

Materialprüfungen mit dem Luftströmungsmesser

Luftströmungswiderstand von planen Prüfproben und Bauteilen nach DIN EN 29053; ISO 9053 und ASTM C 522

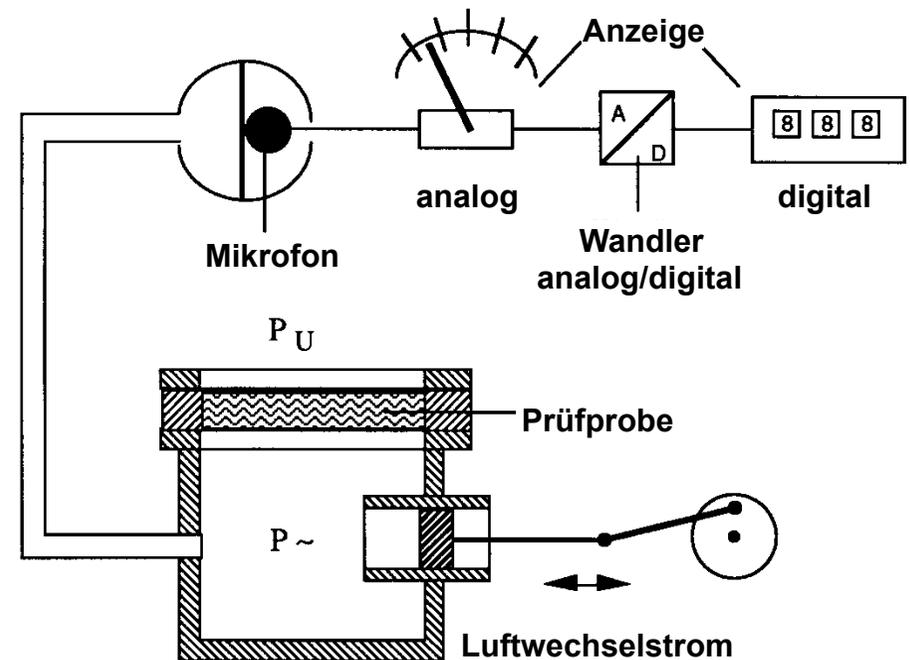


Einsatz:

**Proben mit
Durchmesser:
Ø 99 mm
Ø 100 mm
und Bauteile**

**Strömungs-
geschwindigkeit
durch die Probe
 v_{eff} 5 mm/s und
0,5 mm/s**

**Messbereich:
0 – 10.000 Pa s/m
(99.999 Pa s/m)**



Bestimmung des spezifischen Luftströmungswiderstand

Luftströmungswiderstand von planen Prüfproben und Bauteilen Strömungswiderstandsmesser AFM 2000

Strömungswiderstandsmesser AFM 2000

Kurzdaten:

Meßbereich: 10 bis 10000 N·s·m⁻³

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,5 cm/s und 0,05 cm/s durch 2 Hübe, 14 mm und 1,4 mm

Durchmesser der Prüffläche: 100 mm

Maße über alles: B = 650 mm, T = 360 mm, H = 510 mm

Netzanschluß: 220 V (AC)

Der Strömungswiderstand ist eine wichtige Größe zur Kennzeichnung schallsorbierender Materialien und auch Dämmschichten, wie sie bei mehrschaligen Konstruktionen verwendet werden. Definition und Verfahren zur Messung des Strömungswiderstandes werden ausführlich in DIN 52213 (Mai 1980) erläutert. Grundsätzlich ist es möglich, den Strömungswiderstand nach der statischen oder der dynamischen Methode zu bestimmen. Beiden Verfahren haften Nachteile an. Die dynamische Methode erlaubt jedoch eine einfachere, sicherere und vor allen Dingen schnellere Bestimmung des Strömungswiderstandes.

Der Strömungswiderstandsmesser AFM 2000 arbeitet nach dem Prinzip von DIN 52213 (Mai 1980), Abs. 7.2.2 und 7.3.2. Er besteht aus einem mechanischen und einem elektronischen Teil.

Der mechanische Teil enthält im wesentlichen ein Druckgefäß und einen Antrieb, der über einen Kolben in diesem Druckgefäß einen Wechseldruck mit einer Frequenz von 2 Hz erzeugt. Die Höhe des Druckes wird bestimmt durch den Kolbenhub, der an Exzenter einstellbar ist, und durch den zu messenden Strömungswiderstand.

Im elektronischen Teil wird der dem Strömungswiderstand entsprechende Wechseldruck über ein Kondensatormikrofon in eine Wechselspannung umgesetzt, durch ein schmalbandiges 2-Hz-Filter weitgehend von Störeinflüssen befreit und über einen Meßverstärker mit 3-stufigem Eichteiler einem Mehrphasen-Gleichrichter zugeführt. Die hier erhaltene Gleichspannung entspricht unter Berücksichtigung der Eichteilerstellung dem Wert des Strömungswiderstandes und wird auf der digitalen Anzeige unmittelbar in der Einheit des Strömungswiderstandes N·s·m⁻³ angezeigt.

