbebetriebe verboten ist und automatische Waagen eines anderen bis jetzt existierenden Systems nicht geaicht werden können.“

Umso mehr erfreut es Autor und Redaktion, dass nach 128 Jahren mit einer Serie über die historische Entwicklung der Waagen in dieser Mühlen-Fachzeitschrift des gleichen Verlages von 1883 begonnen wurde.



Abb. 1: Wegen der wägetechnischen historischen Bedeutung ist die Ausgabe des „Deutschen Mühlen-Anzeigers“ von 1883 hier noch einmal abgebildet.

Bei seinen weiteren Recherchen stieß Wolfgang Euler auch auf die Spuren zur Kaiserlichen Normal-Aichungs-Commission in Berlin, und entdeckte hierbei das nachfolgende Dokument mit einer sehr wichtigen Bestätigung, die im Prinzip identisch ist mit der im „Deutschen Mühlen-Anzeiger“ von 1883.

Die Veröffentlichung im „Mühlen-Anzeiger“ erfolgte unmittelbar, nachdem die Kaiserliche Normal-Aichungs-Kommission in Berlin die mündliche Zusage zur Zulassung der selbsttätigen Waage zur Aichung erteilt hatte, also noch vor der offiziellen Bekanntmachung.

Die offizielle Zulassungsbestätigung zur Aichung erfolgte im Circular No. 39 der Kaiserlichen Normal-Aichungs-Kommission in Berlin am 12. April 1883.

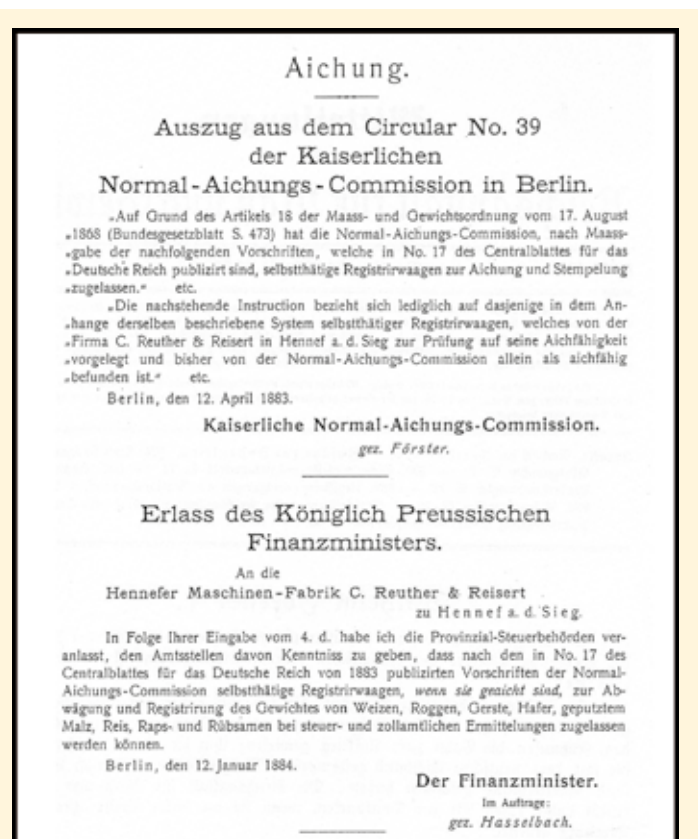


Abb. 2: Auszug aus dem Circular 39 der Kaiserlichen Normal-Aichungs-Commission in Berlin, 12. April 1883.

Zu beachten ist der zweite Absatz dieses Auszugs:

*„Die nachstehende Instruction bezieht sich lediglich auf dasjenige in dem Anhange derselben beschriebene System selbstthätiger Registrierwaagen, welches von der Firma C. Reuther & Reisert in Hennef a. d. Sieg zur Prüfung auf seine Aichfähigkeit vorgelegt und bisher von der Normal-Aichungs-Commission *allein als aichfähig befunden ist.*“* Etc. Berlin, den 12. April 1883

Die Texte sowohl im „Mühlen-Anzeiger“ als auch in der Veröffentlichung der Kaiserlichen Normal-Aichungs-Kommission beweisen eindeutig, dass C. Reuther & Reisert die Erfinder der ersten selbsttätigen wie auch der ersten **eichfähigen selbsttätigen Waagen** in der Welt sind.

Die Erfindung der selbsttätigen automatischen Chronos-Waage ist und bleibt in der langen Geschichte der Waage bis zur Stunde ein einmaliger Vorgang, zumal die **Chronos-Waage zum automatischen Wägevorgang keine eigene Energie benötigt.**

Professor Dr. Dr. Manfred Kochsiek, ehemaliger Vizepräsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) und Präsident der OIML (Organisation Internationale de Metrologie Legale), schrieb 2005 in seinem Grußwort zur Eröffnung des Hennefer Waagen-Wanderweges am 22. Februar 2005 u. a.: „Mit der einzigartigen Erfindung der beiden großen Pioniere Carl Reuther und Eduard Reisert vor 125 Jahren ging die Handverwiegung von losen Schüttgütern zu Ende und das Zeitalter der automatischen Waagen begann.“

Waagen-Ausstellung in Nordrhein-Westfalen (NRW)

Die Chronos-Waagen-Ausstellung „Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit“ und der „Waagen-Wanderweg“ in der

Stadt Hennef sind einmalig in NRW. In der Angebots-Faltkarte der NRW-Stiftung ist die Chronos-Waagen-Ausstellung und der Waagen-Wanderweg in der Region Köln & Bonn aufgeführt. In jedem NRW-Stiftungsmagazin wird zusätzlich auf diese beiden Sehenswürdigkeiten hingewiesen.

Weitere Veröffentlichungen

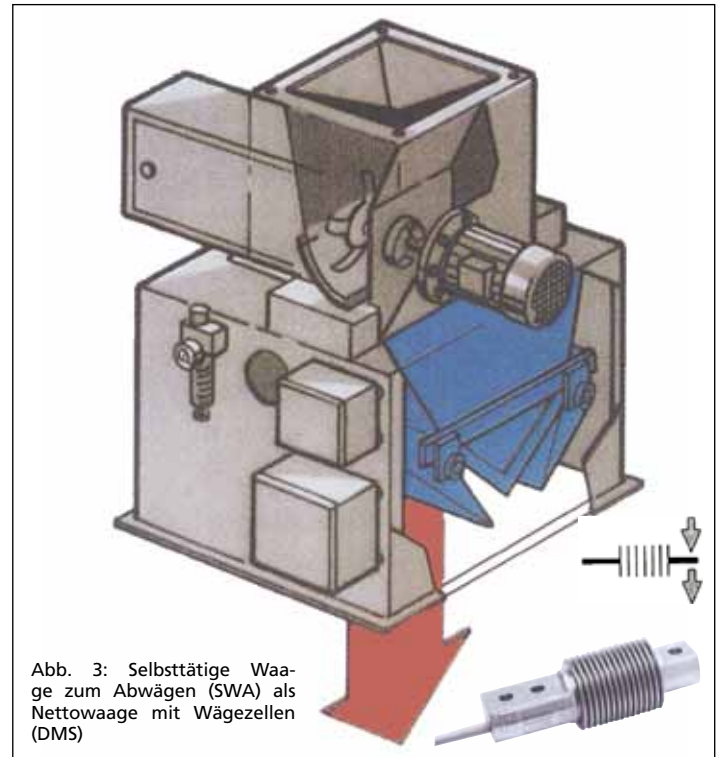
In den weiteren Folgen der Serie „Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit“ werden die nachfolgenden Themen behandelt:

1. Die Gewichte sind ein wichtiges Hauptthema, da ohne genaue Gewichte weder mechanische noch elektronische Waagen exakt kalibriert werden können. Die Gewichte sind und haben die höchste Priorität für im Handel befindliche Waagen und deren zuverlässige Genauigkeit. Die gleiche Priorität gilt selbstverständlich auch für das Gesundheitswesen.
2. Danach widmen sich die Autoren dem Thema Masse-Kraftmessung sowie den Biegestäben, Wägezellen (Dehnungsmessstreifen/DMS) und dem Beginn der elektronischen Wägetechnik.
3. Nicht selbsttätige und selbsttätige Waagen: In den nachfolgenden Beiträgen werden sowohl die mechanisch-selbsttätigen als auch die elektronisch-selbsttätigen Waagen erklärt.
 - 3.1 NSW – Nicht selbsttätige Waagen – OIML R 76. Nicht selbsttätige Waagen sind Waagen, bei denen ein Zu- bzw. ein Eingriff durch den Bediener erforderlich ist.
 - 3.2 SWT – Selbsttätige Waagen zum Totalisieren – OIML R 107 (Annahme/Verladung – Bulk, mechanisch ähnlich ausgeführt wie Abb. 3)
 - 3.3 SWA – Selbsttätige Waagen zum Abwägen – OIML R 61 (Absackung – Bagging)
 - 3.4 Check-Weigher und Preisauszeichner – OIML R 51 – für die Discounter-Gruppen

Alle vorgenannten Waagen werden sowohl hinsichtlich der

Technologie/Funktion als auch bezüglich der Metrologie, gesetzlichen Mess- und Eichwesen, behandelt und erklärt. In jedem Falle also immer unter Einbeziehung der Eich- und Verkehrsfehlergrenzen sowie der FPVO (Fertigpackungs-Verordnung).

Bisher erschienene Beiträge der Serie „Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit“: Mühle-Heft 24/11, S. 829/830 – Heft 2/12, S. 117/118 – Heft 5/12, S. 146–148 – Heft 7/12, S. 216–218.



HISTORY OF SCALES

Part 3: Weights, scales and weighing through the ages

ING. WOLFGANG EULER, Hennef/Sieg and
HEINZ WEISSER, Balingen

In Part 2 we stated (among other points) that the equal armed beam scale also works on the analogue principle. A greater or lesser weight on the scale results in a proportionally larger or smaller movement of the pointer.

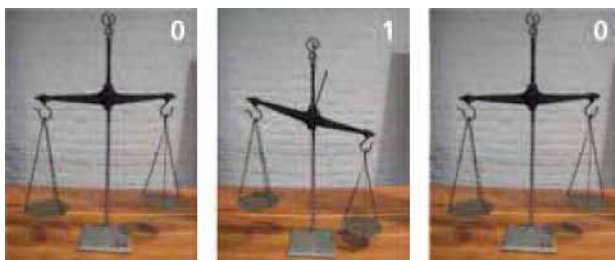
From Gottfried Wilhelm Leibniz and the center beam balance (known for thousands of years) to the latest digital technology



Gottfried Wilhelm Leibniz (born 1 July 1646 in Leipzig, died 14 November 1716 in Hanover aged 70) deduced a system of calculation that uses just two numbers, 0 and 1, from the division of weights on the analogue, center beam scale. A brilliant idea – or perhaps not? But how did

Gottfried Wilhelm Leibniz, who lived in Wolfenbüttel near Brunswick, discover the binary system with just 0 and 1 which is still in widespread use today and which forms the very foundation of computer technology?

Let's take a closer look at the center beam scale without any weights on it: the pointer clearly points to 0.



If any weight is placed on the center beam scale, the pointer shows “just one position”, and that is the number 1. If the weight is removed from the scale, the pointer returns to the position 0. This is an incredible achievement, which Leibniz was able to work out from looking at the center beam scale. In the authors' opinion there is no doubt that Leibniz really changed the world with his discovery and that this is one of the greatest inventions of the modern era. Today not only computers, scales and satellite navigation systems work using the binary system, but also almost anything and everything that has to do with data. And of course all the current weighing scales and data systems.

Leibniz died lonely and was buried in the graveyard of St. Johannis Church in the Neustadt district. It may be that a similar fate befell other researchers and engineers from the Swabian mountains, because their outstanding work remained largely unknown to the inhabitants of their home region and the surrounding areas. But this will all be revealed in future research.

Philipp Matthäus Hahn and the pendulum scales

Philipp Matthäus Hahn came to Onstmettingen for the first time in 1756. There he became friends with Philipp-Gottfried Schaudt, who was the same age. Both were exceptionally curious about natural sciences and were enthusiastic about technology.

The brilliant leadership of Hahn, together with the active assistance provided by Schaudt and the Sauter brothers resulted in clocks, calculating machines and pendulum scales. Let's take a closer look at the first pendulum scales designed and built as a simple household scale by this team.

So how did the development work begin on these pendulum scales, which are so different from the center beam scales in terms of their physical properties? The center beam scale shows the result of the measurement when the beam is in a horizontal position and the pointer in vertical position. This type of scale therefore has one single point of equilibrium. The off-center pendulum scale, by contrast, reaches a new equilibrium each time depending on the weight that is placed on it. The pendulum scale therefore has an infinite number of points of equilibrium. In other words: “In contrast to the center beam scale the pendulum scale measures mass not by means of compensation with another mass, but via the deflection, which can be read off a scale. The pendulum scale therefore calculates the result itself, automatically”.

This principle of Hahn's pendulum scales was used 161 years later in the first German pendulum scale with sliding reference weights, which was manufactured by Bizerba in Balingen/Zollernalbkreis in 1924.

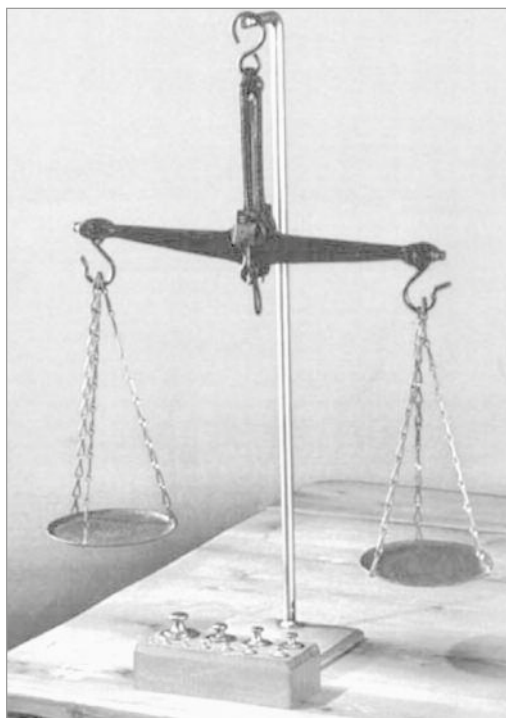


Fig. 2 Center-beam balance

Andreas Bizer: The pioneer of the early years and the great expansion!

In 1866 Bizer became involved in the ongoing history of weighing scale development. This was the year in which he established a workshop in Ebingen to manufacture and repair scales. In 1868 he moved the workshop to Balingen. In this section we highlight the main milestones from this simple engineering workshop for scales to the modern, high-tech company of today.

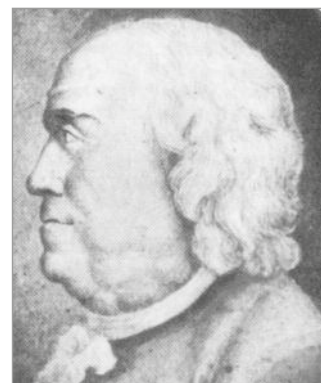
After setting up his company Bizer concentrated mainly on producing counter scales of the Roberval Balance type. During this period he gained considerable experience in non-self-indicating scales. These are scales which require the operator to manipulate weights or poises during the weighing process. In 1871 Andreas Bizer was appointed a master calibrator in conjunction with the introduction of the metric system of weights and measures.

Of course Bizer was aware of the invention of the pendulum scales by Hahn in 1763. This was the beginning of an unprecedented development of a small scale-maker. The pendulum scales were the cornerstone and the catalyst for Bizerba's success.

The middle photograph shows Prof. Wilhelm Kraut with the original of Hahn's pendulum balance scales, the principle of which was incorporated into the world famous pendulum scales first produced by Bizerba in 1924.



Philipp Matthäus Hahn
Born 25.11.1739 –
Died 02.05.1790



Philip Gottfried Schaudt
Born 11.10.1739 –
Died 21.06.1809

The roll-out of the first off-center beam counter scales in Germany

Figure 4 shows the historic development of the first off-center beam balances, which were produced successfully for many years. In 1924 the prototype of the off-center beam balance with variable reference weights was built with a wooden casing. In the same year these Bizerba scales were given component-type approval for verification for the first time in Germany. The scale at the back is an early mass production model. On the left is the highly successful model of the off-center beam balance with sliding poise developed in 1954 (see below). By 1928 Bizerba had become the largest manufacturer of weighing scales in Germany.



Andreas Bizer
Born 07.09.1839 –
Died 07.12.1914

Note:
"Bizerba" originates from
"Bizer" and "Balingen"



Prof. Wilhelm Kraut (Sen.)
Born 09.05.1875 –
Died 26.09.1957

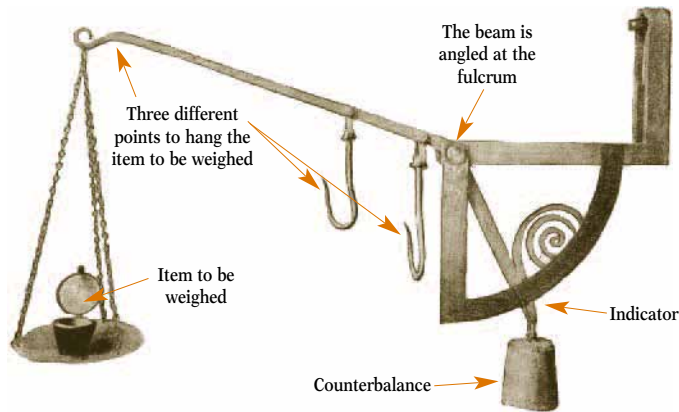


Fig. 3 Hahn's pendulum scale with 3 weighing points and an incremental scale. First invented in 1763 by Philipp Matthäus Hahn

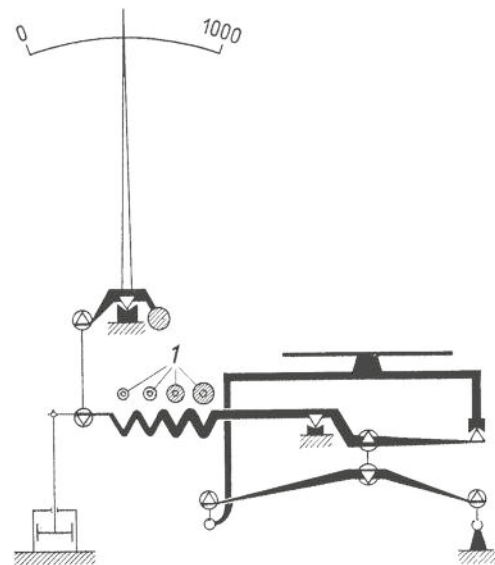


Fig. 5 Principle of the off-center beam balance with variable reference weights



Fig. 4 The first family of Bizerba off-center beam balances

From the pendulum scale with variable weights to the optical price-indicating scales

The later versions of pendulum scales with variable poise weights enabled the operator to read the weight and the corresponding price from a chart. This process required from the operator a precise reading of the weight and price data as the chart consisted of a large number of figures and combinations.

Therefore, the designers set about developing scales with an optical price indicator, brought to market in 1952. The great advantage of these counter scales was that they showed the price and the weight directly beneath one another. It became much faster and easier for the operator to determine the correct price.



Fig. 6a Pendulum scales with variable weights and price indicating scale

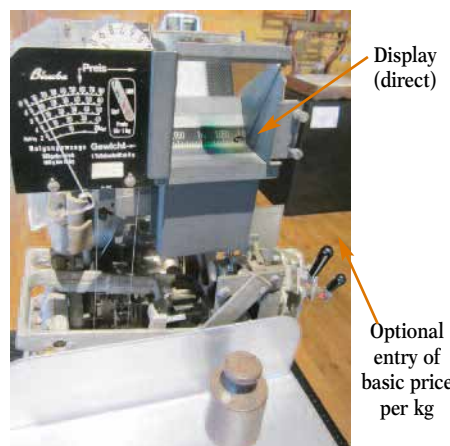


Fig. 6b Double pendulum scales with optical price

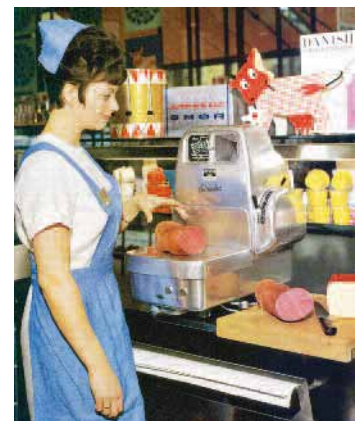


Fig. 6c Optical price scales in operation

This marked the end of the first chapter in the history of Bizerba, which continued with the development of electronic weighing scales. But to keep things in right order we will first take a look at the Chronos scale in 1883, the first automatic weighing scale in the world.

The town of Balingen owes the genesis of the Museum for Scales and Weights in the Zollern castle to Prof. Wilhelm Kraut and his passion for collecting. In 1943 he made his entire private collection available to the museum, and since then the collection has been extended considerably.

We conclude Part 3 with the words of the Spanish cultural philosopher Jose Ortega y Gasset:

Progress does not consist of destroying the past, but of preserving its essence, which had the power to create a better today."

To which we could add: "The future has a past!" This is particularly important because scales regulate and control the flow of money and goods, as they did thousands of years ago. They must therefore permanently be kept up to date with the latest technology. Without scales it would be impossible to organize an orderly economy, even in our computer-driven age. Scales are also a guarantee for consumer protection everywhere in the world. And ultimately we are all consumers. ■

About the authors

Wolfgang Euler is an engineer, adviser and consultant for international statutory measuring and calibration as well as for scales technology, and was the former chairman for automatic scales in the European metrology association CECIP and Group Legal Metrology Manager for Chronos in Hennef. He worked 48 years for this company world-wide in the fields of design, service, training & legal metrology. Wolfgang Euler has been in close contact with the technical development of Bizerba GmbH & Co. KG for over 10 years and has kindly declared himself willing to write this series for our Bizerba News. Mr. Heinz Weisser is an electronics technician. He has been working at BIZERBA headquarters for over 40 years, including nearly 20 years in technical education and training during which he has been head of product training and project manager in the field of industrial weighing and data technology.

Part 4: The evolution of weights, scales and weighing

The first automatic scales

New developments in the 1880's concerned not only the Bizerba scales, but also the Chronos scales, which originated some 400 km north of Balingen in Hennef an der Sieg (Cologne/Bonn region). Weighing history was being written here as well, as the first automatic weighing scales were soon to be manufactured following intensive research and development work.

The real trailblazers were Carl Reuther and Eduard Reisert

Eduard Reisert attended professional training schools in Aschaffenburg and Würzburg. In 1866 he found employment as a young engineer in Augsburg. From there Reisert moved on to Cologne. In 1876 he founded the company Munnem & Reisert with the manufacturer Munnem from Cologne. Reisert was fascinated by the idea of using the forces of nature to do work, so he applied the gravity that pulled on the item to be weighed as a source of power to fill and empty a weighing container shaped like a drum. The groundbreaking idea of an automatic flow measurement device for loose and bulk goods was born.

In 1877 Reisert manufactured a measuring device similar to a weighing scale known as No. 66 under the name of Munnem & Reisert in Cologne.



However, there was still a long way to go from the bulk flow measurement device to the approval and calibration of an automatic mechanical weighing scale. Around this time Reisert met the innovative, dynamic entrepreneur Carl Reuther.

Reuther had run an engineering workshop from 1859–1869 and later founded a factory in Hennef. There he built a variety of agricultural machines, and also the familiar decimal weighing scales, but not in an

automatic version. The products he offered for sale were of a very high quality, which soon secured his commercial success.

But where did Carl Reuther acquire the knowledge he would have needed?

After qualifying as a metalworker in Bonn, Reuther travelled as a journeyman through Germany, Belgium and France. In particular during his time working in Liège in Belgium he gained a vast amount of professional know-how. At that time mechanical engineering was in its heyday in Liège and so for the mechanic and engineer from Hennef there was a great deal to learn. Reuther was also particularly skilled and knowledgeable in mathematics and physics.



Eduard Reisert.
Born 16.02.1847
in Alzenau/ Lower
Franconia –
Died 20.01.1914
in Cologne



Carl Reuther.
Born 17.08.1834
in Hennef –
Died 09.02.1902 (ibid)



Company nameplate

Reuther's knowledge of weighing scales and Reisert's know-how relating to the forces of gravity acting on bulk goods led them to establish the machine factory C. Reuther & Reisert on 1 July 1881 in Hennef, the predecessor of the Chronos factory. This was the birthplace and the continuation of the brilliant evolution of automatic weighing scales.



