

■ Darf's ein bisschen mehr sein?

Waage ist nicht gleich Waage – an der Fleischtheke und erst recht im Labor kommen wesentlich anspruchsvollere Techniken zum Einsatz als bei Haushaltswaagen.

Während einem die Personenwaage durch eine falsche Anzeige gerne mal schmeicheln darf, möchte man spätestens im Supermarkt beim Kauf von einem Pfund Hackfleisch auch tatsächlich 500 Gramm erhalten. Je nach Anforderungen an die verwendeten Waagen zeigen diese durchaus große Unterschiede bei ihrem technischen Innenleben. Altbekannt sind mechanische Balken- und Laufgewichtswaagen, die Vergleichsgewichte verwenden und auf Basis des Hebelgesetzes funktionieren. Gängiger sind heutzutage Waagen, die elektronisch anzeigen, welche Gewichtskraft auf eine so genannte Messfeder ausgeübt wird. Möchte man Zutaten fürs Kuchenbacken abwägen, so kommt es meist nicht auf zehn Gramm mehr oder weniger an, und anders als beim exakten Wiegen für wissenschaftliche Zwecke ist es erst recht nicht nötig, die Größe der Fallbeschleunigung vor Ort zu kennen, um die Waage zu justieren.

Bei einer einfachen Küchenwaage genügt eine Metallfeder, die sich entsprechend dem Hookeschen Gesetz verformt und so die angreifende Kraft, die proportional zum fraglichen Gewicht ist, misst. Bei geeichten Handelswaagen im Supermarkt oder beim Metzger sind die Anforderungen an die Technik ungleich größer. Die Waagen müssen zwar nicht auf Milligramm genau wiegen, aber rasch zu bedienen



Bizerba

Handelswaagen sind geeicht und bieten dank der ausgefeilteren Technik verläss-

lichere Gewichtsangaben als gängige Haushaltswaagen.

sein und zuverlässig funktionieren. Kein Verkäufer und keine Verkäuferin möchten noch mit Vergleichsgewichten hantieren.

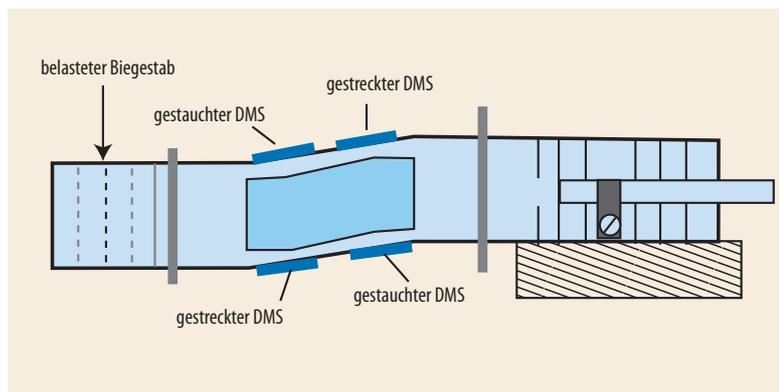
Das Herzstück von Waagen wird als Wägezelle bezeichnet und besteht bei Handelswaagen im Wesentlichen aus einem sog. Doppelbiegebalken, der am einen Ende fest eingespannt ist und am freien Ende durch die Masse auf der Schale belastet wird (Abb. 1). Dabei kommt nur ein Material infrage, dessen Elastizitätsmodul kaum mit der Temperatur schwankt. Übliche Temperaturschwankungen sollten nicht zur Folge haben, dass sich

der Balken stärker biegt und man am Ende weniger bekommt als man bezahlt. Biegebalken in Handelswaagen sind daher meist aus Aluminium, für anspruchsvollere Anwendungen eignen sich aber eher Stahl oder Edelstahl.

Wiegen, bis sich Balken biegen

Doch egal, ob 100 Gramm Salami oder zwei Kilo Kartoffeln abzuwiegen sind: Ein Aluminiumbalken biegt sich im Gegensatz zur Federwaage, die sich sichtbar verformt, nur im Mikrometer-Bereich. Solch kleine Verformungen lassen sich mit sog. Dehnungsmessstreifen (DMS) messen. Diese sind auf den Biegebalken an definierten Stellen mithilfe von Spezialklebern elektrisch isoliert aufgebracht oder werden für spezielle Anwendungen auch direkt auf die Oberfläche des Biegebalkens „aufgesputtert“. Die DMS bestehen aus drei bis acht Mikrometer dünnen Folien mit geätztem metallischem „Messgitter“ (Abb. 2), z. B. aus der Legierung Konstantan oder NiCr-Verbindungen, die über einen weiten Temperaturbereich einen

Abb. 1 Durch die Gewichtskraft verformt sich ein Doppelbiegebalken, wobei vier Dehnungsmessstreifen (DMS) die Dehnungen und Streckungen im Knickbereich detektieren.



möglichst konstanten spezifischen Widerstand besitzen.

