



Volumen

Genau Bestimmung von Volumen und Dichte fester Körper

Bei hoch präzisen Massebestimmungen spielen das Volumen und die Dichte der zu wägenden Gewichtsstücke eine zentrale Rolle. Das Bundesamt für Metrologie (METAS) bietet deshalb Volumen- und Dichtebestimmungen für Gewichtsstücke und andere Festkörper von 1 g bis 50 kg an. Mit einer hydrostatischen Wägung lässt sich das Volumen von Festkörpern sehr genau bestimmen.

Nach dem Prinzip des Archimedes erfährt jeder Körper in Luft – gleich wie in einer Flüssigkeit – einen Auftrieb, welcher der Gewichtskraft entgegenwirkt. Dieser Auftrieb entspricht der Gewichtskraft der durch den Körper verdrängten Luft.

Die Massebestimmung auf höchster Präzisionsstufe erfolgt durch einen direkten Vergleich des Gewichtsstückes

mit einer bekannten Referenzmasse. Dabei erfahren Prüfling und Referenz einen unterschiedlich grossen Auftrieb, der das Resultat der Vergleichswägung beeinflusst. Damit diese störenden Einflüsse korrigiert werden können, müssen sowohl die Luftdichte als auch die Volumen der Gewichte sehr genau bekannt sein.

Hydrostatische Wägung im Volumenkomparator

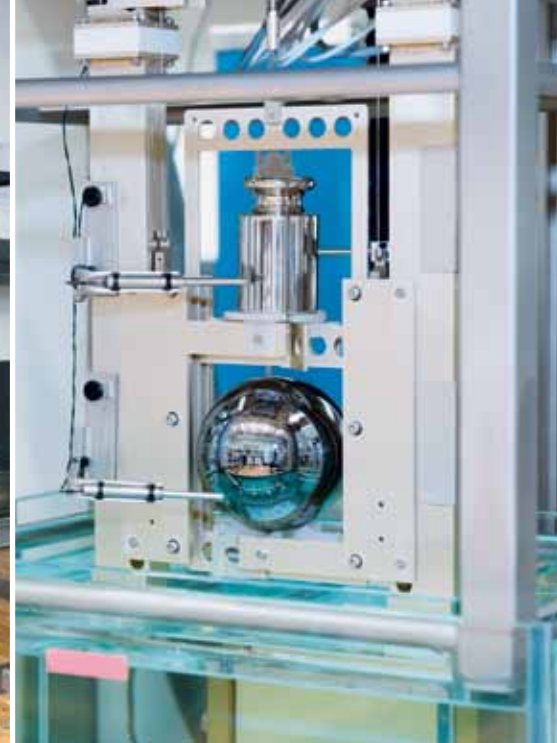
Dazu hat das METAS drei Komparatoren entwickelt, mit denen die Volumen von Festkörpern mit sehr hoher Genauigkeit bestimmt werden können. Die Apparaturen arbeiten nach dem Prinzip der hydrostatischen Wägung. Die durch den Auftrieb reduzierte Gewichtskraft des Prüflings wird im Wasser bestimmt. Die Reduktion entspricht der Gewichtskraft des durch den Körper verdrängten Wassers.

Messmöglichkeiten für Volumen und Dichte

Eich-, Mess- und Kalibrierverfahren	Messbereich	Erweiterte Messunsicherheit
Volumen von Massen bis 1 kg: Vergleich mit einem Volumennormal durch hydrostatische Wägung	0.1 cm ³ ... 2 cm ³	0.0004 cm ³
	2 cm ³ ... 60 cm ³	0.0002 cm ³
	60 cm ³ ... 120 cm ³	0.0004 cm ³
	120 cm ³ ... 320 cm ³	0.0006 cm ³
Volumen von Massen 2 kg bis 10 kg: Wasserdichte als Referenz	130 cm ³ ... 260 cm ³	0.006 cm ³
	260 cm ³ ... 650 cm ³	0.0065 cm ³
	650 cm ³ ... 1300 cm ³	0.008 cm ³
Dichte von Massen 1 kg	1500 kg/m ³ ... 22 000 kg/m ³	0.002 kg/m ³ ... 0.1 kg/m ³
Dichte von Massen 0.001 kg ... 0.01 kg	7500 kg/m ³ ... 8500 kg/m ³	0.0333/m [*] - 0.333 kg/m ³
Dichte von Massen 0.02 kg ... 0.2 kg	7500 kg/m ³ ... 8500 kg/m ³	0.017/m [*] + 0.0111 kg/m ³
Dichte von Massen 0.5 kg	7500 kg/m ³ ... 8500 kg/m ³	0.05 kg/m ³
Dichte von Massen 1 kg	7500 kg/m ³ ... 8500 kg/m ³	0.05 kg/m ³
Dichte von Massen 2 kg	7500 kg/m ³ ... 8500 kg/m ³	0.3 kg/m ³
Dichte von Massen 5 kg	7500 kg/m ³ ... 8500 kg/m ³	0.2 kg/m ³
Dichte von Massen 10 kg	7500 kg/m ³ ... 8500 kg/m ³	0.1 kg/m ³

* m = Masse des Prüflings in kg.

1 In dieser Tabelle sind die Messmöglichkeiten höchster Präzision bei erweiterter Messunsicherheit mit Vertrauensintervall 95 % (k=2) angegeben.



2 1-kg-Volumenkomparator des METAS: Der Prüfling – ein 1-Kilogramm-Knopfgewicht der OIML – und eine hoch präzise Referenz-Siliziumkugel werden in das Bad aus Reinstwasser abgesenkt und anschliessend abwechselungsweise gewogen. Die Dichte des Wassers wird mit dem Silizium-Volumennormal ermittelt und anschliessend das Volumen des Prüflings bestimmt.

Bei bekannter Dichte des Wassers lässt sich daraus direkt das Volumen des Prüflings bestimmen. Bei Prüflingen bis 1 kg wird die Dichte des Wassers durch das Referenzvolumen einer hoch genauen Siliziumkugel bestimmt. Für Körper mit grösserer Masse werden alle Einflussgrössen wie Temperatur und Luftdruck so genau wie möglich gemessen und daraus die Dichte des Wassers berechnet.

Kalibrierungen nach Mass

Die genauesten Kalibrierungen werden für nationale Massen- und Volumennormale, Referenzvolumen für industrielle Anwendungen, Auftriebskörper und spezielle Objekte durchgeführt. Nicht für alle Anwendungen ist jedoch höchste Genauigkeit erforderlich. Das METAS ist daher so eingerichtet, dass Volumenkalibrierungen für alle gewünschten Genauigkeiten angeboten werden können. So werden beispielsweise Volumenbestimmungen von Gewichtsstücken der Genauigkeitsklasse E₁ der Internationalen Organisation für das gesetzliche Messwesen (OIML) ausgeführt.

Wird zusätzlich zum Volumen auch die Masse eines Prüflings bestimmt, kann mit beiden Werten dessen Dichte errechnet werden. Weil – im Gegensatz zur Masse – die Dichte eine unveränderliche Materialkonstante ist, genügt es, bei der ersten Kalibrierung die Dichte ein für allemal genau zu bestimmen.



3 Verschiedene Referenzvolumen und Prüflinge: Die drei unterschiedlich grossen Kugeln im Vordergrund sind Arbeitsnormale, die vier Stahlkörper Prüflinge.