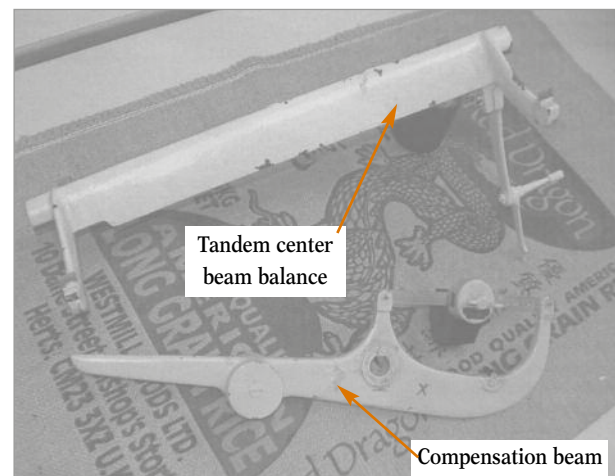
Former company logo
Center beam balance

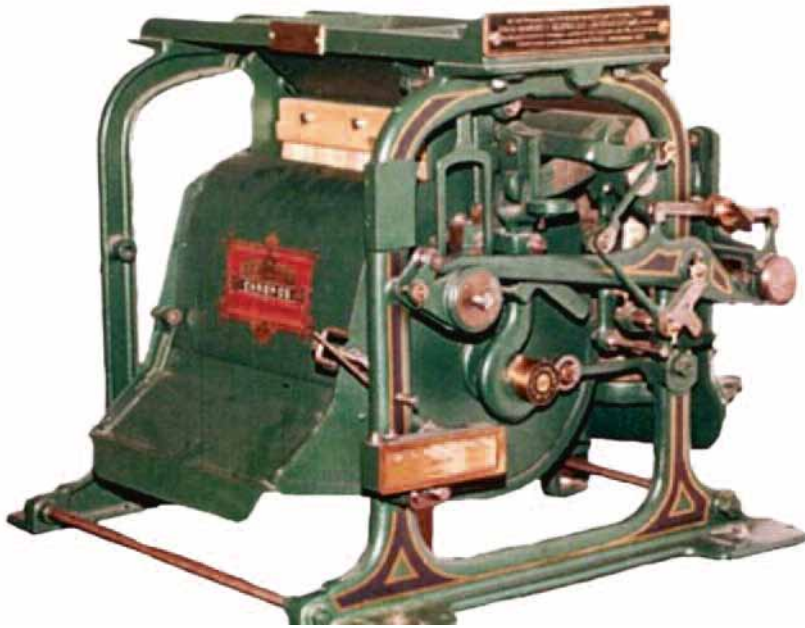
Exactly 128 years ago Reuther and Reisert invented the Chronos scales, the first calibratable automatic weighing scales in the world. This pioneering act put an end to a 10 000 year old tradition of weighing by hand – the era of automatic weighing had begun.

Approved for calibration as a measuring device with the seal of the "Imperial Standard Calibration Commission" on 12 April 1883 in Berlin, the invention of the Chronos scales revolutionized weighing and measuring worldwide. It is particularly remarkable that the Chronos scales functioned fully automatically according to the principle of the center beam balance which had been known for millennia (and which was formerly used as the company logo), for both fast and fine flows and including an after-flow regulator by using the earth's gravity. This meant that the Chronos scales required no own energy input to carry out the precise weighing process.

In principle, the Chronos weighing scale is a center beam balance. However, a "normal" center beam balance could not be used, as neither the large hoppers for the produce nor the large pans to hold the weights could be attached to it. This spurred the development of the heart of the Chronos weighing scale, the tandem beam balance. Setting the Chronos scale for various types of goods with different flow densities and flow properties was not a problem and could be done easily.

The Chronos weighing scale from Hennef an der Sieg was approved for calibration as a measuring device on 12 April 1883 in Berlin.





A worldwide hit! The successful automatic Chronos scale from 1883, here for 10 kg weights. The Chronos scale was the first calibratable automatic scale in the world and was approved for calibration as a measuring device on 12 April 1883 in Berlin. It was made for weighing fixed weights between 200 g and 3 000 kg.

Shared success: The foundation of the Carl Reuther Berufsschule 1897 in Hennef

Carl Reuther founded this vocational training school in 1897 with the motto *“This institution was founded to help build a better world. May its work join hand to hand, may it bind land to land, heart to heart”* and endowed it with considerable funds. It was the first professional training school in the Sieg district (Cologne/Bonn) and the surrounding area. In memory of this foundation the present-day vocational training institution of the Rhine-Sieg district in Hennef



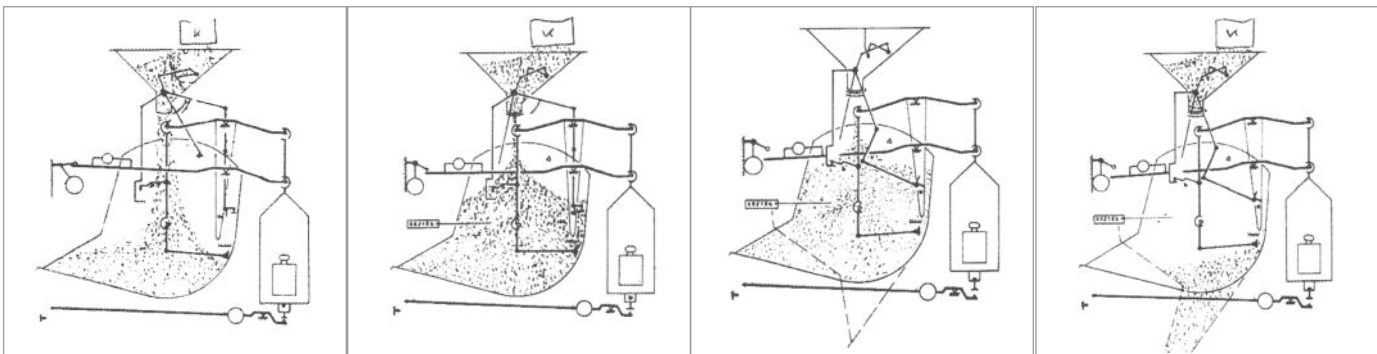
has been known as the Carl Reuther Berufsschule since 2 February 2010.

Generally speaking, weighing scales control and regulate flows of goods and funds today as they did millennia ago. Without scales it would not be possible to organize an orderly economy, even in our computer-driven age. Scales are also a guarantee of consumer protection everywhere in the world. And ultimately we are all consumers.

As we reach the end of Part 4 we are particularly happy to note that both Bizerba in Balingen and the Chronos scales in Hennef brought profound and far-reaching changes to the world of weighing. Thanks to the invention of the parson P.M. Hahn and P.G. Schaudt in Albstadt-Onstmettingen, Bizerba brought the pendulum scales with variable weights to market for the first time. This made it easier and safer to operate the scales, which also saved time and enabled a more precise result to be displayed. These pendulum scales were mainly used in the food retailing business by butchers, bakers and grocers.

The term and the balance symbol Chronos (Greek for time) were chosen as the name for the scales and subsequently as the company name because they represented time and accuracy. The explanation is simple: for around 10 000 years bulk goods were weighed by hand with manual scales. The invention of the automatic mechanical Chronos scales drastically reduced the time needed to weigh bulk goods. This also made the weighing process much more accurate, precise and tamper-proof. Today's modern industrial and computer-controlled weighing technology would be unthinkable without automatic mechanical scales, which will be one of the topics of our next article. The term Chronos, in

The phases of the automatic Chronos scales



Filling with fast flow

Switch to fine flow before desired weight is reached

After-flow regulator and emptying

Repeated filling with fast flow

combination with the center beam balance of the same name, therefore has a common significance for the scales developed at Bizerba and for the Chronos scales. In their day, both companies were world leaders in the production of weighing scales. The authors cannot help but wonder whether there was any contact between the two manufacturers in 1859, 1866, 1877 and 1881.

Extracts from a letter by Carl Reuther and Eduard Reisert dated May 1896

“When some 20 years ago (in 1876) we began to build and commercialize our own invention, an automatic weighing scale for grain, etc., this endeavor might have been considered to be quite bold, because all attempts in this

direction undertaken hitherto by others had failed and served only to confirm the general opinion at the time that the manufacture of a useful automatic weighing scale was completely impossible. Today however, nobody can deny that we solved the task we set ourselves with the utmost success.

“Our automatic scales are well known and in operation at all the relevant major industrial sites at home and around the world, whether they be grain warehouses, mills, breweries, oil factories or cement works.

“They meet the needs of rational manufacturing, which abhors the interruption of mechanical conveyance for manual weighing, to such a degree that they have become practically indispensable. Since our automatic weighing scales were approved for calibration and for customs and excise purposes in Germany and almost all other countries around the globe they have completely supplanted the old, non-automatic weighing devices at all the pertinent larger factories”. ■

To series: Weights, scales and weighing in the course of time

Already the 4th part of the series was published in the previous edition „Weights, scales and weighing in the course of time“ of this magazine.

While researching about the Chronos-Weigher, the main author Wolfgang Euler from Hennef discovered in 1988 (the year when he was transferred to the department ‚Type-Approval & Legal Metrology‘ among other things the advertising supplement of the magazine „The Mill“ (published by the publishing company Moritz Schäfer), called „German Mill Journal“, no. 13, dated March 30, 1883. Quite surprised he read the following text:

„Because the Imperial Normal Calibration Commission has approved our patented automatic grain weighers for calibration, they have joined the group of legal value measures.

These are the solely automatic weighers usable in commercial enterprises, since the use of uncalibrated weighers in commercial enterprises is prohibited according to § 369, Code of Penal Procedure and automatic weighers of an other system existing until now cannot be calibrated.“

Thus the author and the editorial teams are all the more pleased that after 128 years a series on the historical development of the weighers has started in this mill journal of the same publishing company of 1883.

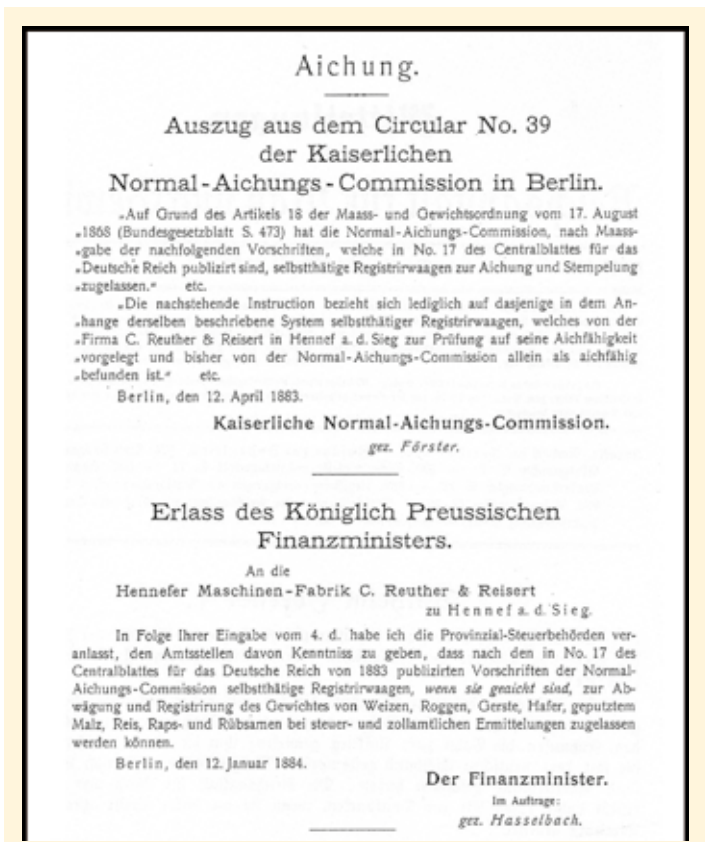


Image 2: Extract of the Circular 39 of the Imperial Normal Calibration Commission in Berlin, April 12th, 1883.

following instruction relates only to the same system of automatic registering weighers as described in the annex, submitted from the company C. Reuther & Reisert in Hennef at the Sieg River in accordance to verify the calibratability, and so far has been considered from the Imperial Normal Calibration Commission as solely calibratable.“ Etc. Berlin, April 12th, 1883.

The texts both in the “Mill Journal” and in the publication of the Imperial Normal Calibration Commission clearly demonstrate that C. Reuther & Reisert are the inventors of the first automatic as well as the first calibratable automatic weighers in the world.

The invention of the automatic Chronos-Weigher is and remains so far as a unique process in the long history of the weigher, especially since the Chronos-Weigher does not require any energy of its own for the automatic weighing process.

During his further researches Wolfgang Euler also found the traces to the Imperial Normal Calibration Commission (Kaiserliche Normal-Aichungs-Commission) in Berlin and discovered the following document with a very important confirmation, which is identical in principle with the „German Mill Journal“ of 1883.

The publication in the „Mill Journal“ took place directly after the verbal confirmation and prior to the official announcement of the Imperial Normal Calibration Commission in Berlin, that the automatic weigher had been approved for calibration.

The official confirmation of the approval for calibration took place in the “Circular No. 39” of the Imperial Normal Calibration Commission in Berlin on April 12th, 1883.

It should be noted the second paragraph of this extract: “The

Weigher Exhibition in NRW (Nordrhein-Westfalen)
The Chronos Weigher Exhibition “Weights, Weigher And Weighing Through Changing Times” and the “Weigher Footpath” of Hennef City are unique in NRW. In the Foundation’s folding

map with various offers, the "Chronos Weigher Exhibition" and the "Weigher Footpath" are listed in the region Cologne & Bonn. Each NRW Foundation Magazine additionally points out these two attractions.

Further Publications

The coming chapters of the series Weights, scales and weighing in the course of time will focus on the following topics:

1. The weights are an important main topic since neither mechanical nor electrical weighers can be exactly calibrated without precise weights. These weights are the highest priority for weighers in commercial enterprises and their reliable accuracy. Of course, the same priority applies to the health system.

2. After that the authors will focus on the subject "Mass & Force-Measuring" as well as the bending beam, load cells (strain gauge / DMS) and the start of the electronic weighing technique.

3. Non-automatic and automatic weighers: In the following articles both the mechanic-automatic and the electronic-automatic weighers will be explained.

3.1 Non-automatic weighing instruments (NAWI) – OIML R 76 (the basis for EN 45501). Non-automatic weighers are weighers where access or intervention of the operator is required.

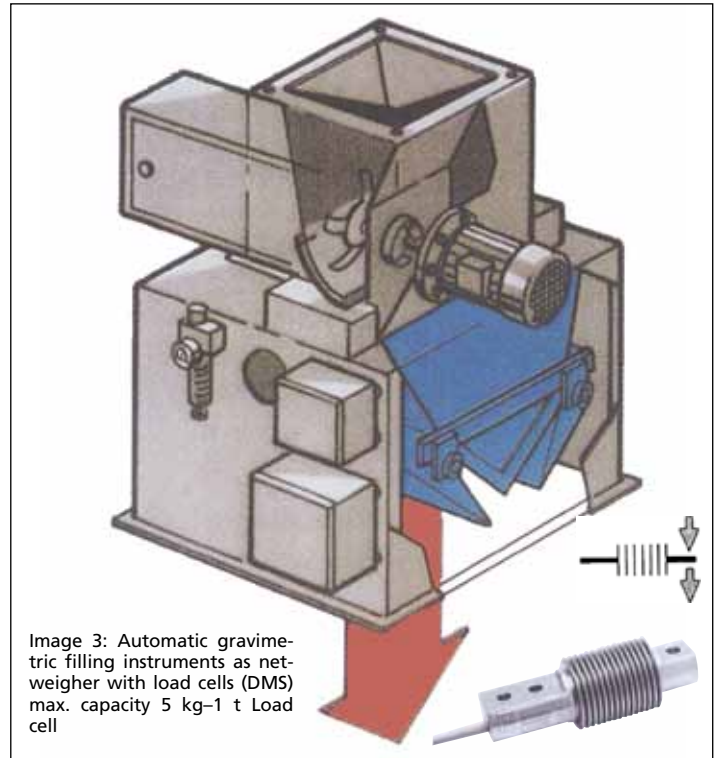
3.2 OIML R 107 Discontinuous totalizing automatic weighing instruments (Totalizing hopper weighers. Bulk, Receiving - Shipping, Annahme - Verladung, mechanically similar processed as in image 3)

3.3 OIML R 61 Automatic gravimetric filling instruments – (AGFI), Bagging.

3.4 OIML R 51 Automatic catchweighing instruments. Check weigher and price labeller for discounter groups.

All such above mentioned weighers will be discussed and exp-

lained concerning the technology / function as well as the calibration, the legal metrology. Means, in all cases always including the metrology and service error limits as well as the FPVO (Finished Pack Regulations)



Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit

Von Ing. Wolfgang Euler, Hennef/Sieg, und Heinz Weisser, Balingen

5. Teil

Gewichte im Altertum

Messen und Wiegen sind seit jeher Voraussetzung für jede Art wirtschaftlicher Tätigkeit. Es gibt nahezu keinen Bereich des menschlichen Lebens, in dem Gewichte nicht eine entscheidende Rolle spielen. Unsere heutigen Kenntnisse über die Gewichte im Altertum stammen aus vielerlei Quellen. Archäologen haben einige ziemlich frühe Standards geborgen, die heute in Museen aufbewahrt werden. Grundsätzlich steht aber fest, dass früher wie heute ohne Gewichte mechanische und elektronische Waagen nicht justiert und kontrolliert (kalibriert) werden können. Die Gewichte sind somit ein signifikanter Bestandteil für die Waagen in aller Welt. Ohne exakte Gewichte ist die Wägetechnik im Handelsverkehr nicht denkbar und auch ein geordneter Wirtschaftskreislauf nicht möglich.

Viele alte Maßeinheiten, die von der Schwere handeln, beziehen sich auf Samen, Kerne und Körner. Drei Ursachen sprechen dafür: erstens der erstaunlich gleichmäßige Größenausfall, zweitens die bei manchen Pflanzen außerordentliche Kleinheit (Hirse) und drittens waren die Körnerfrüchte das Wägegut der Urwaage.

Das bekannteste älteste Gewichtsstück aus der Zeit um 2260

v. Chr. ist die im irakischen Museum in Bagdad aufbewahrte „Ruhende Ente“. Die Masse des Gewichtes beträgt 29680 g und entsprach dem später noch bei den Hebräern gebräuchlichen „leichten“ oder „gemeinen“ Talent. Die ältesten Gewichte wurden in den Ruinen babylonischer und assyrischer Städte gefunden. Die Gewichte trugen teilweise Weiheprüche in Keilschrift, während die Normalgewichte als Eichstempel den Namen des priesterlichen Beamten trugen. Der Ursprung des Maß- und Ge-



Abb. 1: Das bekannteste älteste Gewichtsstück „Ruhende Ente“



Abb. 2: Babylonisches Eichgewicht aus Basalt mit Keilschrift

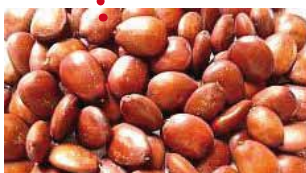


Abb. 3: Der Johanniskornbaum mit seinen Samenkörnern aus der Familie der Hülsenfrüchte



Gleicharmige Balkenwaage für den Handel, Münz- und Diamantenwägung
Römisches Tongewicht (Fundort Köln/Rhein), alle anderen Gewichte sind national staatliche Gewichte aus dem europäischen Raum vor Herstellung der Gewichte in der EU gemäß OIML R111-1:2004

Abb. 4: Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit – Dauerausstellung in der Meys Fabrik (kleine Stadthalle) in Hennef a. d. Sieg

wichtswesens lag demnach bei den Sumerern in Babylonien und bildete die Grundlage für die Entwicklung des Messwesens in Ägypten und bei den Hebräern in Israel.

Priester als Wächter von Maß und Gewicht

Bei den Hebräern waren die Priester für die Überwachung von Maß und Gewicht zuständig. Sie verwahrten ihre Normalmaße im Tempel zu Jerusalem.

Durch den Handel der an der Küste des östlichen Mittelmeers beheimateten Phönizier gelangten die Maße nach Griechenland. Im alten Griechenland wurde durch die Gesetzgebung des *Solon* um 600 v.Chr. auch das Messwesen erfasst. Die Normalgewichte und Maße wurden im Tempel der Nemesis auf der Akropolis, der den Göttern geweihten Burg oberhalb Athens, aufbewahrt. Von Griechenland kamen die Gewichte nach Rom, wo sie die Basis eigener Maß- und Gewichtssysteme bildeten.

Die römische Maß- und Gewichtsordnung, die auch heilig war, geht auf den römischen König *Servius Tullius* (578–534 v.Chr.) zurück. Er schuf das servianische Pfund, die *Libra*. Das Pfund (lat. *pondus*, Gewicht) ist ein Teil des angloamerikanischen Maßsystems (Abk. lb – lat. *Libra* –, in den USA häufig in der Pluralform

als lbs benutzt). Normalgewichte und Normalwaagen wurden auf dem Kapitol in einem besonderen Gebäude, dem *Ponderarium*, im Tempel der Juno Moneta aufbewahrt. Das Urmaß der Römer, die *Mensura*, befand sich im Tempel des Jupiter und wurde deshalb auch *Capitolina* genannt. Die Aufsicht über Maß und Gewicht wurde von den *Pensores* (Wägern) und *Aedilen* (Stadtpolizisten) im Auftrage des *Praefectus urbis* (Stadtvogten) wahrgenommen. Hinweis: *Libra* (lat.) steht für Waage, Pfund: ursprünglich *Libra* = genannte Masse.

Die Germanen wiederum übernahmen das römische Messwesen. Diese Vereinheitlichung der Maße und Gewichte wurde erforderlich durch die Ausbreitung des Handels im Mittelmeerraum und die Ausdehnung des römischen Imperiums.

Das getrocknete Samenkorn des Johannisbrotbaumes (*Ceratonia siliqua*) aus dem Mittelmeerraum lieferte auch den Namen für die Gewichtseinheit Karat. Im Mittelalter entsprach ein Karat dem Gewicht von drei Gersten- oder vier Weizenkörnern. Das metrische Karat wurde 1875 nach der Meterkonvention eingeführt. 1 metrisches Karat = 200 mg = 0,2 g (1 Johannisbrotkern = 1 Karat = 200 mg).

Die Gewichte der Neuzeit werden im nächsten Teil vorgestellt.

HISTORY OF SCALES

Part 5: Weights in ancient times

ING. WOLFGANG EULER, Hennef/Sieg and
HEINZ WEISSER, Balingen

Measuring and weighing have been the basis of every kind of economic activity from time immemorial. There is virtually no area of human life in which weights do not play a crucial role. Today's knowledge about weights in ancient times comes from many different sources.



Fig. 1: The oldest weight which is also the most famous, the "resting duck"



Fig. 2: Babylonian verification weight made of basalt with cuneiform script

Archeologists have unearthed several fairly early standards which are now housed in museums. Basically, it is however certain that today – just as in the past – mechanical and electrical weighing instruments cannot be adjusted and checked (calibrated) without weights. Weights are thus a significant component for weighing instruments the world over. Without exact weights, the weighing technology in commercial exchanges is not conceivable and also an orderly economic cycle is not possible.

Many "old" units of measurement which deal with heaviness refer to seeds and grain. There were three reasons for this: firstly their surprisingly regular size, secondly the extraordinary smallness found in some plants (millet) and thirdly cereals were the product to be weighed on the original weighing instruments.



Fig. 3: The carob tree with its seeds from the legume family



The oldest weight, which is also the most famous from around 2260 BC, is the "resting duck" which is kept in the Iraq Museum in Baghdad. The mass of this weight comes to 29 680 g and corresponded to the "light" or "common" talent which was later widely used by the Hebrews. The oldest weights were found in the ruins of Babylonian and Assyrian cities. Some of the weights bore dedications in cuneiform script, whereas the standard weights bore the name of the priestly official as the verification stamp. The origin of the art of weighing and measuring was thus located with the Sumerians in Babylonia and formed the basis for the development of metrology in Egypt and for the Hebrews in Israel.

Priests as the guardians of weights and measures

The Hebrew priests were responsible for the supervision of weights and measures. They kept their standard measures in the Temple in Jerusalem.

Measures arrived in Greece through the trading of the Phoenicians who lived on the eastern Mediterranean coast. The legislation of *Solon* in ancient Greece in around 600 BC also included metrology. The standard weights and measures were kept in the



Roman pottery weight (found at Cologne/Rhine). All the other weights are national state weights from Europe dating from before the production of weights in the EU in accordance with OIML R 111-1:2004

Equal-armed beam balance for trade, weighing coins and diamonds

Fig. 4: Weights, weighing instruments and weighing in the course of time – Permanent exhibition on display in Meys Fabrik (kleine Stadthalle) in the town of Hennef a. d. Sieg

Temple of Nemesis on the Acropolis, the monument dedicated to the gods above Athens. From Greece, weights came to Rome, where they formed the basis of the Romans' own weighing and measurement systems.

The Roman system of weights and measures, which was also holy, can be traced back to the Roman king Servius Tullius (578–534 BC). He created the Servian pound, the libra. The pound (Latin *pondus*, weight) is part of the Anglo-American measuring system (abbreviation lb – Latin *libra* – in the USA often used in the plural as lbs). Standard weights and standard measuring instruments were kept in the Capitol in a special building, the *Ponderarium*, in the Temple of Juno Moneta. The primary standard of the Romans, the *mensura*, was stored in the Temple of Jupiter and was thus also known as the *Capitolina*. The supervision of weights and measures

was carried out by the *pensores* (weighers) and the *aediles* (Roman police officers) by order of the *praefectus urbis* (urban prefect). Note: *libra* (Latin) stands for scales/balance, pound: originally libra = stated mass.

The Germanic peoples, in turn, adopted the Roman measurement system. This standardization of weights and measures was necessary through the growth of trade in the Mediterranean and the expansion of the Roman Empire.

The dried seed of the carob tree (*Ceratonia siliqua*) from the Mediterranean also provided the name of the unit of weight the carat. In the Middle Ages one carat corresponded to the weight of three grains of barley or four grains of wheat. The metric carat was introduced in 1875 following the Metre Convention. 1 metric carat = 200 mg = 0.2 g (1 carob seed = 1 carat = 200 mg). ■

Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit

Von Ing. Wolfgang Euler, Hennef/Sieg, und Heinz Weisser, Balingen

6. Teil

Gewichte in der Neuzeit

Bis 2004 hatte man in den Ländern der Erde, vor allem aber in den Mitgliedsländern der europäischen Union, unterschiedliche Gewichtsnormen in der Bauform. Jedes Land verfügte über die nationalen Rechte, die eigenen Gewichtsnormen zu prüfen und zu eichen; d. h., in vielen Ländern Europas (derzeit 27) prüfte jedes Land seine Gewichte auf Genauigkeit. Dieses war zwar kostenintensiv, hatte aber den großen Vorteil, dass für die Verbraucher in Europa ein wesentlich besserer Schutz bestand, da in aller Regel von Land zu Land mit den eigenen nationalen Gewichten nochmals eine Überprüfung der Warengüter vorgenommen wurde.

