

Hans R. Jenemann

Substitutionswägung – heute und vor zweihundert Jahren

1. Die „Chemische Waage“ – Bezugsbasis der chemischen Analyse

Das nach seiner Verwendung in chemischen Laboratorien am meisten anzutreffende Maßgerät ist die Analysenwaage. Allerdings besitzt die „Waage des Chemikers“ [1] heute nicht mehr die ausschließliche Dominanz wie zu jener Zeit, als chemische Gehaltsbestimmungen noch größtenteils durch gewichtsanalytische Verfahren durchgeführt wurden [2,3]. Neben die Gravimetrie traten später andere Analyseverfahren, bei denen nur noch das Einwiegen der Probe erforderlich ist, die eigentliche Bestimmung des chemischen Umsetzes jedoch nach anderen Prinzipien angezeigt wird [4,5], bis schließlich hin zu den modernen, rein physikalisch-instrumentellen Techniken.

Die Bedeutung der Waage als Bezugsbasis bleibt unverändert – auch dort, wo diese für bestimmte Methoden selbst nicht mehr zur Einwaage benötigt wird; diese müssen nämlich durch gleichgültige andere, meist auf chemischer Basis beruhenden Verfahren „geprüft“ werden, so daß auch ihre Aussagen letztlich auf der Waage beruhen.

2. Die analytische Feinwaage – ein Maßgerät höchster Präzision

Unter dem Begriff „Analysewaage“ wird definitionsgemäß ein Instrument verstanden, das bei einer Maximalbelastung von 100–200 g noch eine reproduzierbare Ablese einer Massendifferenz von 0,1 mg ermöglicht, d.h. eine relative Auflösung von $1 \cdot 10^6$ aufweist. Mit diesem Auflösungsverhältnis gehört sie zur Gattung der Feinwaagen [6–8]. Neben diesen am häufigsten anzutreffenden Typ gehören zu dieser Gattung noch andere im Laboratorium verwendete Waagen mit gleicher oder mit noch größerer Auflösung, wie z.B. die Halbmikrowaage oder die Mikrowaage mit ihrer in der klassischen Mikroanalyse geforderten Ablesebarkeit von 1 µg bei 20 bis 30 g Maximalbelastung. Feinwaagen mit noch größerer Belastbarkeit als diejenige der Analysewaage und dabei teilweise noch besserer Auflösung finden für höchst genaue physikalische Messungen, z.B. zum Massenvergleich, Verwendung. Im Extremfall können – unter Ausschaltung aller nur denkbaren Fehlermöglichkeiten – mit solchen Waagen noch Wägungen mit einer Genauigkeit, das ist Übereinstimmung mit der tatsächlich vorhandenen Masse, von $\pm 1 \mu\text{g}$ für Massennormale von 1 kg vorgenommen werden, also mit einer relativen Auflösung von $1 \cdot 10^9$ [9,10].

24 wägen + dosieren - 1/1980

3. Der heutige Stand der Feinwägung im Makrobereich

Innerhalb der letzten Jahre sind in zunehmendem Umfang Waagenysteme, die unter dem Sammelbegriff „elektronische Waagen“ zusammengefaßt werden, auch im Bereich des Laboratoriums zur Anwendung gelangt [9, 10]. Gegenüber dort bisher so gut wie ausschließlich eingesetzten mechanischen Waagen verschiedener Systeme findet zur Zeit ein Verdrängungsprozeß statt. „Elektronische“ Laboratoriumswaagen beruhen durchweg auf dem Prinzip der elektromagnetischen Kompensation der wirkenden Gewichtskraft der zu bestimmenden Masse. Sie gehören, gemeinsam mit der großen Gruppe der sehr verschiedenartigen Feder- und Torsionswaagen, zu den ortsabhängigen Waagen – im Gegensatz zu den mechanischen Hebelwaagen, bei denen die Gewichtskraft sowohl der ausliegenden Last als auch der zum Vergleich verwendeten Gewichtstücke gleichermäßen der am Bestimmungsort wirkenden Erdbeschleunigung unterliegt, so daß diese auf das Ergebnis der Wägung ohne Einfluß ist.

Das Prinzip der elektromagnetischen Kraftkompensation ist bereits seit dem vorigen Jahrhundert bekannt. Eine mit dem Balken oder auch direkt mit der Schale verbundene Drehspule befindet sich zwischen den Polen eines Magnetsystems; die Nullstellung wird an einer Skala durch einen Zeiger markiert. Das von der zu wägenden Masse erzeugte Drehmoment, und somit die wirkende Gewichtskraft, wird durch Anlegen einer elektrischen Spannung an die Spule kompensiert; der Zeiger wird wieder auf Null einreguliert. Der nun fließende Strom wird an einem Galvanometer gemessen; die von der Masse ausgeübte Gewichtskraft und die Stromstärke sind einander proportional.

Der Nüßingvorgang kann seit einer Anzahl von Jahren durch Kombination mit elektronischen Bauelementen automatisiert werden: Eine geeignete Analogtechnik steuert den Kompensationsstrom, während das Meßergebnis in digitale Einheiten umgesetzt und angezeigt wird.

Bisher haben sich elektro-mechanische Waagen in ober-schalliger Bauart mit einem Auflösungsverhältnis bis etwa $1 \cdot 3 \cdot 10^6$ in der Praxis bewährt; solche Waagen haben auch die strenge Prüfung der zuständigen Behörden zur Eichfähigkeit bestanden. Sie arbeiten also im Bereich der sogenannten „Präzisionswaagen“, sind somit Instrumente mit einer um etwa den Faktor 10 geringeren Präzision, worunter das relative Auflösungsvermögen verstanden werden soll, als die oben genannten Analysewaagen.

Author Jenemann, H.R.

Title Substitutionswägung, heute und vor zweihundert Jahren

In wägen + dosieren 11, Heft 1 (1980) pp. 24-31

Size 8 pp., ill., 21 x 29.7 cm

Publisher Verlagsgesellschaft Kepler-Kirchheim mbH

Place Mainz

Year 1980

ISBN ISSN 0342-5916

Abstract

Remarks