An den Dehnungsmessstreifen liegt üblicherweise eine Versorgungsspannung von wenigen Volt an. Wenn sich der Messbalken bei den gewöhnlichen Lasten um wenige Mikrometer biegt, ändert sich der Widerstand der DMS. Die daraus resultierende Spannungsänderung ist proportional zum Gewicht auf der Waagschale. Allerdings ändert sich der Widerstand, der im Bereich von 300 bis 1000 Ohm liegt, höchstens um einen Tausendstelbruchteil. Daher werden meist vier DMS an definierten Stellen am Doppelbiegebalken angebracht (vgl. Abb. 1), um die winzige Widerstandsänderung mithilfe einer Messschaltung (z. B. Wheatstone-Brücke) in ein verwendbares elektrisches Spannungssignal umzuwandeln: In der Brückendiagonale entsteht dadurch ein Spannungssignal, das wenige Millivolt beträgt und proportional zur Biegung ist. Mit dieser Messschaltung lassen sich nicht nur die Messsignale verstärken, sondern auch Temperaturschwankungen und andere Störeffekte kompensieren.

Für den Zusammenhang zwischen relativer Widerstands- und Längenänderung gilt $\Delta R/R = k \Delta l/l$ (bei metallischen DMS beträgt der Proportionalitätsfaktor k circa 2). Die bei einer Ladenwaage typischen Belastungen von wenigen Kilogramm rufen relative Längenänderungen im Bereich von $0,1 \cdot 10^{-6}$ bis $300 \cdot 10^{-6}$ hervor und entsprechen relativen Widerstandsände-

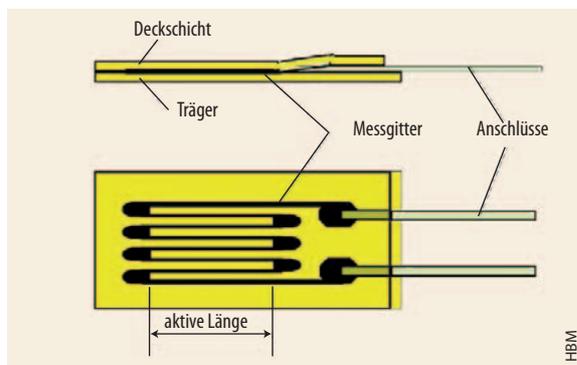


Abb. 2 Der Aufbau von Folien-Dehnungsmessstreifen, wie sie in Handelswaagen Verwendung finden.

rungen im Bereich von $0,2 \cdot 10^{-6}$ bis $0,6 \cdot 10^{-3}$. Bei einer relativen Längenänderung von über $1200 \cdot 10^{-6}$ beginnen sich die Biegebalken plastisch zu verformen, und die Waage wird unbrauchbar. Da Feuchtigkeit zur Korrosion des Messgitters führt oder dessen Geometrie und Leitfähigkeit ändert, sind die bereits isolierten DMS zum Schutz zusätzlich mit Kunststoff versiegelt.

Je nach mechanischen bzw. elektrischen Charakteristika von Doppelbiegebalken und DMS finden sich diese sowohl in Präzisionswaagen als auch in Kranwaagen, mit denen sich in der Industrie tonnenschwere Lasten wiegen lassen.

Feiner messen mit Tauchspulen

Hochpräzise Waagen in Laboren verwenden keine Dehnungsmessstreifen, sondern wiegen mithilfe der elektrodynamischen Kraftkompensation, wie sie auch in Lautsprechern oder Kopfhörern zum Einsatz kommt. Auf der einen Seite des Wägebalkens ist eine Spule befestigt, die aus einem stationären Magnetfeld herausgezogen wird, wenn man die andere Seite des

Balkens belastet. Diese Auslenkung, die lediglich wenige Mikrometer beträgt, lässt sich mit einer Lichtschranke detektieren. Ein elektrischer Regelkreis schickt nun entsprechend dieser Auslenkung einen Strom durch die Tauchspule, der eine Lorentz-Kraft erzeugt, welche die Tauchspule wieder in das Magnetfeld hineinzieht. Die Lorentz-Kraft kompensiert die Gewichtskraft. Der Strom durch die Spule ist also ein Maß für die zu bestimmende Masse und lässt sich über einen Präzisionswiderstand in eine Spannung umwandeln, die als Messsignal dient.

Doch diese Technik ist natürlich fehl am Platze, wenn man etwa Obst oder Gemüse kaufen möchte, und wäre gänzlich unangebracht, um das eigene Gewicht auf den Prüfstand zu stellen. Wer möchte schon die Folgen eines opulenten Mahls auf das Gramm oder gar Milligramm genau wissen?

*

Ich danke Bernd Meissner für hilfreiche Informationen.

Katja Bammel

Dr. Katja Bammel,
science & more
redaktionsbüro,
kb@science-and-
more.de