Inzwischen hat man eine Vereinheitlichung im gesamten EU-Bereich. Kostenmäßig ist das für die Mess- und Eichstellen sowie für die Verbraucher ein Nutzen, wobei die Autoren aber nicht verheimlichen möchten, dass die große Ausweitung einheitlicher Gewichte eventuell auch nicht unerhebliche Nachteile in den Mitgliedsländern der Europäischen Union mit sich führen kann.

Hier sollen nun die EU-Labor- und Handelsgewichte vorgestellt werden sowie deren Herstellung und Genauigkeit. Hierbei wird ein 1-kg-Mustergewicht zu Grunde gelegt.

Das Kilogramm ist die Basiseinheit der Masse im Internationalen Einheitensystem (SI). Seine Masse ist festgelegt durch die des internationalen Kilogramm-Prototyps (auch Urkilogramm), eines Zylinders aus Platin-Iridium, der vom Internationalen Büro für Maß und Gewicht in Paris verwahrt wird. Das Einheitenzeichen des Kilogramms ist kg (Tab. 1).

Tabelle 1: SI-Einheit Kilogramm

Norm	Internationales Einheitensystem
Einheitenname	Kilogramm
Einheitenzeichen	kg
Beschriebene Größe	Masse
Größensymbol	m
Dimensionssymbol	M
In SI-Einheiten	SI-Basiseinheit
In CGS-Einheiten	1 kg = 10 ³ g
Benannt nach	griech. „Chilioi“ = Tausend und „Gramma“ = Buchstabe

Der Einheitenname des Kilogramms weicht von der Systematik des Internationalen Einheitensystems dadurch ab, dass er mit einem SI-Vorsatz (Kilo) beginnt; deshalb dürfen dezimale Teile und Vielfache des Kilogramms nicht vom Kilogramm ausgehend mit Vorsätzen oder Vorsatzzeichen gebildet werden, stattdessen leitet man sie vom Gramm ab. Seit Modernisierung der Meter-Definition 1960 ist das Kilogramm die einzige SI-Basiseinheit, die noch durch einen Vergleichsgegenstand (Prototyp – Abb. 1) festgelegt ist.



Abb. 1: Der nationale Kilogramm-Prototyp der Bundesrepublik Deutschland in der PTB (Braunschweig). Er besteht aus einer Platin-Iridium-Legierung und wird etwa alle zehn Jahre mit dem internationalen Kilogramm-Prototyp in Sèvres bei Paris verglichen. Bildnachw.: Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB Braunschweig)

Bei der HAIGIS Gewichtefertigung GmbH, Albstadt, gemachte Erfahrungen werden in diesem Beitrag zur Geschichte der Waage in den Abbildungen 2 bis 6 wiedergegeben.



Abb. 2: Aus dem Rundstahl wird der Gewichtsrohling gedreht.



Abb. 3: Der Gewichtsrohling für z. B. E1-/E2-Gewichte (mit ursprünglichem kleinen Übergewicht) wird so lange poliert, bis die vorgeschriebene Eichfehlergrenze erreicht ist.



Abb. 4: Gewichtsrohlinge M1–M3 (rechts im Bild) mit Zubehör vor der Abschlussjustierung/Eichung. Die Präzisions- und Handelsgewichte (M1, M2, M3) werden in aller Regel mit einem Untergewicht gefertigt und sind mit einer Berichtigungskammer ausgerüstet. In diese Berichtigungskammer werden nun so viele kleine Bleikügelchen eingefüllt, bis einschließlich der Verschluss- bzw. Eichstempelplatte die vorgeschriebene Eichfehlergrenze erreicht ist.



Abb. 5: Befüllen der Berichtigungskammer Abb. 6: Fertiges Handelsgewicht

Die Prüf- bzw. Kalibriergewichte werden wie dargestellt in verschiedensten Ausführungen hergestellt, etwa aus Edelstahl, Messing vernickelt, Messing feingedreht oder auch in Gusseisen. Bei Prüfgewichten gibt es außerdem verschiedene Fehlergrenzenklassen (Tab. 3), die abhängig sind von den Wägebereichen und Anzeigegenauigkeiten der jeweils zu prüfenden (zu kalibrierenden) Waagen.

Unter „Kalibrieren“ versteht man das Feststellen einer Messabweichung zwischen angezeigtem und richtigem Wert, also wird bei der Waage die Richtigkeit der Waagenanzeige festgestellt. Bei der Kalibrierung findet kein Eingriff in die Waage statt. Die OIML-Richtlinien legen bauartbedingte Merkmale für Prüfnormale fest, wie Werkstoff, Oberflächenbeschaffenheit, Markierungen, Aufbau, Form etc.

Die Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) (Internationale Organisation für das gesetzliche Messwesen) ist eine am 12. Oktober 1955 in Paris gegründete internationale Organisation zur Regelung der messtechnischen Belange im gesetzlichen Eichwesen. Die Empfehlungen der OIML, z. B. in Bezug auf Wägetechnik, sind in vielen Ländern anerkannt und nehmen auch Einfluss auf nationale Normen.

Tabelle 2: Einsatzgebiete der Prüfgewichtsklassen

Bezeichnung der nicht selbsttätigen Waagen (NSW)	Eichgenauigkeitsklasse der Waagen	Eichwerte „e“/ Auflösung/Zifferschritte*)	Mind. zu verwendendes Prüfgewicht der Fehlergrenzenklasse (Genauigkeitsklasse)
Feinwaagen, Analysenwaagen	I	0 bis >200000	E2/E1
Präzisionswaagen, Analysenwaagen	II	bis 100000	E2/F1
Handelswaagen	III	bis 10000	M1
Grobwaagen, Industriewaagen	IV	bis 1000	M3

*) Anzahl Eichwerte „e“ / Auflösung / Zifferschritte = Wägebereich dividiert durch den Zifferschritt „e“.

Wie zu Beginn dieses Artikels bereits erwähnt wurde, sind also die Gewichte nicht nur ein signifikanter Bestandteil in der Wägetechnik weltweit, sondern fast noch als wichtiger zu betrachten als die Waage selbst.

Ohne Qualität und Präzision beim „Prüfmittel Gewicht“ gibt es keine genaue Waage!

Tabelle 3: Auszug aus der Tabelle der Eichfehlergrenzen für Gewichte nach OIML R 111 und die Bedeutung deren Kurzzeichen (E, F, M) – R: Recommendation/Empfehlung.

Nennwert	E1	E2	F1	F2	M1	M2	M3
1 g	±0,010 mg	±0,03 mg	±0,10 mg	±0,3 mg	±1,0 mg	±3,0 mg	±10 mg
2 g	±0,012 mg	±0,04 mg	±0,12 mg	±0,4 mg	±1,2 mg	±4,0 mg	±12 mg
5 g	±0,016 mg	±0,05 mg	±0,16 mg	±0,5 mg	±1,6 mg	±5,0 mg	±16 mg
10 g	±0,020 mg	±0,06 mg	±0,20 mg	±0,6 mg	±2,0 mg	±6,0 mg	±20 mg
20 g	±0,025 mg	±0,08 mg	±0,25 mg	±0,8 mg	±2,5 mg	±8,0 mg	±25 mg
50 g	±0,03 mg	±0,10 mg	±0,3 mg	±1,0 mg	±3,0 mg	±10 mg	±30 mg
100 g	±0,05 mg	±0,16 mg	±0,5 mg	±1,6 mg	±5,0 mg	±16 mg	±50 mg
200 g	±0,10 mg	±0,3 mg	±1,0 mg	±3,0 mg	±10 mg	±30 mg	±100 mg
500 g	±0,25 mg	±0,8 mg	±2,5 mg	±8,0 mg	±25 mg	±80 mg	±250 mg
1 kg	±0,5 mg	±1,6 mg	±5,0 mg	±16 mg	±50 mg	±160 mg	±500 mg
2 kg	±1,0 mg	±3,0 mg	±10 mg	±30 mg	±100 mg	±300 mg	±1,0 g
5 kg	±2,5 mg	±8,0 mg	±25 mg	±80 mg	±250 mg	±800 mg	±2,5 g
10 kg	±5,0 mg	±16 mg	±50 mg	±160 mg	±500 mg	±1600 mg	±5,0 g
20 kg	±10 mg	±30 mg	±100 mg	±300 mg	±1000 mg	±3000 mg	±10 g
50 kg	±25 mg	±80 mg	±250 mg	±800 mg	±2500 mg	±8000 mg	±25 g

Kurzzeichen	D	GB	F
E	Extra hohe Genauigkeit	Extra fine accuracy	Extra fine précision
F	Feine Genauigkeit	Fine accuracy	Fin précision
M	Mittlere Genauigkeit	Medium accuracy	Moyenne précision

Im nächsten Artikel geht es um die Erfindung und Funktion der Wägezellen und der Dehnungsmessstreifentechnik (DMS). Anschließend wird in die Welt der „elektronischen Wägetechnik“ eingestiegen.

Quellenverzeichnis

- Haeberle, K.H.: 10000 Jahre Waage
- Verein für Metrologie: Maß & Gewicht
- Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML)
- Reinhold Spichal: Markt und Maß in der Geschichte am Beispiel einer alten Hansestadt Bremen
- Wikipedia (die freie Enzyklopädie)



Abb. 7: M1-Gewichtssatz in Hartbleistift

Tabelle 2 stellt eine Vorabinformation zu den Einsatzgebieten der Prüfgewichtsklassen dar.

Beispiel: Eine Waage mit max. 60 kg Wägebereich und einem Eichwert (Zifferschritt) „e“ von 20 g hat eine Auflösung / Teilezahl „n“ von 60000 g / 20 g = 3000 „e“. Sie gehört somit zur Klasse III (bis 10000). Die zu verwendenden Prüfgewichte sind Präzisionsgewichte der Fehlergrenzenklasse M1 (Abb. 7).

HISTORY OF SCALES

Part 6: Weights in the Modern Age

ING. WOLFGANG EULER, Hennef/Sieg and
HEINZ WEISSER, Balingen



Figure 1: The national standard of the kilogram of the Federal Republic of Germany at the PTB (Braunschweig). It is made of a platinum-iridium alloy and is compared with the international prototype of the kilogram kept in Sèvres, near Paris, approximately every 10 years. Photo: PTB Braunschweig.

Until 2004, the different countries of the world, especially the Member States of the European Union, had weight standards that differed with regard to their design. Each country had the sovereign right to test and verify its own weight standards, i.e. in numerous European countries, each country tested the accuracy of its own weights itself. This was an expensive practice but had the considerable advantage of ensuring better consumer protection in Europe, since due to the different standards in the various countries, exchanged goods were tested several times in different countries that used their own national weights.

Meanwhile, harmonization has taken place in the whole of the EU. With regard to costs, this is of benefit both to the testing and verification authorities and to the consumers, but we, as the authors, do not want to conceal the fact that the large-scale spreading of harmonized weights throughout the EU Member States may also bring about considerable disadvantages.

Here, we will only present the weights used in EU laboratories and for trade, as well as their fabrication and accuracy. Our statements are based on a 1 kg sample weight.

The kilogram is the base unit of mass in the International System of Units (SI). Its mass is defined by

that of the international prototype of the kilogram (also “prototype kilogram”) – a cylinder made of a platinum-iridium alloy which is kept at the BIPM. The symbol of the unit “kilogram” is kg (see Table 1).

The unit name of the kilogram disagrees with the system used by the International System of Units due to the fact that it begins with an SI prefix (“kilo”). For this reason, decimal submultiples and multiples of the kilogram may not be based on the kilogram and completed with prefixes or prefix symbols; they are derived from the gram instead. Since the metre definition was updated in 1960, the kilogram has been the only SI base unit that is still defined by comparison with an artefact (the prototype – see Fig. 1).

In Figures 2 to 6, this contribution on the history of weighing instruments renders experience gained over the years by HAIGIS Gewichtefertigung GmbH in Albstadt.

The test and calibration weights, respectively, are manufactured in different designs, as shown in the picture, for example in stainless steel, nickel-plated brass, precision-turned brass or also in cast iron. In the case of test weights, there are also different classes of error limits (see Table 3) which depend on the weighing ranges and on the accuracies of the weighing instruments to be tested (calibrated).

“To calibrate” means to determine a deviation between the value indicated by the instrument and the correct value, hence, for a weighing instrument, it is the accuracy of its indication that is determined. During calibration, no intervention is made on the weighing instrument. The relevant OIML Recommendations lay down model-dependent characteristics (such as material, surface quality, markings, design, shape, etc.) for test standards. The Recommendations are recognized in numerous countries and influence national standards.

Table 1: The SI unit “kilogram”

Standard.....	International System of Units
Name of unit.....	kilogram
Symbol of unit.....	kg
Measurand described.....	Mass
Symbol of measurand.....	m
Dimension symbol.....	M
In SI units.....	SI base unit
In CGS units.....	1 kg = 10 ³ g
Named after.....	Greek “Chilioi” = thousand and “Gramma” = letter



Figure 2: The weight blank is turned from a round steel bar



Figure 3: The weight blank for E_1/E_2 weights, for example (made with a small initial excess mass) is polished until the prescribed maximum permissible error on verification is obtained



Figure 4: Weight blanks M_1-M_3 (right) with auxiliary equipment prior to final adjustment/verification. Fine-precision and commercial weights (M_1, M_2, M_3) are usually manufactured with a slight underweight and equipped with an adjusting cavity. Small lead balls are filled into this cavity until the weight, including the fastening or the verification plate, complies with the prescribed maximum permissible error on verification



Figure 5: Filling the adjusting cavity



Figure 6: Finished commercial weight

Table 2: Fields of application of the test weight classes

Designation of non-automatic weighing instruments (NAWIs)	Accuracy classes of weighing instruments	Verification scale intervals "e"/resolution/digital increment*	Min. requirements for the error limit class of the test weight to be used (accuracy class)
Special accuracy Analytical balances	I	0 to >200 000	E ₂ /E ₁
High accuracy weighing machines Analytical balances	II	up to 100 000	E ₂ /F ₁
Medium accuracy	III	up to 10 000	M ₁
Ordinary accuracy Industrial weighing instruments	IV	up to 1 000	M ₃

* Number of verification scale intervals "e" / resolution / digital increment = weighing range divided by the digital increment "e"

Table 3: Extract from the Table of Maximum Permissible Errors on Verification for Weights pursuant to OIML R 111, and meaning of the abbreviations (E, F, M) – R: recommendation.

Nominal value	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂	M ₁	M ₂	M ₃
1 g	±0.010 mg	±0.03 mg	±0.10 mg	±0.3 mg	±1.0 mg	±3.0 mg	±10 mg
2 g	±0.012 mg	±0.04 mg	±0.12 mg	±0.4 mg	±1.2 mg	±4.0 mg	±12 mg
5 g	±0.016 mg	±0.05 mg	±0.16 mg	±0.5 mg	±1.6 mg	±5.0 mg	±16 mg
10 g	±0.020 mg	±0.06 mg	±0.20 mg	±0.6 mg	±2.0 mg	±6.0 mg	±20 mg
20 g	±0.025 mg	±0.08 mg	±0.25 mg	±0.8 mg	±2.5 mg	±8.0 mg	±25 mg
50 g	±0.03 mg	±0.10 mg	±0.3 mg	±1.0 mg	±3.0 mg	±10 mg	±30 mg
100 g	±0.05 mg	±0.16 mg	±0.5 mg	±1.6 mg	±5.0 mg	±16 mg	±50 mg
200 g	±0.10 mg	±0.3 mg	±1.0 mg	±3.0 mg	±10 mg	±30 mg	±100 mg
500 g	±0.25 mg	±0.8 mg	±2.5 mg	±8.0 mg	±25 mg	±80 mg	±250 mg
1 kg	±0.5 mg	±1.6 mg	±5.0 mg	±16 mg	±50 mg	±160 mg	±500 mg
2 kg	±1.0 mg	±3.0 mg	±10 mg	±30 mg	±100 mg	±300 mg	±1.0 g
5 kg	±2.5 mg	±8.0 mg	±25 mg	±80 mg	±250 mg	±800 mg	±2.5 g
10 kg	±5.0 mg	±16 mg	±50 mg	±160 mg	±500 mg	±1 600 mg	±5.0 g
20 kg	±10 mg	±30 mg	±100 mg	±300 mg	±1 000 mg	±3 000 mg	±10 g
50 kg	±25 mg	±80 mg	±250 mg	±800 mg	±2 500 mg	±8 000 mg	±25 g

Abbreviations	FR	GB	DE
E	Extra fine exactitude	Extra fine accuracy	Extra hohe Genauigkeit
F	Fine exactitude	Fine accuracy	Feine Genauigkeit
M	Moyenne exactitude	Medium accuracy	Mittlere Genauigkeit

Table 2 gives preliminary explanations about the fields of use of the different test weight classes.

Example: A weighing instrument with a max. weighing range of 60 kg and a verification scale interval (digital increment) “e” of 20 g has a resolution/number of verification scale intervals of $60\,000\text{ g}/20\text{ g} = 3000\text{ e}$. Hence, it belongs to Class III (up to 10 000). The test weights to be used are precision weights of the error limit class M_1 (see Fig. 7).

As mentioned at the beginning of this article, the weights are, thus, not only a significant element of weighing throughout the world, but they can even be considered as more important than the weighing instrument itself.

The quality and accuracy of the testing equipment “weights” are the absolute prerequisite for accurate balances!

Part 7 in this series will focus on load cells and strain gauge technology: how they were invented and how they work. After that, the universe of “electronic weighing technologies” will be explored. ■

References

- Kochsiek, Manfred, Prof. Dr.: Handbuch des Wägens
- Haeberle, K.H.: 10000 Jahre Waage
- Verein für Metrologie: Maß & Gewicht
- Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML)
- Reinhold Spichal: Markt und Maß in der Geschichte am Beispiel einer alten Hansestadt Bremen
- Wikipedia (the free encyclopedia)



Figure 7: M_1 weight set in hardwood case

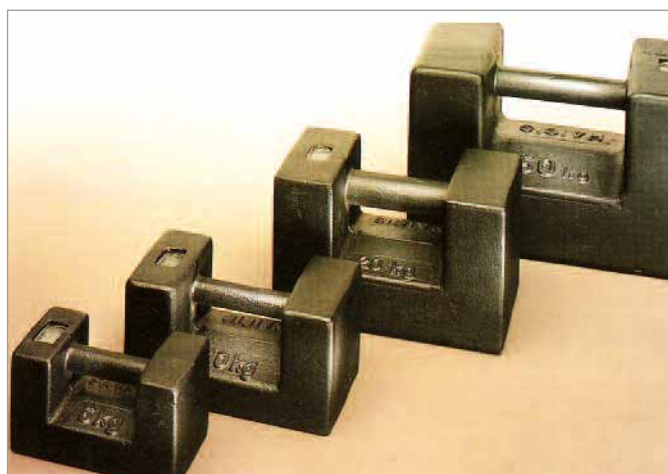


Figure 8: Standard commercial weights designed as blocks

A note from the Authors

Dear Readers,

We believe that the series of articles on the history of scales we have published so far in the OIML Bulletin has provided a valuable introduction to this fascinating topic. In 2013 we are pleased to continue this series and will be focussing on strain-gauge load cells in weighing technology, followed by:

- non-automatic weighing instruments according to OIML R 76 (EN 45501),
- discontinuous totalizing automatic weighing instruments in accordance with OIML R 107,
- automatic gravimetric filling instruments according to OIML R 61,
- weigh feeders,
- automatic catchweighing instruments according to OIML R 51, and
- checkweighers as automatic weighing instruments for individual weighing with price labelling.

We would like to sincerely thank all those who have made it possible for us to produce this series on the history of scales and would like to wish all the readers of the OIML Bulletin a Happy New Year for 2013.

Best regards,

Wolfgang Euler and Heinz Weisser

Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit

Von Ing. Wolfgang Euler, Hennef/Sieg, und Heinz Weisser, Balingen

7. Teil

Die Welt der DMS-Wägezellen in der Waagen- und Wägetechnologie

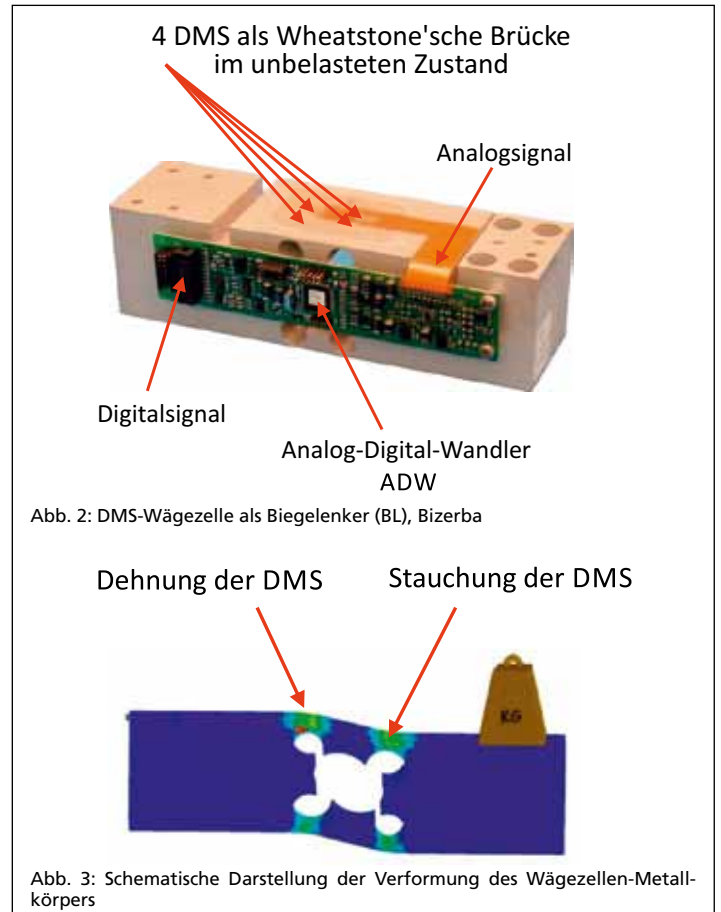
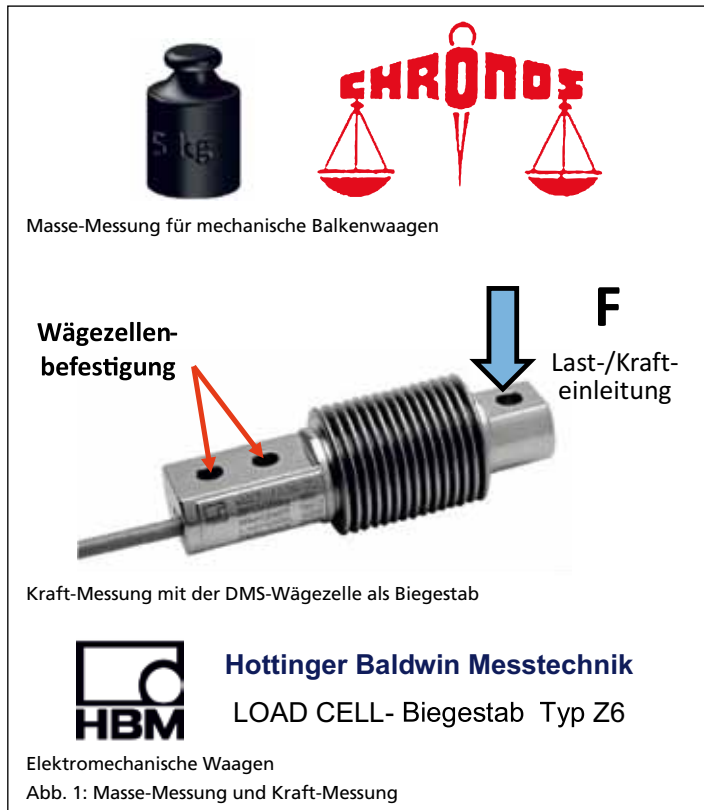
Die nächsten beiden Teile 7 und 8 der Serie „Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit“ befassen sich mit dem Thema Wägezellen und der Dehnungsmessstreifentechnik (DMS). Im Anschluss hieran wird dann die elektronische Wägetechnik behandelt.

Zur Einführung eine einfache Vorbetrachtung:

Bei der mechanischen Balkenwaage ist das Gewicht einer bekannten Masse die Vergleichskraft.

Bei der Kraft-Messung mit der DMS-Wägezelle ist die elektrische Widerstandsänderung, die durch geometrische Änderung eines belasteten metallischen Körpers entsteht, das Maß für die Vergleichskraft.

Man spricht heute vielfach von digitalen Wägezellen. Das ist nicht zutreffend. Die Kraftaufnahme ist nach wie vor analog, allerdings erfolgt direkt auf bzw. in den Wägezellen eine Umwandlung von analogen in digitale Signale (siehe folgende Darstellungen).



Die Abbildungen „Masse-/Kraftmessung“ zeigen eindeutig den Unterschied zwischen den beiden Messverfahren. Während das unbekannte Gewicht bei der „Masse-Wägung“ durch Zulage von Gewichten bis zur Erreichung der Gleichgewichtslage ermittelt wird – oder anders ausgedrückt, bei der mechanischen Waage ist das Gewicht einer bekannten Masse die Vergleichskraft –, erfolgt bei den DMS-Wägezellen die Ermittlung des Gewichtes durch Verformung eines Stückes Metall mit aufgebrauchten Ohm'schen Widerständen als Wheatstone'sche Brücke (Sir Charles Wheatstone, 1802–1875, englischer Naturwissenschaftler). Wie schon einmal bereits näher erklärt, ist die Kraftmessung ein analoger Vorgang, d. h. die Verformung des Metallkörpers hat auch eine analoge Verformung des auf dem Metall aufgebrauchten Ohm'schen Widerstandes zur Folge. Je stärker die Verformung ist, umso stärker ist auch das Messsignal des Ohm'schen Widerstandes an das Wägemodul. Im Wägemodul erfolgt dann auch die A/D-Umwandlung (Analog/Digital).