Durchführung der Messung:

Es ist vorteilhaft, da Gerät mindestens 30 Minuten vor Beginn der Messungen einzuschalten, damit sich im Gerät stabile Temperaturverhältnisse einstellen können. Zu Beginn der Messungen ist die Apparatur zu kalibrieren. Hierzu wird die mitgelieferte Aluminiumscheibe auf das Druckgefäß gelegt und mit dem Hebel fest gegen das Gefäß gepreßt. Dies darf nicht bei laufendem Motor geschehen, da das Entlüftungsventil dann geschlossen ist und der beim Anpressen auftretende hohe Druck das Mikrofon zerstören könnte. Nun wird der Kolbenhub am Exzenter auf 1,4 mm eingestellt und der Hubschalter am Meßgerät in Mittelstellung (Adj.) gebracht. Der Schalter für den Meßbereich muß auf 100 stehen. Dies ist der Faktor, der an der Digital-Anzeige anzubringen ist. Jetzt kann der Motor eingeschaltet werden. Damit schließt das Entlüftungsventil. Nach kurzer Zeit muß die Anzeige den Wert 50,0 x 100 erreicht haben. Bei einer evtl. Abweichung von diesem Wert kann sie mit einem Schraubenzieher am Adj.-Regler auf den Sollwert eingestellt werden. Die Anlage ist nun meßbereit. Anstelle der Aluminiumscheibe werden die Prüfmaterialien eingelegt. Dünne Proben, wie Folien und Vliese, können direkt zwischen die Flansche gepreßt werden, dickere Proben müssen in einen Probenring eingepaßt (zum Rand hin gut abgedichtet) werden. Sinnvollerweise haben die Probenringe einen Innendurchmesser vom 100 mm und einen Außendurchmesser vom 200 mm. Die Höhe der Ringe ist der Probe anzupassen. Weitere Möglichkeiten zur Messung von Strömungswiderständen werden in der Acustica 26 (1972), S. 141 - 146 behandelt. Bei der Messung müssen der eingestellte Hub am Exzenter und die Stellung am Hubschalter korrespondieren. Es sollten alle drei Ziffern der Anzeige ausgenutzt werden. Die Anzeige "EEE" bedeutet Übersteuerung des Meßgerätes und fordert zum Umschalten in einen höheren Meßbereich auf.

Um einen möglichst günstigen Störabstand zu den Druckschwankungen der Umgebung zu erreichen, ist es vorteilhaft, ausschließlich mit dem großen Hub von 14 mm zu arbeiten. Doch auch hier sollten Druckschwankungen, wie sie beim Öffnen oder Schließen von Türen oder Fenstern oder z.B. durch Betreiben von Gebläsen entstehen, insbesondere bei der Messung von kleinen Strömungswiderständen vermieden werden.

Auch Windböen können die Messung beeinflussen. Der kleinere Hub sollte deshalb nur Sonderfällen und der Kalibrierung vorbehalten bleiben. Bei sehr kleinen Strömungswiderständen (kleiner als 100 N·s·m⁻³) ist es u. U. günstiger, ausnahmsweise abweichend von obiger Vorschrift zum Hub von 14 mm am Exzenter den Hubschalter am Meßgerät auf 1,4 mm einzustellen und den dadurch gewonnene Faktor 10 bei der Ablesung zu berücksichtigen.

$$v_{\text{eff}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \cdot h \cdot f \cdot \left(\frac{S_K}{S_P}\right)^2$$

$$h_1 = 14,2 \text{ mm} \quad \text{Kolbenhub groß}$$

$$h_2 = 1,42 \text{ mm} \quad \text{klein}$$

$$f = 2 \text{ Hz}; \quad \omega = 2\pi f$$

$$S_K = \phi 20 \text{ mm} \quad \text{Kolbendurchmesser}$$

$$S_P = \phi 100 \text{ mm} \quad \text{Probedurchmesser}$$

$$v_{n1} = 4,976 \text{ mm/s} \cong 0,004976 \text{ m/s}$$

$$v_{n2} = 0,4976 \text{ mm/s} \cong 0,0004976 \text{ m/s}$$

$$\text{Wert}_{\text{eff}} = \text{Wert} \frac{\sqrt{2}}{2} = \text{Wert} \frac{1}{\sqrt{2}}$$