Seit 1955 befasst sich als erste deutsche Firma die Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH (HBM) in Darmstadt besonders erfolgreich mit der Entwicklung und Herstellung von Dehnungsmessstreifen (DMS) und Wägezellen; dies trifft ebenfalls auf die Firma Bizerba in Balingen seit 1980 zu. Aus den anfänglich begrenzten Anwendungen der DMS-Technik hat sich bis zur Gegenwart eine kaum noch überschaubare Weite der Einsatzgebiete entwickelt, die sich über fast alle technischen Bereiche und Randgebiete erstreckt. Besonders die DMS-Wägezellen führten zu einer ganz grundlegenden Veränderung des Wiegens und Wägens. Sowie mit der Chronos-Waage von 1883 aus Hennef an der Sieg nach vielen tausend Jahren die Handverwiegung zu Ende ging und das Zeitalter der automatischen Wägen begann, so endete seit der Erfindung der Waage vor ca. 7000–10000 Jahren mit der Erfindung der DMS-Wägezellen fast ausschließlich das Messen mit Gewichten (Masse).

Die Wägetechnik heute

Die Messtechnik hat in der Waagen- und Wägetechnologie bis heute stets einen besonderen Platz eingenommen. Die Gründe dafür sind, dass

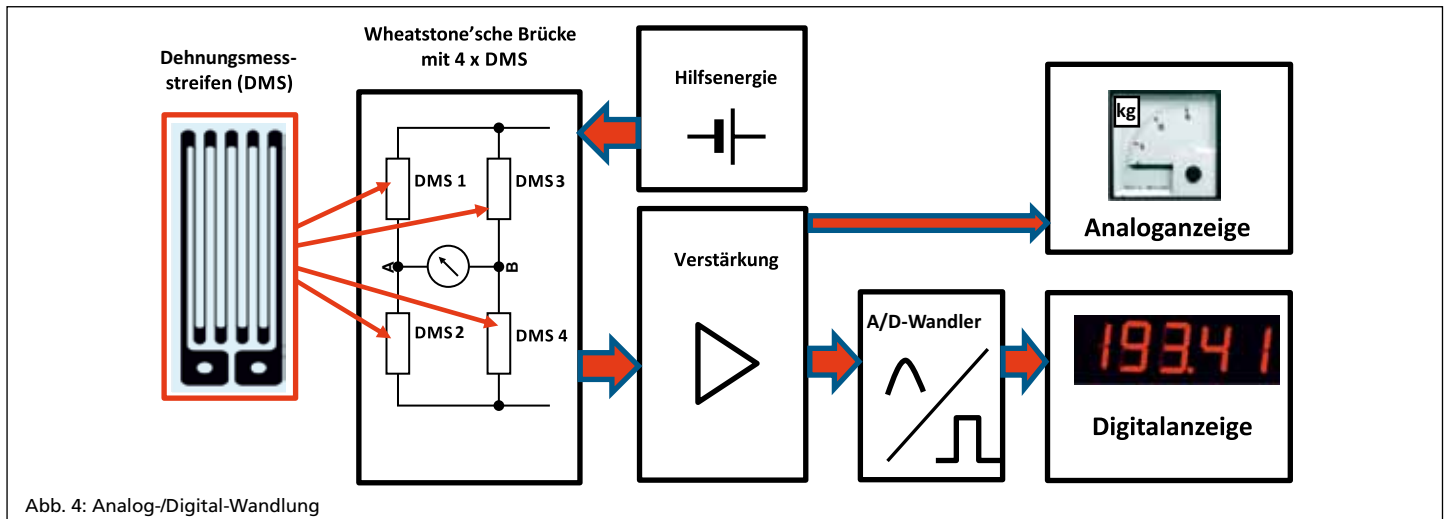


Abb. 4: Analog-/Digital-Wandlung

- die Waagen seit 7000–10000 Jahren zu den ältesten Messgeräten überhaupt zählen,
- die geforderten Genauigkeiten wesentlich höher als bei anderen Messgeräten liegen,
- die Wägetechnik in vielen Einsatzfällen der Gesetzgebung unterliegt,
- die Waagen früher wie heute den Geld- und Warenstrom regeln und steuern,
- ohne die Waagen kein geordneter Wirtschaftskreislauf möglich wäre.

Technischer Wandel in der Wägetechnik

Die Wägetechnik hat, ähnlich wie die Uhrenindustrie, in den vergangenen Jahrzehnten einen großen und besonderen Strukturwandel erlebt. Wo früher Hebelwerke zur Übersetzung, Übertragung und Summierung ihren Dienst taten, findet man heutzutage fast ausschließlich DMS-Wägezellen.

Anzumerken ist jedoch, dass es außer den DMS-Wägezellen auch andere Messverfahren zur Kraftaufnahme gibt, EMK

(Elektro-Magnet-Kompensations-Wägezellen) und Saitenmess-technik.

Die Messkette

Die mit DMS zu messenden Dehnungen sind normalerweise sehr klein. Infolgedessen sind die Widerstandsänderungen ebenfalls sehr gering und lassen sich auf direkte Weise, etwa mit einem Ohmmeter, nicht mehr messen. Es ist deshalb notwendig, den DMS in eine Messkette einzubeziehen, wodurch eine exakte Bestimmung der Widerstandsänderung des DMS möglich wird.

Das erste Glied der Messkette bilden die DMS selbst. Sie wandeln die mechanische „Dehnung“ bzw. „Stauchung“ in eine elektrische „Widerstandsänderung“ um.

Dieses erste Glied der Kette ist eine Messschaltung (hier eine Wheatstone'sche Brückenschaltung), die aus vier DMS besteht. Sowohl die DMS als auch die Messschaltung sind (im physikalischen Sinne) passive Glieder. Es muss ihnen eine Energie zugeführt werden, damit man ein verwertbares elektrisches Signal erhält. Diese Hilfsenergie wird einer separaten Quelle entnommen. Üblicherweise benutzt man eine konstante elektrische

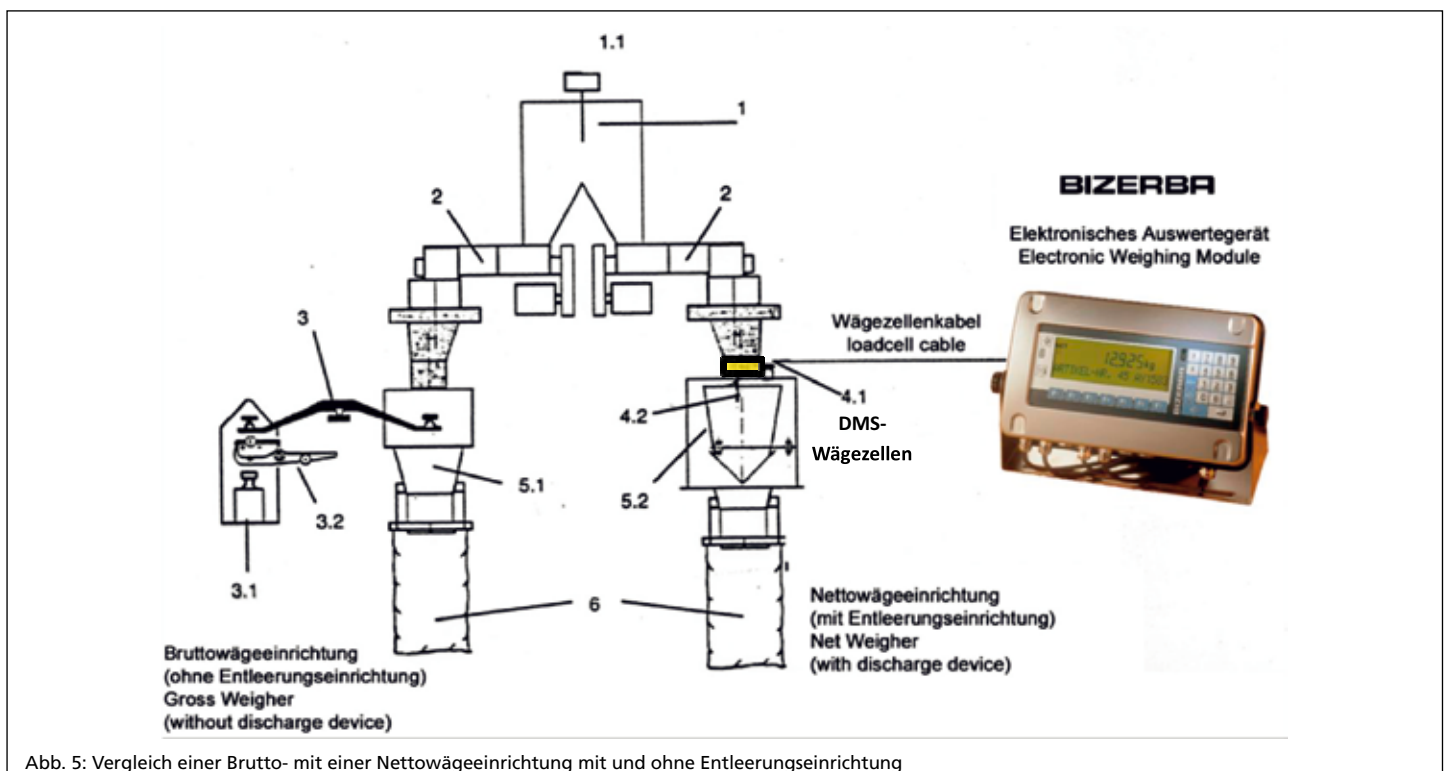


Abb. 5: Vergleich einer Brutto- mit einer Nettowägeeinrichtung mit und ohne Entleerungseinrichtung

Spannung, manchmal auch einen konstanten elektrischen Strom. Wenn sich der Widerstand des DMS infolge einer Dehnung ändert, dann kommt die Brückenschaltung aus der Symmetrie, sie wird verstimmt und liefert eine der Brückenverstimmung proportionale/analoge Brückenausgangsspannung.

Als zweites Glied ist ein Verstärker in die Messkette eingefügt, welcher die Brückenausgangsspannung auf eine zum Betrieb von Anzeigeeinheiten ausreichende Höhe verstärkt. Bei einem linear arbeitenden Verstärker ist dessen Ausgangsspannung der Verstärker-Eingangsspannung (das ist die Brücken-Ausgangsspannung) und damit wiederum der zu messenden Dehnung proportional.

Das dritte Glied der Messkette bildet die Anzeige. Sie formt das Ausgangssignal des Verstärkers in eine den menschlichen Sinnen zugängliche Form um. Im einfachsten Fall dient der Zeigerausschlag eines Spannungsmessers oder die Ziffernfolge eines digitalen Messgerätes zur Anzeige des Messwertes. Die heutigen Verstärker beinhalten auch die Analog-/Digital-Wandlung und erlauben so den Anschluss beider Gerätearten, entweder alternativ, oder wie im Beispiel der Abb. 4 dargestellt.

Die vorstehende Beschreibung der Messkette erwähnt nur skizzenhaft die unbedingt notwendigen Glieder. In der Praxis erfährt die Messkette oft vielfältige Erweiterungen durch zusätzliche Komponenten, wie z. B. Messstellenumschalter, Filter, Spitzenwertspeicher, Grenzwertschalter, Steuerausgänge und andere.

Es können außerdem anstelle der anzeigenden Geräte die üblichen Datenverarbeitungssysteme angeschlossen und deren vielfältige Möglichkeiten genutzt werden.

Grundsätzlicher Aufbau von automatischen Waagen mit Massemessung (Abb. 5) bei mechanischen Balkenwaagen (Nr. 5.3) oder bei elektromechanischen Waagen mit DMS-Wägezellen (Nr. 5.4.1)

Die weiteren numerischen Bezeichnungen werden zu einem späteren Zeitpunkt erläutert, wenn auch die entsprechenden Waagen behandelt und beschrieben werden.

Die Autoren Wolfgang Euler und Heinz Weisser möchten mit dieser Serie ihr Wissen über die Waagen und Messtechnik an den Nachwuchs – der sich heute noch in der Ausbildung befindet und in Zukunft vielleicht einmal Verantwortung in den Betrieben übernehmen wird – weitergeben. Deshalb verzichten die Autoren auch auf ihr Honorar und spenden dies jeweils zur Hälfte dem Carl-Reuther-Berufskolleg in Hennef und der Deutschen Müllerschule Braunschweig.

Die Autoren sowie die Redaktion dieser Fachzeitschrift würden sich freuen und wären dankbar, wenn die Leser, insbesondere die Waagenhersteller und Mühlenbauer, sich mit Tipps und Anregungen aus der Praxis einbringen würden. Red.

HISTORY OF SCALES

Part 7: The world of load cells in the technology of scales and weighing

ING. WOLFGANG EULER, HENNEF/SIEG, and
HEINZ WEISSER, BALINGEN

The next two parts of the series “Weights, scales and weighing through the ages”, Parts 7 and 8, deal with load cells and strain-gauge technology (SGT). Following that, electronic weighing technology will be covered.

By way of introduction, here is a simple initial consideration: In the case of the mechanical beam balance, the weight of a known mass is the reference force. When measuring force with a strain-gauge load cell, the electrical change in the resistance, which is produced through the geometric change of a loaded metallic body, is the measure for the reference force.

The “Mass/force measurement” figures clearly show the difference between the two measuring processes. While in the “mass weighing”, the unknown weight is determined by the addition of weights until equilibrium is reached – or, expressed another way, in the case of mechanical scales, the weight of a known mass is the reference force – in the case of the strain gauge load cell, weight is determined by the deformation of a piece of metal with ohmic resistors attached as a Wheatstone bridge (Sir Charles Wheatstone, 1802–1875, English scientist). As already explained in detail, force measurement is an analogue process, i.e. the deformation of the metal body also results in an analogue deformation of the ohmic resistor attached to the metal. The stronger the deformation, the stronger the measurement signal of the resistor to the weighing module. In the weighing module the A/D (analogue/digital) conversion then takes place.

Today, “digital” load cells are frequently spoken of. This designation is not correct. The force absorption is still analogue; then, however, a conversion from analogue to digital signals takes place directly on or in the load cells (see diagrams below).

Since 1955 Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH (HBM) in Darmstadt – as the first German company – has been particularly successfully involved in the development and manufacture of strain gauges and load cells; this is also the case for Bizerba in Balingen since

1980. Out of the initially limited applications of strain-gauge technology, a breadth of application which can barely be taken in and which stretches across almost all technical fields and peripheral areas has developed up to the present day. In particular, strain-gauge load cells led to quite a fundamental change in weighing. Just as the Chronos scales of 1883 from the town of Hennef an der Sieg ended weighing by hand after many thousands of years and the age of automatic weighing began, so did weighing with weights (mass) almost exclusively end – after the invention of scales about 7 000 to 10 000 years ago – with the invention of the strain-gauge load cell.

Weighing technology today

Metrology has always had a special place in the technology of scales and weighing. The reasons for this are that

- scales have been one of the oldest measuring instruments of all, dating back 7 000 to 10 000 years,
- the accuracy required is considerably higher than for other measuring instruments,
- weighing technology is subject to legislation in many cases,
- scales regulated and controlled the flow of money and goods in the past as they do today, and
- without scales, no orderly economic cycle would be possible.

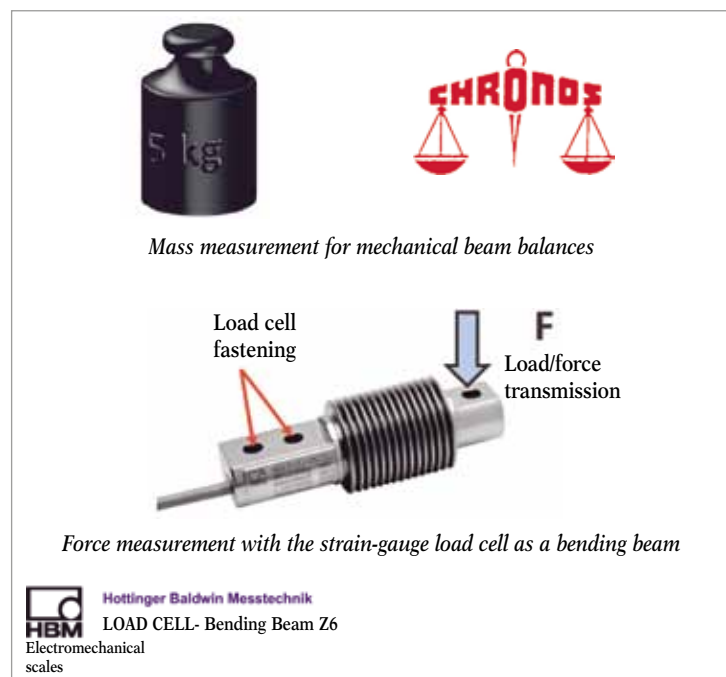


Figure 1: Mass measurement and force measurement

The measuring chain

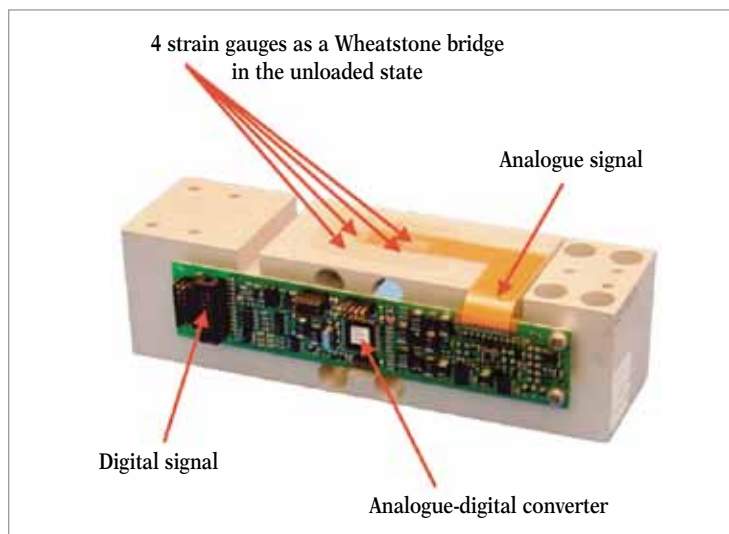


Figure 2: Strain-gauge load cell as a flexible link Bizerba

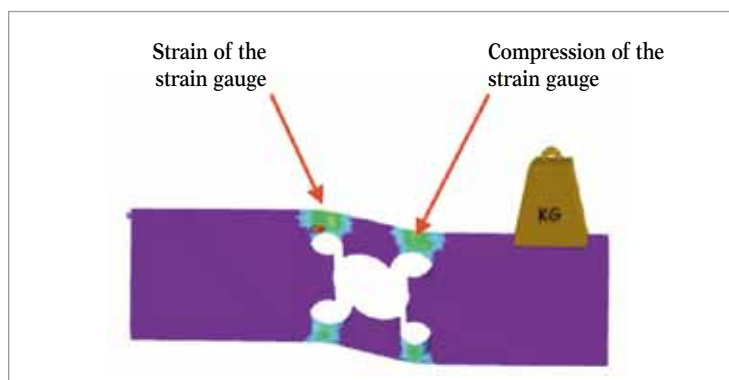


Figure 3: Schematic drawing of the deformation of the load cell metal body

Technical change in weighing technology

Weighing technology, similar to the clock industry, has experienced a large and special structural change in the last few decades. Where lever systems for transformation, transmission and totalization did the work in the past, today we almost exclusively find strain-gauge load cells.

It has to be noted, however, that apart from strain-gauge load cells, there are also other measuring procedures for force absorption, EMFC (electromagnetic force compensation load cells) and vibrating string technology.

The strains to be measured with strain gauges are usually very small. As a result of this, the changes in resistance are also very low and cannot be measured in a direct way, for instance with an ohmmeter. It is thus necessary to integrate the strain gauge into a measuring chain, whereby an exact determination of the change in resistance of the strain gauge becomes possible.

The first link in the measuring chain is formed by the strain gauges themselves. They change the mechanical “strain” or the “compression” into an electric “change in resistance”.

This first link in the chain is a measuring circuit (here a Wheatstone bridge circuit), which consists of four strain gauges. Both the strain gauges and the measuring circuit are (in the physical sense) passive links. Energy must be supplied to them to receive a usable electric signal. This auxiliary energy is taken from a separate source.

Generally, a constant electric voltage is used, sometimes also a constant electric current. When the resistance of the strain gauge changes as a result of a strain, then the bridge circuit is no longer symmetrical, it becomes unbalanced and yields a bridge output voltage which is proportional/analogue to the unbalancing of the bridge.

The second link in the measuring chain is an amplifier, which amplifies the bridge output voltage to an amount sufficient to run display units. In the case of a linearly operating amplifier, its output voltage is proportional to the amplifier’s input voltage (that is the bridge output voltage) and thus, in turn, to the strain to be measured.

The third link in the measuring chain is formed by the display. It transforms the output signal of the amplifier into a form accessible to human senses. In the most simple case the pointer deflection of a voltmeter or the series of digits of a digital measuring instrument serves to show the measurement value. Today’s amplifiers also contain analogue/digital conversion and thus allow both device types to be connected, either alternatively, or as shown in the example in Fig. 4.

The above description of the measuring chain only roughly sketches the links which are absolutely necessary. In practice the measuring chain often has various extensions through additional components, such as selector switches, filters, peak value memory, limit switches, control output devices and others.

Instead of the display units, it is also possible to connect up the usual data processing systems and to use the various options they provide. ■

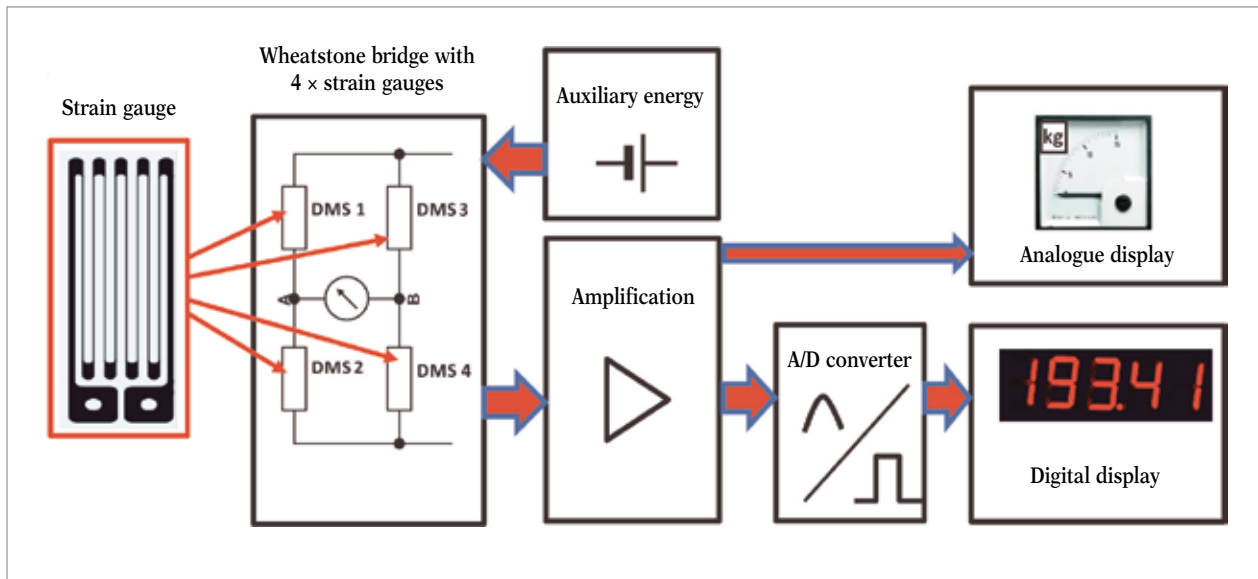


Figure 4: Analogue/digital conversion

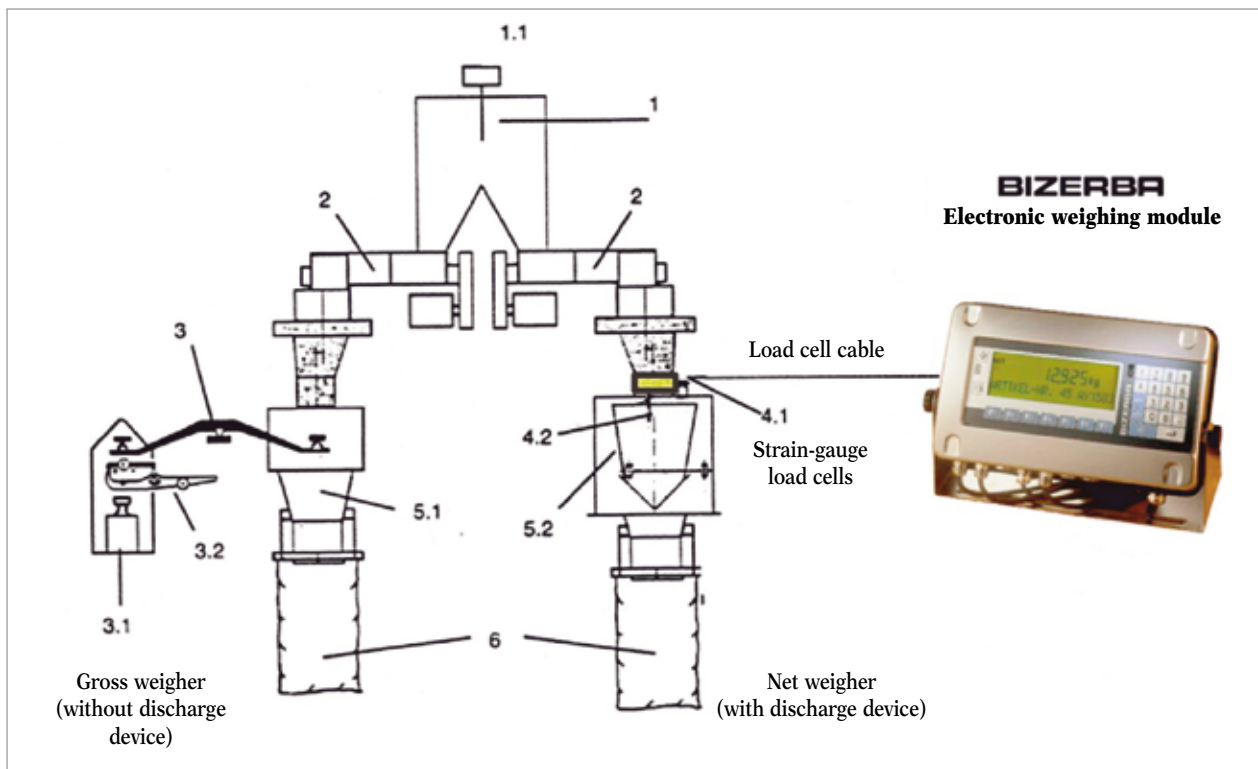


Figure 5: Comparison of a gross with a net weigher with and without discharge device. Basic set-up of automatic scales with mass measurement in the case of mechanical beam balances (No. 5.3) or in the case of electro-mechanical scales with strain-gauge load cells (No. 5.4.1). The other numerical terms will be explained at a later point, when the corresponding scales will also be dealt with and described.



Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit

Von Ing. Wolfgang Euler, Hennef/Sieg, und Heinz Weisser, Balingen

8. Teil

Wägezellen und das Messen mit Dehnungsmessstreifen (DMS)

Für den Einbau und die Anwendung von Wägezellen hat die WELMEC (Europäische Zusammenarbeit im gesetzlichen Messwesen) im August 2001 Richtlinien erlassen. Wenn die Einbau-richtlinien den WELMEC-Anforderungen entsprechen, sind keine weiteren Konstruktionszeichnungen für den Einbau der Wägezellen erforderlich. Stehen die Einbauten der Wägezellen jedoch nicht im Einklang mit den WELMEC-Richtlinien, so müssen für die einzelnen Einsatzfälle entsprechende Zeichnungen erstellt werden. Die nachfolgende Information umfasst nicht alle Seiten der Richtlinie (WELMEC 2.4, Ausgabe 2/2001).

In den nachfolgenden Einbauversionen werden einige Beispiele gezeigt, wie DMS-Wägezellen als Biegestab verwendet und eingebaut werden ($F = \text{Krafteinleitung}$). Es ist unter Version 5 auch ein Lastbehälter für größere Füllmengen dargestellt. Für einige Versionen ist laut WELMEC 2.4 keine Einbauzeichnung mehr notwendig, da sie den Richtlinien der WELMEC entsprechen.

Eine Nachlese zu den ersten Schritten zum Messen mit DMS-Wägezellen

Die übliche Art, Teile von Waagen, Maschinen, Bauwerken,

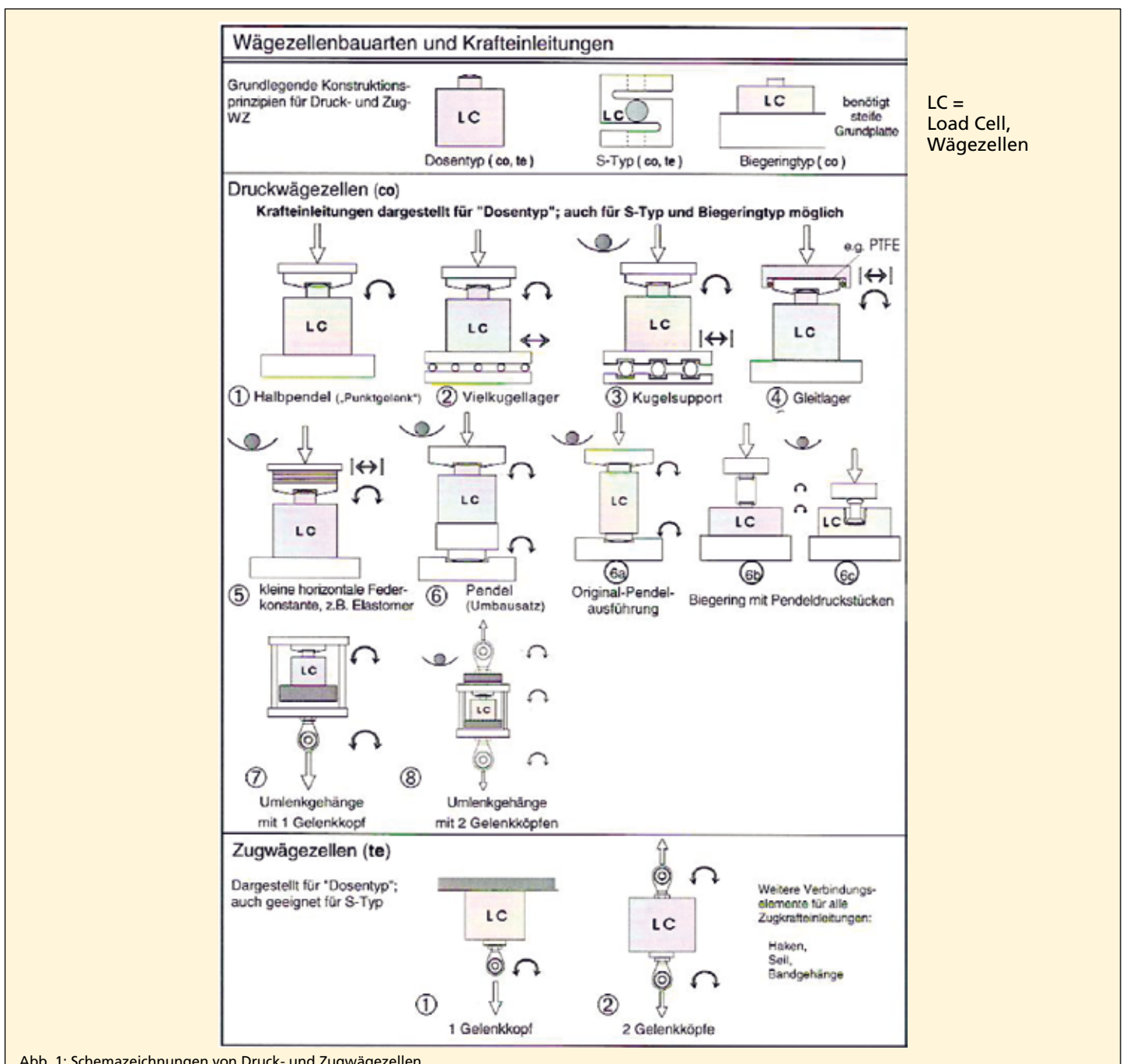


Abb. 1: Schemazeichnungen von Druck- und Zugwägezellen

Fahrzeugen, Flugzeugen usw. (allgemein gesprochen: von Bauteilen) zu bemessen, basiert auf der Festigkeitsrechnung. Die zur Beurteilung der Werkstoffbeanspruchung heranzuziehende Größe ist die mechanische Spannung, welcher der Werkstoff ausgesetzt ist. Eine praktikable Methode zur experimentellen Bestimmung von Werkstoffspannungen gründet sich auf eine Entdeckung, die schon im Jahre 1678 von dem englischen Naturwissenschaftler *Robert Hooke* (1635–1703) gemacht wurde. Er fand einen Zusammenhang zwischen der Werkstoffspannung und der von ihr abhängigen Verformung. Diese Verformung, auch „*Dehnung*“ genannt, tritt auch an der Oberfläche der Objekte auf und ist damit der Messung zugänglich.

Metallische DMS

In der zweiten Hälfte der 1930er-Jahre erinnerte man sich eines Effektes, den *Charles Wheatstone* 1843 in seiner ersten Veröffentlichung über die von ihm erfundene Brückenschaltung erwähnt. Es ist die Veränderung des Widerstandes eines elektrischen Leiters durch Einwirkung mechanischer Beanspruchung.

William Thomson (1824–1905, seit 1892 Lord Kelvin) geht in einer 1856 veröffentlichten Arbeit näher darauf ein.

Dass bis zur wirklichen reellen Nutzung der vorgenannten Erfindung noch mehr als 80 Jahre vergingen, hat mehrere Gründe hinsichtlich der technischen Verbesserung und der Weiterentwicklung des zuvor beschriebenen Systems.

In den Vereinigten Staaten von Amerika verfolgten um das Jahr 1938 zwei Personen fast gleichzeitig, aber unabhängig voneinander, die Idee, den „Thomson-Effekt“ für Messzwecke zu nutzen. In Kalifornien war es *Edward E. Simmons*. Er machte aus Seidenfäden als Kette und dünnem Widerstandsdraht ein Gewebe und schuf so eine elektrische Kraftmesseinrichtung. In Massachusetts arbeitete *Arthur Claude Ruge* im seismologischen Institut of Technologie und wollte am Modell eines erdbebenfesten Wassertanks die Beanspruchung durch simulierte Erdbebenscherüttungen messen.

Seinen letzten Versuch führte Ruge mit einem dünnen Widerstandsdraht durch, indem er diesen auf ein Stückchen dünnes

LC =
Load Cell,
Wägezellen

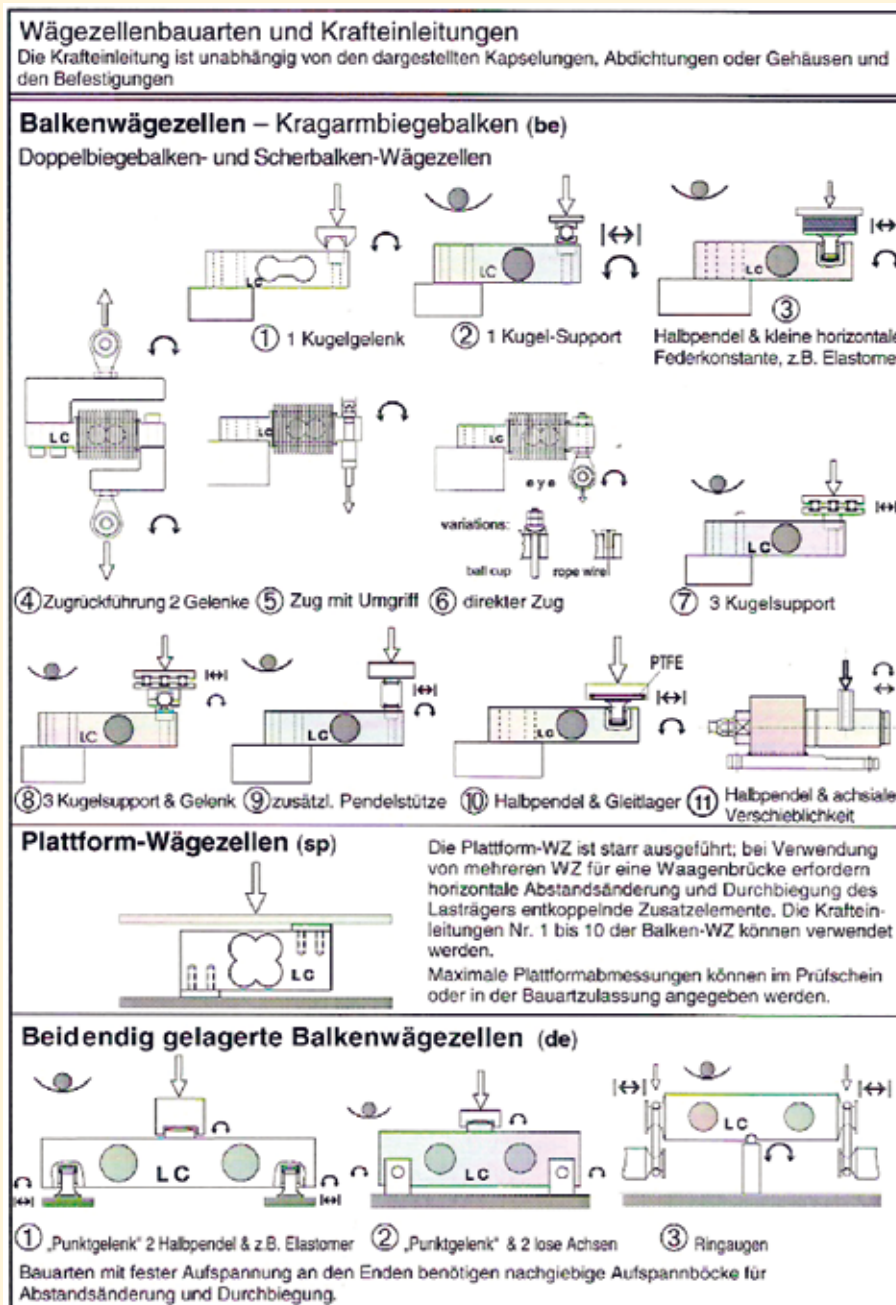


Abb. 2: Schemazeichnungen von Balkenwägezellen / Biegestäbe

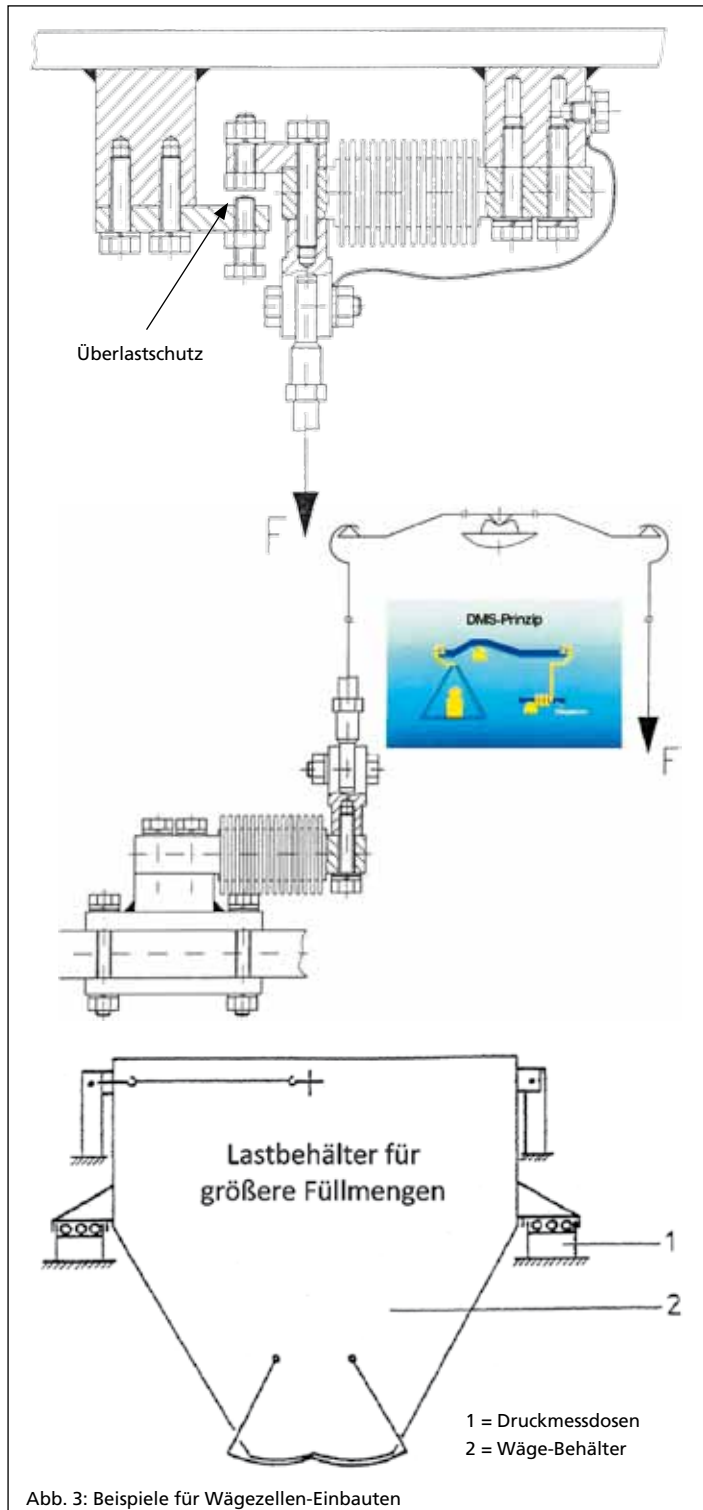


Abb. 3: Beispiele für Wägezellen-Einbauten

Seidenpapier klebte und die Enden mit dickeren Anschlüssen versah. Um die Eigenschaften dieses Gebildes untersuchen zu können, klebte er es auf einen Biegestab und verglich dessen Messwerte mit denen eines herkömmlichen Dehnungsmessgerätes. Er fand gute Übereinstimmung und einen linearen Zusammenhang zwischen Dehnung und Anzeige über den gesamten Messbereich, sowohl bei positiven als auch bei negativen Dehnungen (Stauchungen), und eine gute Nullpunktstabilität.

Damit war der „elektrische Widerstands-Dehnungsmessstreifen mit gebundenem Gitter“, wie die volle Bezeichnung lautet, erfunden. Er hatte bereits im ersten Anlauf seine im Prinzip auch heute noch übliche Form gefunden.

Ruges entscheidende Idee, in der er sich von Simmons unter-

schied, war die Befestigung des Messdrahtes auf einer Trägerfolie, wodurch ein selbstständiges, frei zu handhabendes Messgerät entstand, das an jeder beliebigen Oberfläche angeklebt werden konnte. Es war sehr dünn und leicht, bedurfte keiner Anpresskraft und hatte praktisch keine Rückwirkung, sodass auch an dünnen Objekten Messungen möglich wurden. Bei Anwendung elektrischer Verstärker waren statische und dynamische Messungen möglich.

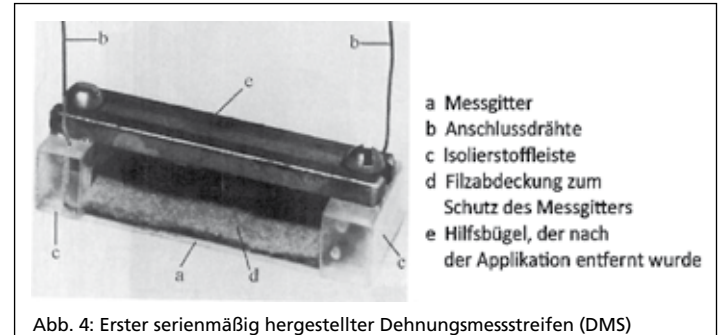


Abb. 4: Erster serienmäßig hergestellter Dehnungsmessstreifen (DMS)

Schon die ersten Versuchsexemplare des **Dehnungsmessstreifens** (DMS) zeigten sich allen bis dahin gebräuchlichen **Dehnungsmessgeräten** überlegen.

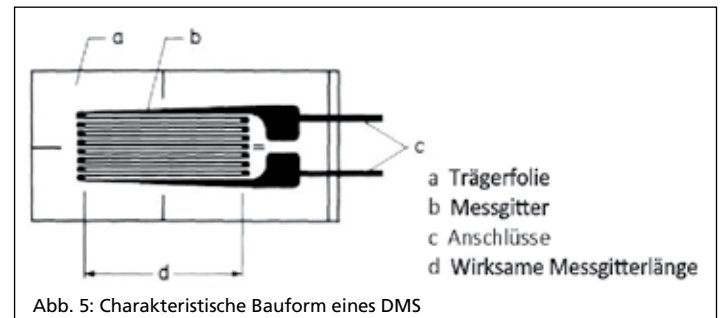


Abb. 5: Charakteristische Bauform eines DMS

Hiermit endet vorerst die Berichterstattung über die DMS-Wägezellen als Biegestab. In den nächsten Folgen dieser Reihe wird über die verschiedenen Waagentypen, z. B. Annahme, Verladung, Absackung, Dosierwaagen, Checkweigher und Preisauszeichner berichtet. Zwangsläufig wird man dann auf die DMS-Wägezellen hinsichtlich ihrer Funktion, Auflösung sowie den Eichfehlergrenzen zurückkommen.



Abb. 6: Arthur Claude Ruge, der Erfinder des DMS, bei seinen Messungen

Quellen

- Hoffmann, K.: Eine Einführung in die Technik des Dehnungsmessstreifens
- Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Darmstadt
- Bizerba GmbH & Co. KG, Balingen
- Kochsiek, M.: Handbuch des Wägens

HISTORY OF SCALES

Part 8: Load cells and measuring with strain gauges

ING. WOLFGANG EULER, HENNEF/SIEG, and
HEINZ WEISSER, BALINGEN

In August 2001, WELMEC (European Cooperation in Legal Metrology) issued guidelines for the mounting and application of load cells. If the mounting guidelines correspond to the WELMEC requirements, no further drawings of constructions for the mounting of the load cells are necessary. If the internal fittings of the load cells are, however, not in line with the WELMEC guidelines, then corresponding drawings must be created for the individual cases of application. **The following information does not comprise all the pages of the Guide** (WELMEC 2.4, Issue 2/2001).

In the mounting versions of the following load cell designs, several examples are shown of how strain-gauge load cells are used and mounted as bending beams (F = force introduction). In Part 5 even a load container for larger filling quantities (a hopper) was depicted. In accordance with WELMEC 2.4, a mounting drawing is no longer necessary for several designs, if they are in line with the WELMEC guidelines.

Looking back at the first steps for measuring with strain-gauge load cells

The usual way of determining parts of scales, machines, buildings, vehicles, aircraft, etc. (generally speaking, of components), is based on the strength calculation. The quantity used for evaluating the stress of the material is the mechanical tension which the material is exposed to. A feasible method for the experimental determination of material stress is founded on a discovery that was made as long ago as 1678 by the English scientist Robert Hooke (1635–1703). He found a connection between material stress and the deformation dependent on it. This deformation, also called “*expansion*”, also appears on the surface of objects and is thus accessible to measurement.

Acknowledgements

- Hoffmann, K.: Eine Einführung in die Technik des Dehnungs-
messstreifens Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Darmstadt
- Bizerba GmbH & Co. KG, Balingen
- Kochsiek, M.: Handbuch des Wägens

Metallic strain gauges

In the second half of the 1930s an effect was remembered that Charles Wheatstone mentioned in his first publication in 1843 which was about the bridge circuit he invented. It is the change in the resistance of an electric conductor through the influence of mechanical stress.

William Thomson (1824–1905, after 1892 Lord Kelvin) goes into this more in a paper published in 1856.

That more than 80 years were to pass until the actual real use of the aforementioned invention, has several reasons related to technical improvements and the further development of the system described above.

In the United States in around 1938 two people pursued – almost simultaneously, but independently of each other – the idea of using the “Thomson Effect” for measuring purposes. In California it was Edward E. Simmons. He made a woven material out of silk thread as the warp and thin resistance wire and in this way created an electric force measuring device. In Massachusetts Arthur Claude Ruge worked on seismology at the Massachusetts Institute of Technology and wanted to measure the stress – caused by simulated earthquake tremors – on the model of an earthquake-resistant water tank.

Ruge carried out his last experiment with a thin resistance wire, by sticking this to a thin piece of cigarette paper and having thicker connections on the ends.

To be able to investigate the properties of this artefact, he stuck it to a bending beam and compared its measurement values with those of a conventional strain measuring instrument. He found good agreement and a linear connection between the strain and the readings over the whole measurement range, for positive as well as for negative strain (compression), in addition to a good zero point stability.

Thus the “electric resistance strain gauge with bonded grid”, to give it its full name, was invented. In his very first attempt, he had found the form that the gauge is still basically in today.

With this series of articles the authors would like to pass on their knowledge about scales and metrology to the next generation, which is still being taught and trained and which will in turn take on responsibilities in companies in the future. The authors have also donated half of their fees to the Carl-Reuther-Berufskolleg (a vocational college) in Hennef and to the Deutsche Müllerschule (German Milling School) in Braunschweig.

The authors would appreciate receiving any tips and suggestions, especially from manufacturers of scales and millwrights, based on their experience.

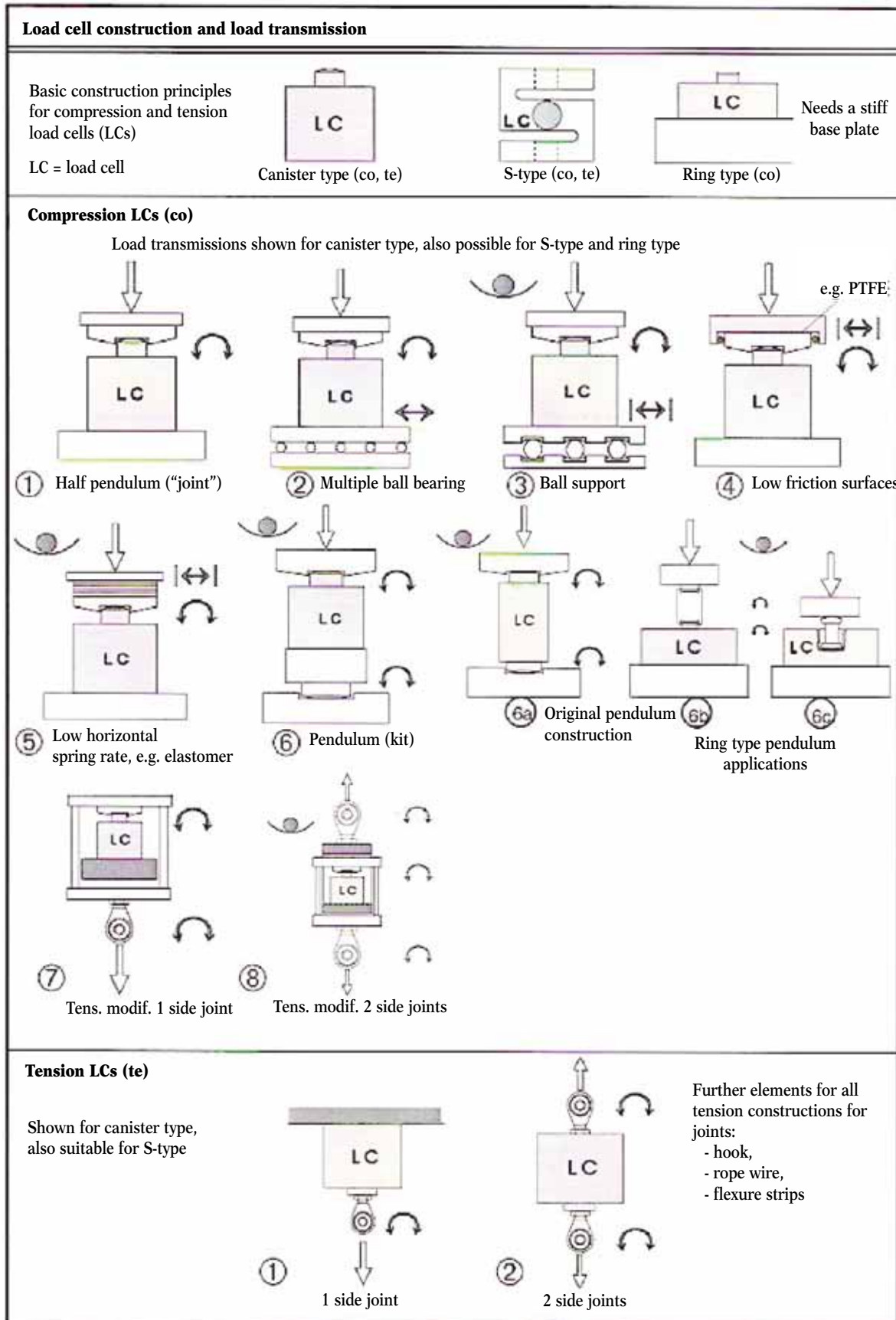


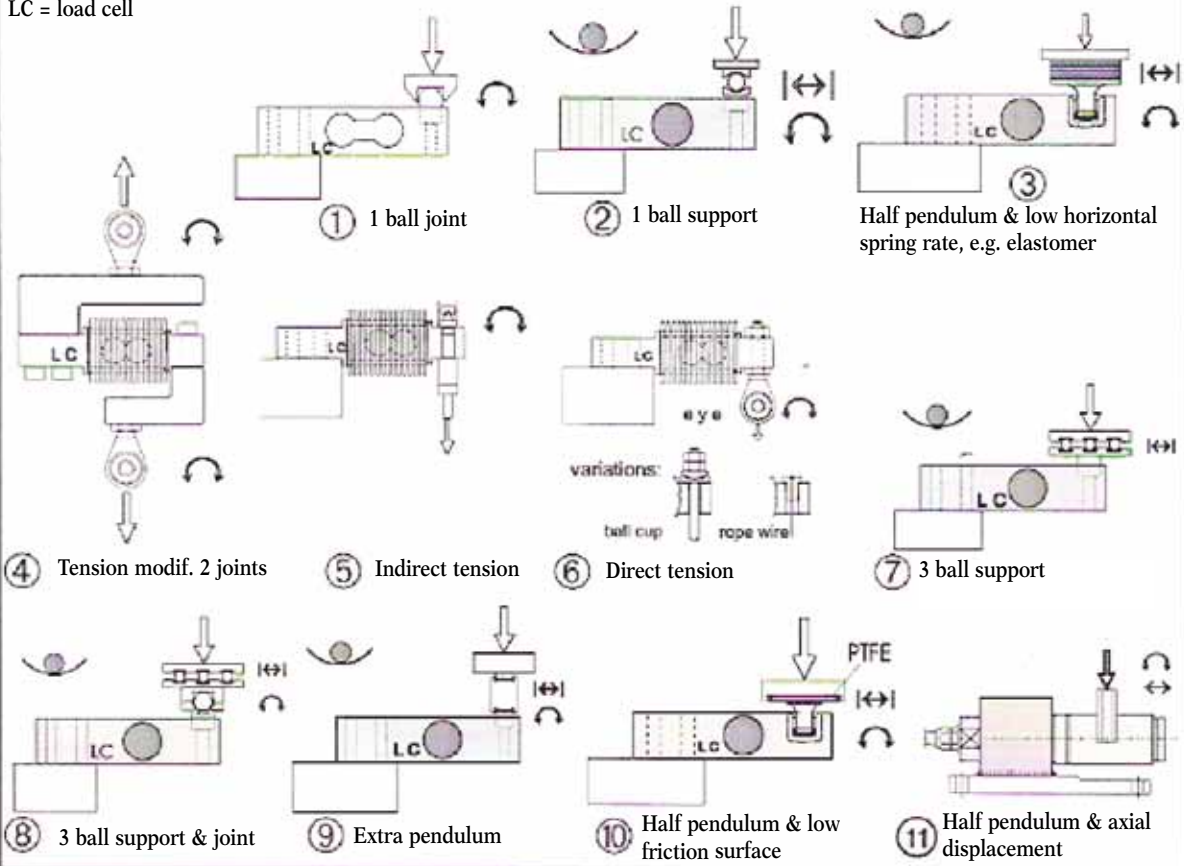
Figure 1: Schematic drawings of compression and tension LCs (Source: WELMEC Guide 2.4:2001)

Load cell construction and load transmission

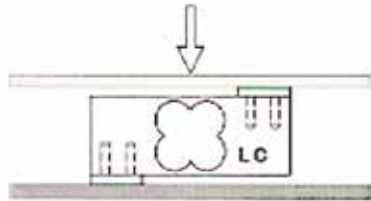
The load transmission device is independent of the encapsulation, potting or housing and the mounting at the fixed end shown below

Beam load cell - Cantilever beam (be)
Double bending beam and shear beam load cell

LC = load cell

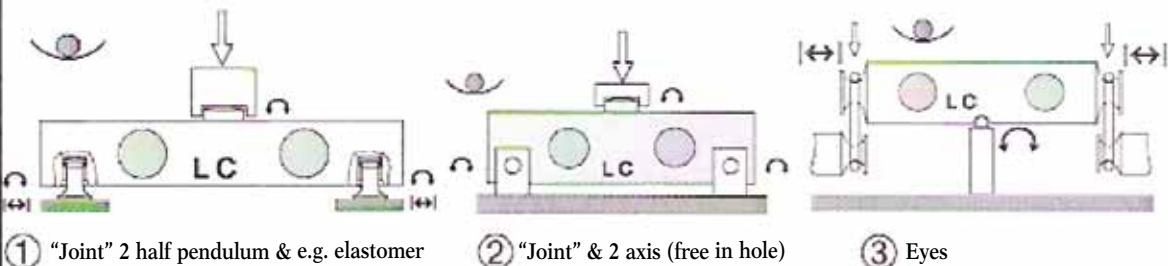


Single point load cell (sp)



The single point load cell has no degree of freedom for horizontal displacement or inclination, using more than one load cell in a load receptor uncoupling elements are necessary. The load transmissions 1 to 10 for the beam load cells may be applied. Maximum platform dimensions may be mentioned in the test certificate or the type approval certificate.

Double ended beam load cell (de)



Constructions with fixed clamping at the two ends need some elasticity of the supporting construction for minimum displacement and inclination.

Figure 2: Load cell construction and load transmission (Source: WELMEC Guide 2.4:2001)

Ruge's crucial idea, in which he differed from Simmons, was that of attaching the measuring wire to a foil backing, creating an independent measuring instrument which is easy to handle, and which could be stuck to any surface. It was very thin and light, needed no pressure force and caused practically no reaction, so that measurements also became possible on thin objects. Through the application of electric amplifiers, static and dynamic measurements were also possible.

Even the first prototypes of the **strain gauge** proved to be superior to all the **strain measuring devices** commonly used until then.

The history of strain-gauge load cells as bending beams will end for now. In the next parts of this series, the various types of weighing instruments, e.g. receiving scales, loading scales, weighing and bagging machines, proportioning weighers, checkweighers and price indicating scales will be reported on. Strain-gauge load cells will inevitably be dealt with again regarding their function and resolution as well as the maximum permissible errors. ■

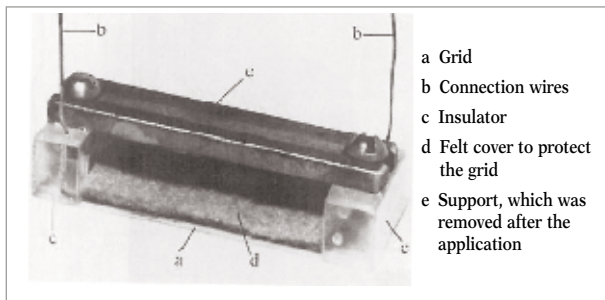


Figure 4: First mass-produced strain gauge

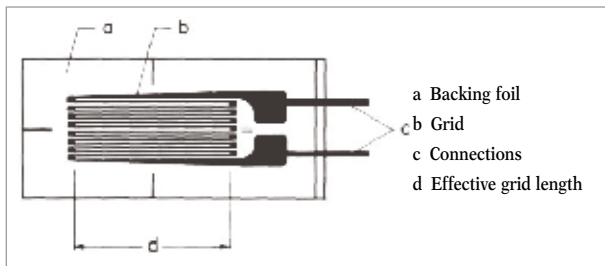


Figure 5: Characteristic design of a strain gauge



Figure 6: Arthur Claude Ruge, the inventor of the strain gauge, performing his measurements

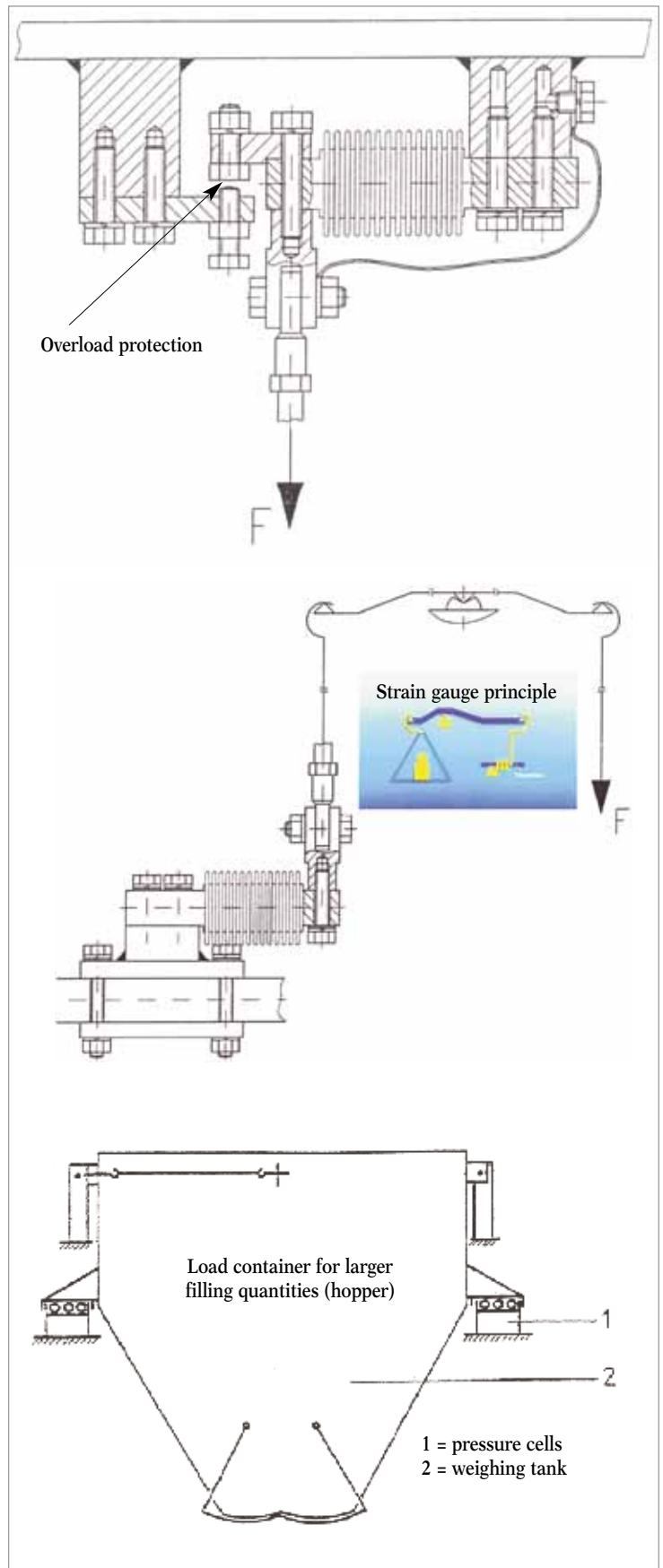


Figure 3: Examples of LC internal fittings

Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit

Von Ing. Wolfgang Euler, Hennef/Sieg, und Heinz Weisser, Balingen

9. Teil

Weitere Details zu den DMS-Wägezellen in der Waagen- und Wägetechnologie

Die beiden Teile 7 und 8 der Serie „Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit“ befassten sich mit dem Thema Wägezellen als Biegestab sowie der Dehnungsmessstreifentechnik (DMS).

Zur Einführung erfolgte im 7. Teil eine einfache, aber sehr wichtige Vor- und Grundbetrachtung: Bei der mechanischen Balkenwaage ist das Gewicht einer bekannten Masse die Vergleichskraft (siehe hierzu auch Heft 17/2012, S. 554).

Bei der Kraftmessung mit der DMS-Wägezelle als Biegestab ist die elektrische Widerstandsänderung, die durch geometrische Änderung eines belasteten metallischen Körpers entsteht, das Maß für die Vergleichskraft.

Das Messen von der Masse-Wägung (Gewichtsnormalien) zur Kraftmessung (DMS-Wägezellen als Biegestab) stellt bisher die größte Veränderung aller Zeiten in der Wägetechnik überhaupt dar, obwohl die Erfindung der automatischen Chronoswaage, die aber noch auf Basis der Masse-Wägung arbeitet und keine eigene Energie für die automatische Wägung benötigt, ebenfalls eine wägetechnische und revolutionäre Veränderung darstellte.

Die Autoren Heinz Weisser und Wolfgang Euler haben im 7. und 8. Teil die Entwicklung und den Aufbau für die Anwendung der DMS-Wägezellen in der Wägetechnik so detailliert wie möglich beschrieben. Deshalb würde es die Verfasser auch sehr freuen, wenn sich die Leser dieses Beitrages ebenfalls einmal die Zeit nehmen würden, um darüber nachzudenken, welche Vor- und Nachteile die beiden grundverschiedenen Messmethoden haben. Es gibt da schon größere Unterschiede.

Dieses Thema beschäftigt besonders den Autor Wolfgang Euler, der schon seit über 50 Jahren Wägezellen einsetzt und anwendet mit der Frage: Sind alle Waagen mit Wägezellen, Biegestäben und aufgeklebten Widerständen sowie für einen Ar-

beitsbereich von -10 bis $+40$ °C wirklich realistisch und langfristig noch geeignete „Waagen“ in diesem eigentlichen Sinne?

Ein Vorteil der Wägezellen (die in vielen Bereichen des Lebens unentbehrlich geworden sind) ist zweifellos, dass die Herstellung preiswerter ist und die Wägeleistung um ein Vielfaches und bedeutend höher ist als bisher (in manchen Einsatzbereichen kann dieses aber auch zu Wägefehlern führen/Umbau mechanische in elektronische Waage). Der Verbraucher hat gegenüber früher heutzutage vielfach kaum noch eine realistische Möglichkeit, den Wägevorgang zu verfolgen. Da zählt auch nicht, wenn dort Waagen für eine eigene Überprüfung stehen. Wer weiß und erkennt dann schon, dass unter dem Preisscanner im Supermarkt auch noch eine geeichte Waage eingebaut ist. In etwa drei Sekunden – so lange dauert heute die Gewicht- und Preisanzeige neben der Kasse (die Waage selber sieht man dabei nicht) – kann selbst ein Experte nicht so schnell an der Waagen-Anzeige das Gewicht und den Preis erkennen. Früher musste bei jeder nichtselbsttätigen Waage (NSW) das Gewicht mindestens für zehn Sekunden angezeigt werden. Diese Anzeigesicherheit für den Verbraucher wurde schlicht und einfach deshalb reduziert, weil sonst die Staus an den Kassen zu lange dauern würden. Elektronische Waagen werden in aller Regel nach etwa sieben bis zehn Jahren aus dem Verkehr gezogen. Über wie viele Jahre dagegen behalten aber Masse-Waagen, z. B. im „Tante-Emma-Laden“, ihre volle Funktion? Außerdem sind oder waren diese Waagen viel einfacher auf Genauigkeit zu kontrollieren – selbst für den Verbraucher. Obwohl der Autor Wolfgang Euler seit vielen Jahrzehnten selber weltweit sowohl mit der Masse-Waage als auch mit den Wägezellen (Kraft) zu tun hatte, stellen für ihn Metallverformungen mit aufgeklebten Widerständen in Wägezellen keine Messmittel für die Ewigkeit dar – wie bei der Masse-Waage. Er ist der Meinung, dass die Hersteller, Entwickler und Forscher der Zukunft zum Schutz für

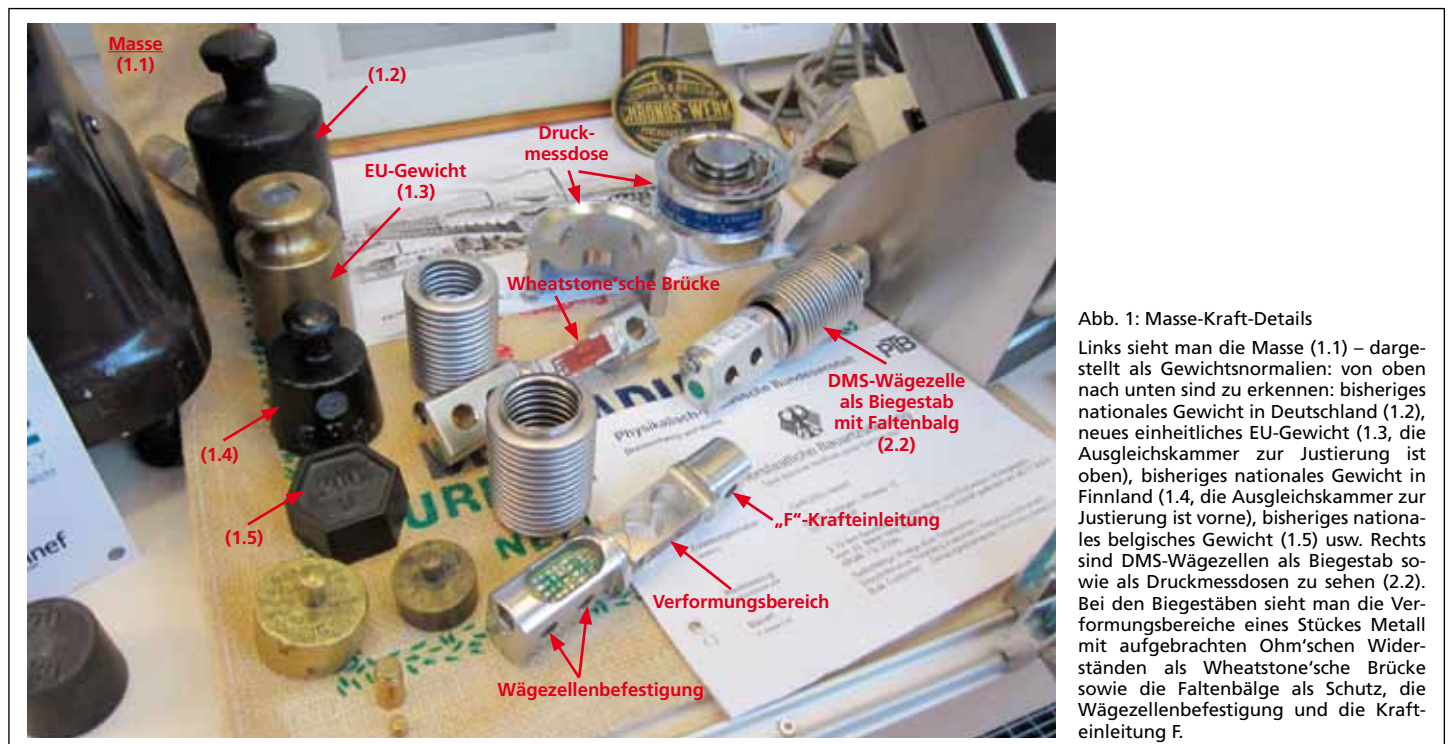


Abb. 1: Masse-Kraft-Details

Links sieht man die Masse (1.1) – dargestellt als Gewichtsnormalien: von oben nach unten sind zu erkennen: bisheriges nationales Gewicht in Deutschland (1.2), neues einheitliches EU-Gewicht (1.3, die Ausgleichskammer zur Justierung ist oben), bisheriges nationales Gewicht in Finnland (1.4, die Ausgleichskammer zur Justierung ist vorne), bisheriges nationales belgisches Gewicht (1.5) usw. Rechts sind DMS-Wägezellen als Biegestab sowie als Druckmessdosen zu sehen (2.2). Bei den Biegestäben sieht man die Verformungsbereiche eines Stückes Metall mit aufgebrachten Ohm'schen Widerständen als Wheatstone'sche Brücke sowie die Faltenbälge als Schutz, die Wägezellenbefestigung und die Krafteinleitung F.

die Verbraucher in aller Welt sowie für den Nahrungs- und Güterumschlag in den Häfen, noch bessere, sicherere sowie fortschrittlichere Messmittel erfinden und auf den Markt bringen sollten.

Mit den Abb. 1 und 2 werden noch weitere Bilder zur Detail-erläuterung und zum besseren Verständnis vorgestellt:

Die wichtigsten technischen Daten zu den genannten oder ähnlichen DMS-Wägezellen als Biegestab:

- Genauigkeitsklasse nach OIML R 60 (DMS-Wägezellen), mit Teilezahl (nLC) für z. B.: D1-1000, 5 kg–1 t, C3-3000, 10 kg–1 t, C4-4000, 20–500 kg, C6-6000, 50–200 kg. D oder C = Genauigkeitsklasse, nLC = Teilezahl
- Nennlast E_{max} (kg): 10–500 kg, für C6 – 50–200 kg,
- Mindest-Eichwert: V_{min} % von Nennlast, oder $V_{min} = E_{max} / Y$,
- V_{min} – kleinster zulässiger Teilungswert der Wägezelle,
- Y = Höchst-Teilungsfaktor,
- Nennkehrwert $mV/V/2$,
- Nennbereich der Speisespannung V : 0,5–12,
- Nenntemperaturbereich °C: –10 bis +40,
- Grenzlast: % von Nennlast/150, Bruchlast: % von Nennlast/300,
- Schutzart nach EN 60529 (IEC 529): IP 67,
- Material: Messkörper, Faltenbalg und Kabelverschraubung: nichtrostender Stahl.

Hier sind nicht alle technischen Daten aufgeführt. Die Daten sind jedoch repräsentativ, da die verschiedenen Werte mit anderen ähnlichen DMS-Wägezellen fast identisch sind.

Die Autoren sind der Meinung, mit dem 9. Teil zur Geschichte der Waage für 2012 den richtigen Abschluss gefunden zu haben. Zwar etwas verzögert wird im Jahre 2013 dann der 10. Teil mit dem Thema „Die nichtselbsttätige Waage (NSW)“, gemäß OIML R 76 (EN 45 501), fortgesetzt.

Danach folgen: Die selbsttätigen Waagen zum Totalisierenden (SWT), gemäß OIML R 107 – Annahme – Verladung – Bulk; die selbsttätigen Waagen zum Abwägen (SWA), gemäß OIML R 61-Absackung – Bagging; die Dosierwaagen für die Mischfabrikationen; die selbsttätigen Kontrollwaagen (SKW), gemäß OIML R 51, und die Checkweigher als selbsttätige Waagen für Einzelwägungen (SWE) mit Preisauszeichner.

Dank an Rudi Keinath in Onstmettingen/Albstadt

Die Autoren Heinz Weisser und Wolfgang Euler haben mit dieser Ausgabe bereits den 9. Teil der Serie über die „Geschichte der Waage“ veröffentlicht, die ebenfalls auch in dem OIML-Bulletin (Organisation Internationale de Métrologie Légale – Internationales Mess- und Eichwesen) veröffentlicht und in 120 Ländern gelesen wird. Heute möchten die Autoren die Gelegenheit nutzen, um sich zum Jahresabschluss bei Rudi Keinath aus Onstmettingen/Albstadt (Schwäbische Alb) für seine exzellente Unterstützung zur Ausarbeitung der bisher erschienenen Berichte zu bedanken. Bei den Berichten zu Philipp Matthäus Hahn, Philipp Gottfried Schaudt, in der Historie zur Firma Bizerba in Balingen (Zollernalbkreis) sowie zur Erfindung der ersten Neigungswaage in Deutschland durch die Firma Bizerba war Rudi Keinath maßgeblich beteiligt.

Rudi Keinath ist ein großer Spezialist für die Anfertigung von hoch präzisen gleicharmigen Balkenwaagen sowie von Labor- und Handelsgewichten. Der heute 78-Jährige war über 50 Jahre bei der bekannten Gewichte- und Waagenfabrik „Haigis“ in Onstmettingen erfolgreich tätig.

Seit einigen Jahren hat Rudi Keinath in der Riedschule in Onstmettingen ein privates Gewichte- und Waagen-Museum, das im vorigen Jahr 550 Besucher zählen konnte. Es gab 13 Tage der offenen Tür, zweimal kamen die „Kastenkinder“ zu Besuch, an 44 Tagen folgten die Mitglieder dem Aufruf zum Arbeitseinsatz. Berücksichtigt man Sitzungen, Telefonate und Briefe, dann hat Rudi Keinath jeden zweiten Tag der Waagensammlung gewidmet. Der Arbeitskreis Waagen nennt mittlerweile in seinem Museum in Onstmettingen rund 650 Waagen von 60 verschiedenen Herstellern sein Eigen, wie der Vorsitzende Rudi Keinath vor Kurzem feststellte.

Für 2013 freuen sich die Verfasser auf die weitere Unterstützung von Prof. Dr. Dr. Manfred Kochsiek und Susanne Ludwig (beide Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB] in Braunschweig und Berlin), Chris Pulham, OIML Paris (Organisation de Métrologie Légale), der Firma Bizerba in Balingen (Zollernalbkreis) und der Stadt Hennef mit ihrer Tourist-Information.

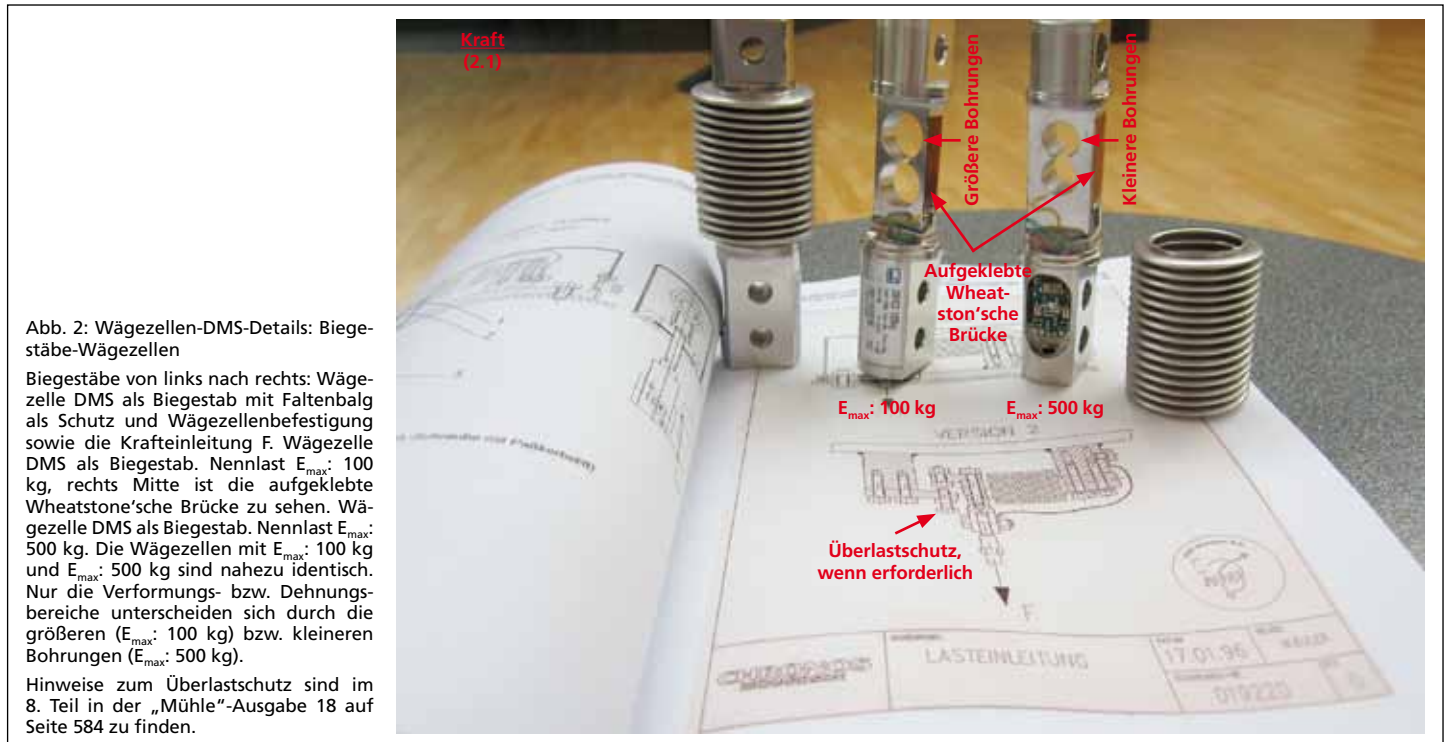


Abb. 2: Wägezellen-DMS-Details: Biegestäbe-Wägezellen

Biegestäbe von links nach rechts: Wägezelle DMS als Biegestab mit Faltenbalg als Schutz und Wägezellenbefestigung sowie die Krafteinleitung F. Wägezelle DMS als Biegestab. Nennlast E_{max} : 100 kg, rechts Mitte ist die aufgeklebte Wheatstone'sche Brücke zu sehen. Wägezelle DMS als Biegestab. Nennlast E_{max} : 500 kg. Die Wägezellen mit E_{max} : 100 kg und E_{max} : 500 kg sind nahezu identisch. Nur die Verformungs- bzw. Dehnungsbereiche unterscheiden sich durch die größeren (E_{max} : 100 kg) bzw. kleineren Bohrungen (E_{max} : 500 kg).

Hinweise zum Überlastschutz sind im 8. Teil in der „Mühle“-Ausgabe 18 auf Seite 584 zu finden.

HISTORY OF SCALES

Part 9: Further details on strain-gauge load cells in the technology of scales and weighing

ING. WOLFGANG EULER, HENNEF/SIEG and
HEINZ WEISSER, BALINGEN

Parts 7 and 8 of this series *Weights, scales and weighing through the ages* dealt with the subject of load cells as bending beams as well as strain-gauge technology (SGT).

By way of introduction, in Part 7 there was a simple but very important initial and basic examination of the subject: In the case of the mechanical beam balance, the weight of a known mass is the reference force.

When measuring force with a strain-gauge load cell as a bending beam, the change in electrical resistance, which is produced through the geometric change of a loaded metallic body, is the measure for the reference force.

The development from mass weighing (weight standards) to force measurement (strain-gauge load cells as bending beams) has to date represented the largest change ever in weighing technology, although the invention of the automatic Chronos scales (which however still work on the basis of mass weighing and do not require any of their own energy for automatic weighing) was also a revolutionary change in weighing technology.

In the OIML Bulletin, the development and the design for the application of strain-gauge load cells in weighing technology has been described in detail. The authors would therefore be very pleased if readers of this article would take the time to think about the pros and cons the two entirely different measurement methods have. There are some very big differences.

One essential question is: Are all scales with load cells, bending beams, glued-on resistors and a working range from -10 °C to $+40\text{ °C}$, really realistic and – in the long term – still suitable “scales” in this actual sense?

An advantage of load cells (which have become indispensable in many fields of life) is without doubt that their manufacture is more reasonably priced and the weighing performance is considerably higher than before (in certain fields of application this can, however, lead to weighing errors/conversion from mechanical to electronic scales). Nowadays, the consumer often hardly has a realistic chance of following the weighing process



Fig. 1: Mass and force details

On the left the weights can be seen (1.1) – shown as weight standards: from the top to the bottom we can see: old German weight (1.2), new uniform EU weight (1.3, the adjustment cavity is at the top), old Finnish weight (1.4, the adjustment cavity is at the front), old Belgian weight (1.5) etc. On the right strain-gauge load cells as bending beams as well as pressure load cells can be seen (2.2). In the case of the bending beams you can see the deformation areas of a piece of metal with ohmic resistors attached as a Wheatstone bridge as well as the bellows as protection, the load cell fastening and the force transmission “F”.

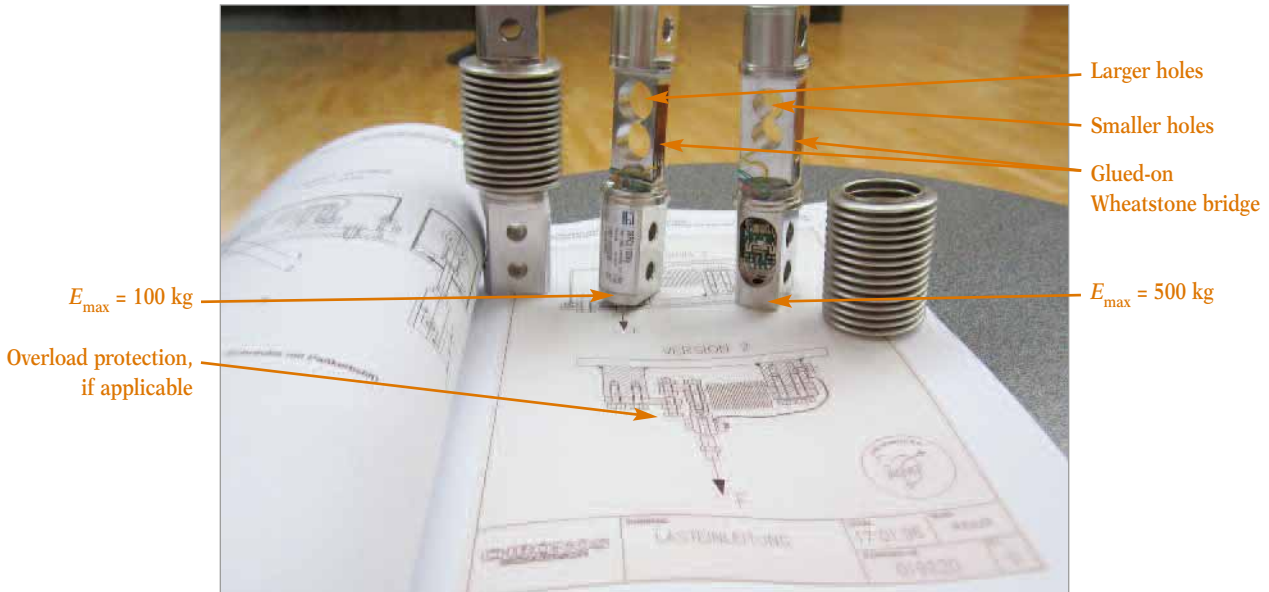


Fig. 2: Load cell and strain-gauge details: bending beams load cells

Bending beams from left to right: strain-gauge load cell as a bending beam with bellows as protection and load cell fastening as well as the load transmission “F”. Strain-gauge load cell as a bending beam. Nominal load $E_{\max} = 100$ kg, the glued-on Wheatstone bridge can be seen (centre right). Strain-gauge load cell as a bending beam. Nominal load $E_{\max} = 500$ kg. The load cells with $E_{\max} = 100$ kg and $E_{\max} = 500$ kg are practically identical. Only the deformation area, or respectively, the straining area differ through the larger ($E_{\max} = 100$ kg), or respectively, smaller holes ($E_{\max} = 500$ kg).

compared to in the past. It does not even matter if scales are available for one’s own checking purposes.

Who still knows and can recognize today that verified scales are integrated under the barcode scanner in a supermarket? In about three seconds – that is how long the weighing and price display cycle at the supermarket checkout takes today (the scales themselves cannot be seen) – not even an expert can see the weight and the price on the display of a weighing instrument that quickly. In the past every non-automatic weighing instrument (NAWI) had to display the weight for at least ten seconds.

This provision of display safety for the consumer was purely and simply reduced because otherwise, queuing at the checkouts would take too long. Electronic scales are as a rule replaced by more modern devices after about seven to ten years. Compared to this, for how many years do weighing scales, for instance in corner shops, remain fully functional? Besides this, these scales are or were much more simple to check for accuracy – even for the consumer.

Although the author, Wolfgang Euler, has had dealings with weighing scales as well as with load cells (force) for many decades throughout the world, metal deformations with glued-on resistors in load cells do not represent a means of measurement for the rest of eternity for him – unlike weighing scales. He is of the opinion that the manufacturers, developers and

researchers of the future – for the protection of consumers all over the world as well as for handling food and other goods in ports – should invent still better, safer as well as more progressive measuring equipment and put it on the market.

Figures 1 and 2 present further illustrations to explain the details and to improve the reader’s understanding.

The most important technical data on strain-gauge load cells with bending beams or similar equipment is presented below.

■ Classification according to OIML R 60:

D 1: nLC = 1000	$E_{\max} = 5$ kg ... 1 t
C 3: nLC = 3000	$E_{\max} = 10$ kg ... 1 t
C 4: nLC = 4000	$E_{\max} = 20$ kg ... 500 kg
C 6: nLC = 6000	$E_{\max} = 50$ kg .. 200 kg

Where:

- D or C = the accuracy class,
- E_{\max} = the maximum capacity of the load cell (kg),
- nLC = the maximum number of verification scale intervals for the load cell,
- v_{\min} = the smallest verification scale interval of the load cell,

- $Y = \frac{E_{\max}}{V_{\min}}$ (resolution of the load cell),
- Nominal (rated) sensitivity= 2 mV/V,
- Nominal range of supply voltage: 0.5 V – 12 V,
- Nominal temperature range: -10 °C to + 40 °C,
- Limit load: 150 % of E_{\max} ,
- Breaking load: > 300 % of E_{\max}
- Degree of protection (IP) as per EN 60529 (IEC 529), IP 68,
- Material: measuring body and bellows stainless steel,
- Cable inlet gland: stainless steel/viton,
- Cable sheath: PVC.

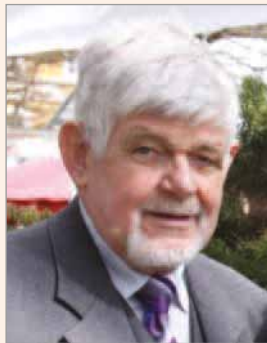
Not all the technical data is presented here, however, as the various values are almost identical to other similar strain-gauge load cells.

The authors think that – with this article on the history of scales – they have reached a certain conclusion. The next part is “Non-automatic weighing instruments (NAWI)”, in accordance with OIML R 76 (EN 45 501).

After that the following will be discussed:

- discontinuous totalizing automatic weighing instruments (totalizing hopper weighers), in accordance with OIML R 107 – receiving/loading scales – bulk,
- automatic gravimetric filling instruments, in accordance with OIML R 61 – bagging,
- proportioning weighers for multiple ingredients,
- automatic catchweighers, in accordance with OIML R 51, and automatic checkweighers with price indication. ■

*The Authors of the series
“Weights, scales and weighing through the ages”*



Wolfgang Euler



Heinz Weisser

Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit

Von Ing. Wolfgang Euler, Hennef/Sieg, und Heinz Weisser, Balingen

10. Teil

Die Internationale Organisation für gesetzliches Messwesen Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML), Paris

Bereits vor dem Zweiten Weltkrieg gab es intensive Bestrebungen, eine internationale Organisation für das gesetzliche Messwesen zu schaffen. Aber erst 1950 wurden diese Arbeiten durch ein provisorisches Komitee wieder aufgenommen, das eine Konvention über die Gründung einer Internationalen Organisation für gesetzliches Messwesen (Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML), Paris, vorbereitete. Nachdem eine Anzahl von Staaten dieses Übereinkommen unterzeichnet hatte, trat die Konvention 1958 in Kraft.

Die OIML erarbeitet und publiziert internationale Empfehlungen (Recommendation) über Messgeräte und ihre metrologischen und technischen Eigenschaften sowie deren Eichung. Die Mitgliedsstaaten der OIML sind nach dem abgeschlossenen Übereinkommen moralisch verpflichtet, die Empfehlungen soweit wie möglich bei den nationalen Vorschriften zu berücksichtigen, soweit die OIML anwendbar sind. Auf der Basis nationaler Metrologie und Zulassungsbehörden werden auf Antrag und nach Prüfung die OIML Certificate of Conformity ausgestellt. OIML-Certificates sind keine Zulassungen. Sie erleichtern aber wesentlich den Erhalt der jeweiligen nationalen Bauartzulassungen, die Voraussetzungen für die innerstaatlichen Eichungen von Waagen sind.

Für gravimetrische Bestimmungen sind folgende Dokumente relevant:

Wägezellen: OIML R 60,

Waagen:

OIML R 50 – Continuous totalizing automatic weighing instruments (belt weighers), Förderbandwaagen (FBW),

OIML R 51 – Automatic catchweighing instruments, selbsttätige Waagen für Einzelwägungen (SWE),

OIML R 61 – Automatic gravimetric filling instruments (AGFI), selbsttätige Waagen zum Abwägen (SWA),

OIML R 76 – *Non-automatic weighing instruments (NAWI)*, Edition 2006, *nichtselbsttätige Waagen (NSW)*. EN 45501

OIML R 106 – Automatic rail-weighbridge, selbsttätige Gleiswaagen,

OIML R 107 – Discontinuous totalizing automatic weighing instruments (totalizing hopper weighers), selbsttätige Waagen zum Totalisieren (SWT),

OIML R 134 – Automatic instruments for weighing road vehicles in motion. Total vehicle weighing (Straßenfahrzeugwaagen),

Gewichtsstücke: OIML R 111

Sobald die Bearbeitung für eine neue Recommendation erstellt und fertig ist, erhält diese von der OIML eine fortlaufende Nummer. Deshalb hat die OIML R 76 mit der Nr. 76 auch eine relativ hohe Nummer. *Dennoch behandeln die Autoren hier die „Nichtselbsttätige Waage“ (NSW) als erste.* Die Non-automatic weighing instruments (NAWI) sind für die Autoren nicht nur die ältesten und genauesten Waagen aller Zeiten, sondern auch die wichtigsten.

OIML R 76 – Non-automatic weighing instruments (NAWI), Edition 2006

Nichtselbsttätige Waagen (NSW) EN 45501

NAWI/NSW sind Waagen, die das Eingreifen eines Bedieners während des Wägevorganges erfordern, um zu entscheiden, ob

das Wägeregebnis akzeptabel ist (OIML R 76- T.1.2). Die Entscheidung, ob ein Wägeregebnis akzeptabel ist, beinhaltet jede intelligente Handlung des Bedieners, die das Wägeregebnis beeinflusst. Dies kann eine Handlung sein (z. B. Auslösen eines Abdruckes, Tarieren oder Nullstellen der Waage) oder eine mögliche Anpassung des Gewichtes des Wägegutes unter Beobachtung der Anzeige.

OIML R 76 – Non-automatic weighing instruments (NAWI) Part 1: Metrological and technical requirements – Tests; non-automatic weighing instruments. Part 2: Test report format

OIML R 76 und EN 45501 sind identisch. Die OIML R 76 basiert auf der früheren OIML Nr. 3: Metrologische Grundlagen und Nr. 28, Technische Grundlagen.

Nichtselbsttätige Waagen (NSW) EN 45501

Metrologische Aspekte nichtselbsttätiger Waagen

Deutsche Fassung EN 45501:1992

Normen als Beispiel: BS DIN EN 45501 für NSW/NAWI

Alle aufgeführten Regelwerke sind kompatibel.

BS = British Standard, DIN = Deutsches Institut für Normung,

EN = Europäische Norm

Non-automatic weighing instruments/Nichtselbsttätige Waage im Wandel der Zeit (NAWI/NSW):



Abb. 1: Gleicharmige Balkenwaage, um 7000 v. Chr.



Abb. 2: Tafelwaage auf dem Prinzip der gleicharmigen Balkenwaage, um 1670



Abb. 3: Bizerba Neigungswaage in Deutschland, erstmalig zugelassen im Jahr 1924



Abb. 4: Bizerba Elektronik-Ladenwaagen, Wägezellen mit DMS-Technik, um 2002



Abb. 5: „Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit“ – Dauerausstellung in der Meys Fabrik (kleine Stadthalle) in Hennef a. d. Sieg – weiter sind als „Nichtselbsttätige Waagen“ zu sehen: Dezimalwaage (links oben) Alois Quintenz, 1821. Bei der Dezimalwaage muss 1/10 der zu wiegenden Last als Gewichtsstück in die Waagschale gelegt werden. Um ein Gewicht von 1 kg abzuwiegen, benötigt man nicht mehr ein Gegenwicht von ebenfalls 1 kg – wie noch bei der gleicharmigen Balkenwaage –, sondern eines von lediglich 0,10 kg. Die abgebildete Dezimalwaage ist das Meisterstück eines polnischen Waagenbauers. Kazimierz Kacprzak schenkte dem Autor bei seiner Pensionierung diese Waage in Warszawa/Polen. Kacprzak war in leitender Position beim GUM (Główny Urząd Miar) in Warschau tätig. Älteste deutsche Briefwaage (rechts oben), handgefertigt nach dem Original von 1851. Eine „Haushaltswaage“ mit Federtechnik befindet sich direkt hinter der Briefwaage. „Haushaltswaagen“ sind Waagen mit geringer Genauigkeit zur Verwendung in Privathaushalten.

OIML R 76 – Nationale und internationale Eichfehlergrenzen für „Nichtselbsttätige Waagen“ (NSW) – Prüfung einer zur Eichung gestellten Waage

Die dynamische Prüfung von automatischen Waagen wird zu einem späteren Zeitpunkt eingehend erläutert, wenn die Technik der jeweiligen Waage behandelt wird. Für selbsttätige Waagen gilt heute die Europäische Messgeräte Richtlinie – (MID) – Measuring Instruments Directive. 2004/22/EC.

Die Prüfung einer zur Eichung gestellten Waage umfasst die Prüfung auf Einhaltung der Bauvorschriften, der Eichordnung und der Zulassung. Außerdem erfolgt eine Prüfung auf Veränderlichkeit sowie die messtechnische Kontrolle mit Prüfung auf Einhalten der Eichfehlergrenzen.

Die nichtselbsttätigen Waagen (NSW) werden gemäß „A“ geprüft.

Für die Ersteinigung (Initial Verification) werden automatische Waagen – vielfach auch selbsttätige Waagen genannt – ebenfalls statisch geprüft. Grundsätzlich gehen beide Autoren von zwei Prüfungen aus, die bei jeder Eichung durchgeführt werden sollten:

A: Statische Prüfung mit Gewichten im nichtselbsttätigen Betrieb

Hierbei muss die nichtselbsttätige Waage (NSW/NAWI) bei zunehmender und abnehmender Gewichtsbelastung mit Gewichtsstücken die Eichfehlergrenzen gemäß OIML R 76 (NAWI/NSW), Class III (Handelswaage) bzw. EN 45501 einhalten.

B: Dynamische Prüfung mit statischer Wägung im selbsttätigen Betrieb mit Produkt

Details erfolgen, wenn die jeweiligen Waagen funktions- und eichtechnisch erläutert und beschrieben werden.

Special accuracy	I	Feinwaagen
High accuracy	II	Präzisionswaagen
Medium accuracy	III	Handelswaagen
Ordinary accuracy	IIII	Grobwaagen

Abb. 6: Genauigkeitsklassen (Accuracy Classes) für NAWI/NSW

Praktisches Beispiel:

Ersteinigungs-Fehlergrenze gemäß OIML R 76 bzw. EN 45501				
Maximal zulässige Fehler auf Ersteinigung	Für Lasten (m) ausgedrückt in Eichwerte (e)			
	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV
$\pm 0,5 e$	$0 \leq m \leq 50000$	$0 \leq m \leq 5000$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 1,0 e$	$50000 < m \leq 200000$	$5000 < m \leq 20000$	$500 < m \leq 2000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 1,5 e$	$200000 < m$	$20000 < m \leq 100000$	$2000 < m \leq 10000$	$200 < m \leq 1000$

e = Eichwert/increment der Waage, m = Anzahl der Eichwerte der Waage
 Max. = 52 kg, Eichwert: $1e = 1d = 0,02 \text{ kg}$ Eichwerte $e = d = 52 \text{ kg}; 0,02 \text{ kg} = 2600 \text{ n/Teile}$

Bei selbsttätigen Waagen (AGFI/SWA) für die Abwägung von losen Schüttgütern, wie z. B. Mehl/Getreide usw., wird das nachfolgende Beispiel wie bei der NAWI zur Ermittlung der statischen Ersteinigungs-Fehlergrenzen angewendet.

Die Ersteinigungs-Fehlergrenze für Klasse III beträgt:

Maximum permissible errors on initial verification

von 0 bis	$500 e \times 0,02 \text{ kg} = 10 \text{ kg}$, maximal zulässiger Fehler $\pm 0,5 e = \pm 0,01 \text{ kg}$
von >500 e bis	$2000 e \times 0,02 \text{ kg} = 40 \text{ kg}$, maximal zulässiger Fehler $\pm 1,0 e = \pm 0,02 \text{ kg}$
2000 e, z. B.:	$2600 e \times 0,02 \text{ kg} = 52 \text{ kg}$, maximal zulässiger Fehler $\pm 1,5 e = \pm 0,03 \text{ kg}$

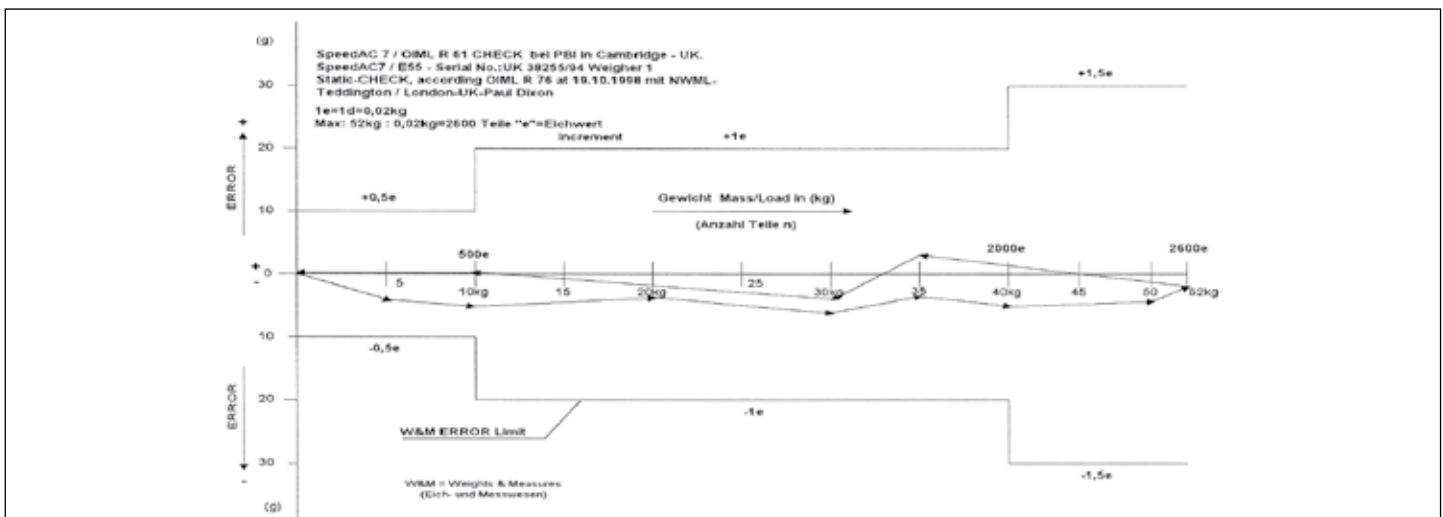


Abb. 7: Statische Eichfehlergrenzen (W & M error limits) in Abhängigkeit von der Teilezahl n und die eigentlichen Eichfehler in Bezug auf die jeweilige Belastung

Die Abb. 7 zeigt die statischen Eichfehlergrenzen (W & M error limits) in Abhängigkeit von der Teilezahl n und die eigentlichen Eichfehler in Bezug auf die jeweilige Belastung. Die statische Eichfehlerkurve wurde am 19.10.1998 bei PBI Cambridge/UK anlässlich einer Bagging weicher BW/SWA-Prüfung zur SpeedAC*) 7/E55 für den Erhalt des OIML R 61 Certificate of Conformity aufgenommen. (NWML-Paul Dixon + Wolfgang Euler)

Die Verkehrsfehlergrenzen (VFG) betragen das Doppelte der Eichfehlergrenzen.

Beschreibung der Eichfehlergrenzen (EFG):

1. Die Teilung in Richtung Error+ beträgt +10 g zu +10 g.
2. Die Teilung in Richtung Error- beträgt -10 g zu -10 g.
3. Eichfehlergrenze (EFG). Error+ oder -10 g. Bereich bis 500 e x 0,02 g = 10 kg.
4. In diesem Beispiel beträgt die EFG bis 500 e oder 10 kg, + oder -0,5 e.
5. Ab 500 e oder 10 kg beträgt die Eichfehlergrenze bis 2 000 e x 0,02 g = 40 kg.
6. In diesem Fall beträgt die EFG von 500 e oder 10 kg bis 2 000 e x 0,02 g = 40 kg + oder -1,0 e.

*) Speed – Schnell, AC – Accuracy – genau = SpeedAC

7. Ab 2 000 e oder 40 kg beträgt die Eichfehlergrenze bis 2 600 e x 0,02 g = 52 kg + oder -1,5 e.

8. Wägezellen arbeiten im Prinzip wie eine Federwaage. In diesem Beispiel kam ein HBM Hottinger Biegestab Type: Z6FC3 – 100 kg zum Einsatz. Man erkennt deutlich den Federeffekt der Wägezelle. Bei der „Auf“-Belastung zeigt die Eichfehlerkurve sehr gute Werte, während bei der „Ab“-Belastung sehr schön ein kleiner Rücklauffehler der Wägezelle (Federeffekt) zu erkennen ist.

In dem vorgenannten Beispiel werden die Eichfehlergrenzen sehr gut eingehalten. Die Waage gilt somit als geeicht.

Nach der NAWI/NSW werden im nächsten Teil die automatischen Waagen behandelt. Als erste die OIML R 107: Discontinuous totalizing automatic weighing instruments (totalizing hopper weighers), selbsttätige Waagen zum Totalisieren (SWT), auch als „Annahme- und Verladewaagen“ bezeichnet.

Quellen

1. Haeberle, K. H.: 10000 Jahre Waage
2. Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML)
3. Manfred Kochsiek: Handbuch des Wägens
4. Roman Schwartz, Panagiotis Zervos u.a.: Wägelexikon
5. Wikipedia (die freie Enzyklopädie)

130 Jahre Chronos-Waage – die erste eichfähige automatische Waage der Welt

Die Hennefer Pioniere, Carl Reuther und Eduard Reiser, erfanden die „Chronos-Waage“ als erste eichfähige selbsttätige Waage der Welt. Zugelassen zur Eichung am 12. April 1883 durch die „Kaiserliche Normal-Aichungs-Commission“ in Berlin. Im selben Jahr erfolgte auch eine gleichzeitige Bekanntmachung im „Deutschen-Mühlen-Anzeiger“, unmittelbar nachdem die „Kaiserliche Normal-Aichungs-Commission“ in Berlin die mündliche Zusage zur Zulassung der selbsttätigen Waage zur Eichung erteilt hatte, also noch vor der offiziellen Bekanntmachung. Durch diese Zulassung wurde zum ersten Male auf dieser Erde einer automatischen Waage die gesetzliche Anerkennung als Wertmesser zuteil. Siehe hierzu auch Mühle-Heft 8/2012, S. 253–254.

Der Begriff „Chronos“ (griech. „Zeit“) wurde aufgrund des Faktors „Zeit“ als Name für den Waagentyp sowie als späterer Firmenname gewählt. Die Begründung ist einfach. Etwa 10 000 Jahre wurden Schüttgüter mit nichtselbsttätigen Waagen von Hand gewogen. Mit der Erfindung der automatischen selbsttätigen Chronos-Waage wurde das Abwägen und/oder Wägen von losen Schüttgütern deutlich verkürzt, dadurch sehr viel Zeit eingespart sowie das Wiegen wesentlich präziser und manipulationssicherer. Automatische selbsttätige Waagen sind heutzutage aus der modernen industriellen und computergesteuerten Wägetechnik nicht mehr wegzudenken.

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin als Nachfolgerin der Kaiserlichen Normal-Aichungs-Kommission und die Internationale Organisation für gesetzliches Messwesen (OIML), Paris, gratulieren zu dieser wirklich besonderen technischen Leistung aus Hennef. In einem Grußwort von Prof. Dr. Manfred Kochsiek, damaliger Vizepräsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt und Präsident der Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML), Paris, zum 120-jährigen Jubiläum hieß es damals:

„Diese Waage, eine wirkliche Welterfindung, steht nicht im Museum, um von alten Zeiten zu schwärmen. Der Jubilar ist viel zu rüstig und zu aktiv, um sich allein der Vergangenheit zu wid-

men. Er wägt – wenn auch in modernem Gewande – was er bereits damals getan hat: fließende Schüttgüter mit hoher Präzision. Eine Technik mit einer Markterwartung von 120 Jahren ist heutzutage kaum vorstellbar, da wir uns daran gewöhnt haben, dass aktuelle Innovationen – siehe Computertechnik – schon morgen zum alten Eisen gehören. Um sich diese Zeitdauer, die im technischen Sinne viel länger als im biologischen ist, vorzustellen, sei an Folgendes erinnert: Als die Chronos-Waage



gebaut wurde – im Jahre 1883 – experimentierte der Erfinder Gottlieb Wilhelm Daimler gerade mit Verbrennungsmaschinen – sein erstes Automobil hatte er noch gar nicht erfunden. Mit der einzigartigen Erfindung der beiden großen Pioniere Carl Reuther und Eduard Reiser vor 125 Jahren ging die Handverwiegung von losen Schüttgütern zu Ende und das Zeitalter der automatischen Waagen begann.“

HISTORY OF SCALES

Part 10: The International Organization of Legal Metrology

ING. WOLFGANG EULER, HENNEF/SIEG and
HEINZ WEISSER, BALINGEN

As early as in the 1930's, considerable effort was made to establish an international organization of legal metrology. But it was not until 1950 that a provisional committee resumed these activities and prepared a convention on the creation of an International Organization of Legal Metrology in Paris. After several nations had signed this agreement, the Convention came into force in 1956.

The OIML elaborates and publishes international Recommendations on measuring instruments and their metrological and technical properties as well as their verification. After signing the agreement, the OIML Member States are morally bound to implement the Recommendations to the greatest extent possible when elaborating national provisions.

OIML Certificates of conformity are issued on request and upon examination, by national metrology and approval authorities. OIML Certificates are not approvals, however they make it considerably easier to obtain the corresponding national type approval certificates which are a precondition for national verifications of weighing instruments.

For gravimetric determinations, the following OIML publications are relevant:

Load cells:

OIML R 60

Weights:

OIML R 111

Weighing instruments:

- OIML R 50 Continuous totalizing automatic weighing instruments (belt weighers)
- OIML R 51 Automatic catchweighing instruments
- OIML R 61 Automatic gravimetric filling instruments (AGFI)
- OIML R 76 *Non-automatic weighing instruments* (NAWI) (the basis for EN 45501)

OIML R 106 Automatic rail-weighbridges

OIML R 107 Discontinuous totalizing automatic weighing instruments (totalizing hopper weighers)

OIML R 134 Automatic instruments for weighing road vehicles in motion. Total vehicle weighing

As soon as a new Recommendation has been elaborated and completed, it is assigned a number by the BIML. In the view of the authors, non-automatic weighing instruments (NAWI) are not only the oldest and most accurate, but also the most important weighing instruments of all times.

OIML R 76:1976 Non-automatic weighing instruments (NAWI). Part 1: Metrological and technical requirements – Tests Part 2: Test report format



A NAWI is an instrument that requires the intervention of an operator during the weighing process in order to decide whether the weighing result is acceptable (OIML R 76 T.1.2). The decision as to whether a weighing result is acceptable includes any intelligent action by the operator that affects the result. This may be an action (e.g. printing, taring or zeroing the weighing instrument) or it may also be the adjusting of the load of the product to be weighed and observing the indication at the same time.

OIML R 76 and EN 45501 are identical in substance. OIML R 76 is based on the former OIML Recommendations No. 3: Metrological Regulations and No. 28, Technical Regulations.

Non-automatic weighing instruments (NAWI) EN 45501

Specification for metrological aspects of non-automatic weighing instruments:

German version EN 45501:1992

Example of standards: BS EN 45501 for NAWI. All quoted technical regulations are compatible with each other.

BS = British Standard, DIN = Deutsches Institut für Normung, EN = European standard



Fig. 1: Equal-arm beam balance, around 7000 BC



Fig. 2: Counter scales based on the principle of the equal-arm beam balance, around 1670



Fig. 3: Bizerba pendulum scales, approved for use in Germany for the first time in 1924



Fig. 4: Electronic commercial scales equipped with strain-gauge load cells, around 2002

Non-automatic weighing instruments through the ages (NAWI)

OIML R 76 – National and international maximum permissible errors on verification for non-automatic weighing instruments (NAWI) – Testing a weighing instrument submitted for verification

The dynamic testing of automatic weighing instruments will be dealt with in detail later when the technique of the relevant weighing instrument is dealt with. Today, in the European Union, the Measuring Instruments

Directive (MID) 2004/22/EC applies to automatic weighing instruments.

The testing of a weighing instrument submitted for verification includes testing for compliance with the constructional requirements, the Verification Ordinance, and the type-approval certificate. In addition, a variation test as well as a metrological test are carried out in which compliance with the maximum permissible errors on verification is checked.



Fig. 5: “Weights, weighing instruments and weighing in the course of time” – Permanent exhibition on display in Meys Fabrik (kleine Stadthalle) in the town of Hennef a. d. Sieg – other “non-automatic weighing instruments” shown here: proportional-weight instrument (top left) Alois Quintenz, 1821. The proportional weights principle is such that 1/10 of the load to be weighed is put in the weighing pan in the form of weights. In order to weigh a 1 kg load, one no longer needs a counterweight of 1 kg – as is the case with the equal-arm beam balance – but only a 0.10 kg weight. The proportional-weight instrument depicted here is a masterpiece made by a Polish constructor of scales. Kazimierz Kacprzak gave the author these scales in Warsaw/Poland when he retired. Kacprzak was an executive at GUM (Główny Urząd Miar) in Warsaw. Germany’s oldest letter scales (top right), hand-made true to the 1851 original. Domestic spring scales are depicted just behind the letter scales. Domestic scales are scales with low accuracy for household use only.

Special accuracy	I	Feinwaagen
High accuracy	II	Präzisionswaagen
Medium accuracy	III	Handelswaagen
Ordinary accuracy	IIII	Grobwaagen

Fig. 6: Accuracy classes for NAWI

Non-automatic weighing instruments (NAWI) are tested according to “A”

For initial verification, automatic weighing instruments are also tested in static operation. Categorically, both authors presume there are two tests. These should be carried out at each verification:

A Static test with weights in non-automatic operation

For this purpose, the NAWI must comply with the maximum permissible errors on verification according to OIML R 76, Class III (medium accuracy) or EN 45501 when the load is increased and decreased with weights.

B Dynamic test with static weighing operation in automatic operation with product

Details are given when the corresponding weighing instruments are explained and described from a functional point of view and with regard to verification. See Table 1 for a practical example.

In the case of automatic weighing instruments (AGFI) used to weigh loose bulk products such as, e.g., flour/cereals, etc., the following example is used, as in the case of NAWI for the determination of the static maximum permissible errors on initial verification.

Table 1: Practical example

Maximum permissible error on initial verification according to OIML R 76 or, respectively, EN 45501				
Maximum permissible errors on initial verification	For loads (<i>m</i>) expressed in verification scale intervals (<i>e</i>)			
	Class I	Class II	Class III	Class IV
$\pm 0.5 e$	$0 \leq m \leq 50\,000$	$0 \leq m \leq 5\,000$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 1.0 e$	$50\,000 < m \leq 200\,000$	$5\,000 < m \leq 20\,000$	$500 < m \leq 2\,000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 1.5 e$	$200\,000 < m \leq 2\,000\,000$	$20\,000 < m \leq 100\,000$	$2\,000 < m \leq 10\,000$	$200 < m \leq 1\,000$

e = verification scale interval/increment of the weighing instrument
m = number of verification scale intervals of the weighing instrument
 Max. = 52 kg
 Verification scale interval: $1e = 1d = 0.02 \text{ kg}$
 Verification scale intervals $e = d = 52 \text{ kg}$: $0.02 \text{ kg} = 2600 \text{ n/digits}$

Table 2: Maximum permissible error on initial verification for Class III

from 0 to $500 e \times 0.02 \text{ kg} = 10 \text{ kg}$, maximum permissible error $\pm 0.5 e = \pm 0.01 \text{ kg}$
from $>500 e$ to $2000 e \times 0.02 \text{ kg} = 40 \text{ kg}$, maximum permissible error $\pm 1.0 e = \pm 0.02 \text{ kg}$
$2000 e$, e.g.: $2600 e \times 0.02 \text{ kg} = 52 \text{ kg}$, maximum permissible error $\pm 1.5 e = \pm 0.03 \text{ kg}$

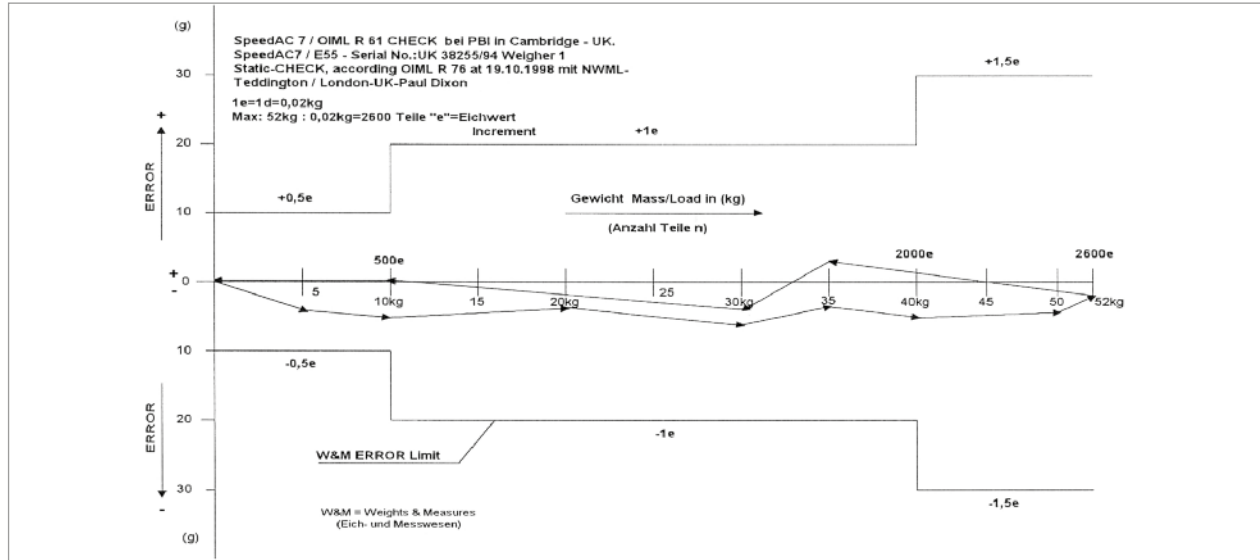


Fig. 7: Static maximum permissible errors on verification (W & M error limits) as a function of the number of verification scale intervals n and the actual errors on verification with regard to the relevant load

Figure 7 shows the static maximum permissible errors on verification (W & M error limits) as a function of the number of verification scale intervals n, and the actual errors on verification with regard to the relevant load. The static verification error curve was recorded by PBI Cambridge/UK with a bagging weigher BW/SWA test for SpeedAC (Speed: fast, AC: Accuracy/accurate = "SpeedAC") 7/E55 in order to obtain the OIML R 61 Certificate of conformity. (Paul Dixon (NWML) + Wolfgang Euler).

The maximum permissible errors in service are twice the maximum permissible errors on verification.

Description of the maximum permissible errors (mpe) on verification:

1. The scale towards Error+ is +10 g to +10 g.
2. The scale towards Error- is -10 g to -10 g.
3. Maximum permissible error on verification. Error+ or -10 g. Range up to $500 e \times 0.02 \text{ g} = 10 \text{ kg}$.
4. In this example, the mpe on verification up to $500 e$ or 10 kg amounts to + or -0.5 e.
5. From $500 e$ or 10 kg onwards, the mpe on verification amounts to $2000 e \times 0.02 \text{ g} = 40 \text{ kg}$.
6. In this case, the mpe on verification from $500 e$ or 10 kg up to $2000 e \times 0.02 \text{ g} = 40 \text{ kg}$ + or -1.0 e.
7. From $2000 e$ or 40 kg onwards, the mpe on verification up to $2600 e \times 0.02 \text{ g} = 52 \text{ kg}$ + or -1.5 e.

8. Load cells basically work like a spring balance. In this example, an HBM Hottinger bending beam of the type Z6FC3 – 100 kg was used. The spring effect of the load cell can be seen clearly. When applying the load, the verification error curve shows very good values, whereas when removing the load, a small return-stroke error (spring effect) of the load cell becomes clearly visible.

In the previous example, the maximum permissible errors on verification are perfectly met. The weighing instrument is therefore considered as "having passed verification".

The next part deals with automatic weighing instruments. First, OIML R 107:2007 *Discontinuous totalizing automatic weighing instruments (totalizing hopper weighers)*, also called "receiving and shipping weighers".

Sources

- 1 Haeberle, K. H.: 10000 Jahre Waage
- 2 Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML)
- 3 Manfred Kochsiek: Handbuch des Wägens.
- 4 Roman Schwartz, Panagiotis Zervos u.a.: Wägelexikon
- 5 Wikipedia (the free encyclopedia)

130 years of Chronos scales – The world's first verifiable automatic weighing instrument

Carl Reuther and Eduard Reisert, the pioneers from Hennef, invented the “Chronos scales” which became the first weighing instrument in the world which was admitted for verification. It was approved for verification by the “Kaiserliche Normal-Aichungs-Commission” (Imperial Standard Verification Commission) in Berlin on 12 April 1883. In the same year, a notification was published in the “Deutscher Mühlen-Anzeiger” immediately after the “Kaiserliche Normal-Aichungs-Commission” in Berlin had given its verbal agreement with regard to the approval of the automatic weighing instrument for verification, i.e. even before the official notification was released. This approval meant the first ever legal recognition of an automatic weighing instrument as a standard of value worldwide.

The name “Chronos” (Greek for “time”) was selected due to the factor of “time” as a name for the balance type – and later, as a company name. The reason for this is easy to explain. For approx. 10 000 years, bulk products were weighed manually with the aid of non-automatic weighing instruments. With the invention of the automatic Chronos scales, the weighing of loose bulk products was clearly faster, which left more time to make the weighing operation more accurate and the handling safer. One can now no longer imagine life without automatic industrial weighing instruments in modern industrial and computer-controlled weighing technologies.

In a short welcoming speech held on the occasion of the 120th anniversary, Prof. Dr. Manfred Kochsiek, then Vice-president of the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) and Acting CIML President said:

“This balance, a worldwide ground-breaking invention, is much too fit and active to only gather dust in a museum! We are celebrating the anniversary of an instrument which is not just devoted to the past and only taking a trip down memory lane. It is still – admittedly with a more contemporary appearance – doing what it used to do in the past, namely weighing bulk products with great accuracy. Today, a piece of technology with 120 years’ market expectation is hardly imaginable as we have become used to short-lived innovations – as in IT. To get a better picture of this duration, which is far longer in the technical sense than in the biological one, it might help to recall the following:

When the Chronos scales were built (back in 1883), the inventor Gottlieb Wilhelm Daimler was just experimenting with combustion engines – he had not yet invented his first automobile. This unique invention of the two great pioneers Carl Reuther and Eduard Reisert 130 years ago put an end to the manual weighing of loose bulk products and rang in the era of automatic weighing machines.” ■



Manfred Kochsiek





Aus Bizer Balingen wurde

Bizerba

seit 1866



Balingen
Zollern-Alb-Kreis

Mit dem Blick auf das Balinger Zollernschloss mit dem Museum für Waage und Gewicht und der davorliegenden Eyach möchten wir mit den Worten des spanischen Kulturphilosophen Jose Ortega y Gasset enden:

„Der Fortschritt besteht nicht darin, das Gestern zu zerstören, sondern seine Essenz zu bewahren, welche die Kraft hatte, das bessere Heute zu schaffen.“

Herrn Prof. Wilhelm Kraut (Bizerba) und seiner Sammelleidenschaft verdankt die Stadt Balingen den Grundstock des Museums für Waage und Gewicht im Zollernschloss. 1943 stellte er seine komplette Privatsammlung dem Museum zur Verfügung. Die Sammlung wurde zwischenzeitlich erheblich erweitert.

Ansprechpartner /Contact: Stadt Balingen, Friedrichstraße 67, D-72336 Balingen, Tel.: +49(0)7433-170261 www.balingen.de



Dauerausstellung „Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit“,
Meys Fabrik, Beethovenstraße 21



Von 1881 bis 2004



Hennef
Rhein-Sieg-Kreis

Gewicht, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit

In Hennef/Sieg gibt es inzwischen 3 Waagen-Dauerausstellungen mit dem oben genannten Titel - in der Meys-Fabrik (Stadthalle), - im Carl-Reuther-Berufskolleg (www.bk-hennef.de) und im Hennefer Wirtshaus – DB Bahnhofsgebäude, sowie den Waagenwanderweg mit 22 Stationen. Die gleiche Ausstellung wie in Hennef befindet sich auch in der Alten Wassermühle zu Oelsitz / Riesa an der Elbe (www.oelsitz.de).

Ansprechpartner /Contact: Tourist-Information der Stadt Hennef,
Frankfurter Straße 97, D-53773 Hennef, Tel.: +49(0)2242/19433, www.hennef.de



Bizer Balingen became

Bizerba

in 1866



Balingen
Zollern-Alb-Kreis

With a view of the Zollern castle in Balingen and the Museum for Scales and Weights and the Eyach in front we would like to conclude with the words of the Spanish cultural philosopher Jose Ortega y Gasset.

“Progress does not consist of destroying the past, but of preserving its essence, which had the power to create a better today.”

It is to Prof. Wilhelm Kraut (Bizerba) and his passion for collecting that the town of Balingen owes the genesis of the Museum for Scales and Weights in the Zollern castle. In 1943 he made his entire private collection available to the museum. The collection has since been extended considerably.

Contact: Stadt Balingen, Friedrichstraße 67, D-72336 Balingen, Tel.: +49(0)7433-170261 www.balingen.de



Dauerausstellung „Gewichte, Waagen und Wägen im Wandel der Zeit“, Meys Fabrik, Beethovenstraße 21



From 1881 to 2004



Hennef
Rhein-Sieg-Kreis

Weights, Weighing instruments and weighing in the course of time

Meanwhile in the town of Hennef existing 3 permanent exhibition with the title above - in Meys Fabrik (kleine Stadthalle) in the town of Hennef, - in Carl-Reuther-Berufskolleg (www.bk-hennef.de) - in Hennefer Wirtshaus / DB railway station, and also the weigher-walking-way with 22 Stations. The same exhibition as in Hennef you also find in the „Alten Wassermühle zu Oelsitz“ at Riesa, (www.oelsitz.de).

Contact: Tourist-Information der Stadt Hennef, Frankfurter Straße 97, D-53773 Hennef, Tel.: +49(0)2242/19433, www.hennef.de

Schlusswort

So wie früher bestimmen auch heute noch Gewichte und Waagen den Geld- und Warenstrom in hohem Maße. Ohne Waagen ist auch in unserer Zeit ein geordneter Wirtschaftskreislauf nicht möglich.

Das Redaktionsteam möchten mit dieser Serie sein Wissen über die Waagen und Messtechnik an den Nachwuchs – der sich heute noch in der Ausbildung befindet und in Zukunft vielleicht einmal Verantwortung in den Betrieben übernehmen wird – weitergeben. Deshalb verzichten die Autoren auch auf ihr Honorar und spenden dies jeweils zur Hälfte dem Carl-Reuther-Berufskolleg in Hennef und der Deutschen Müllerschule Braunschweig.

Peroration

Weights and weighing still determine the flow of money and goods today to a great extent. Without scales it would also be impossible to maintain a properly functioning economy.

With this series of articles the editorial team would like to pass on their knowledge about scales and metrology to the next generation, which is still being taught and trained and which will in turn take on responsibilities in companies in the future.

The authors have also donated half of their fees to the CarlReuther-Berufskolleg (a vocational college) in Hennef and to the Deutsche Müllerschule Braunschweig (German Milling School Braunschweig).

Verlag Moritz Schäfer GmbH & Co. KG

Paulinenstraße 43
32756 Detmold
www.vms-detmold.de

OIML Secretariat Bureau International De Métrologie Légale (BIML)

11 Rue Turgot
75009 Paris
www.oiml.org