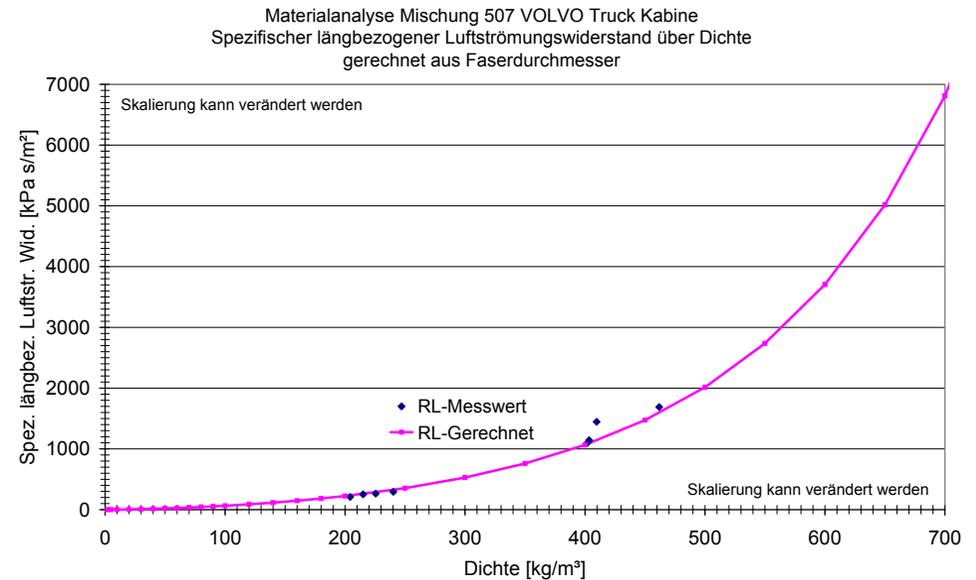
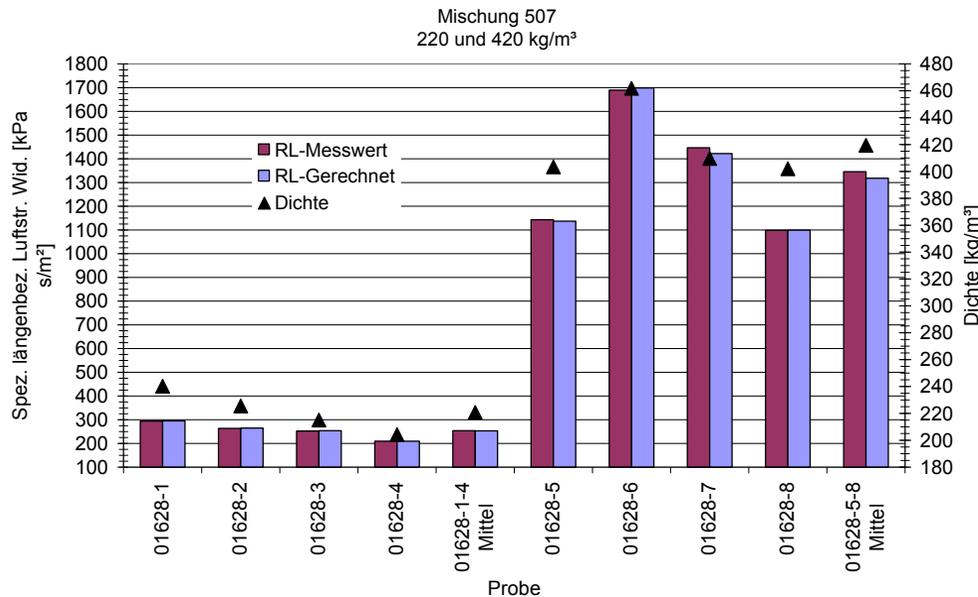
Bestimmung des spezifischen Luftströmungswiderstand

Längenbezogener Luftströmungswiderstand gerechnet aus Faserdaten

Fasern & Umgebung	Fasereigenschaften				Luftströmungswiderstand				Mischung
	Feinheit [dtex]	Dichte [kg/m³]	Faserdurchm. [µm]	Faserradius [µm]	parallel zur Faser [Pa s/m²]	senkrecht zur Faser 6-10 µm	senkrecht zur Faser 20-30 µm	random orient. Faserradius [Pa s/m²]	Mischungsanteil [%]
Kunststoffe									
PES 17 dtex	17	1370	39,748362	19,874181	13228,12541	50532,369	49965,19475	22125,70542	0
PES 0,7 dtex	0,7	1370	8,065732151	4,032866076	321254,4743	1227214,676	1213440,444	537338,5603	0
PES 4,4 dtex	4,4	1370	20,22186068	10,11093034	51108,66637	195238,6984	193047,3434	85485,68004	0
PP 6,7 dtex	6,7	940	30,12510254	15,06255127	23029,24546	87973,3366	86985,92572	38519,31285	0
	1	100	35,68248232	17,84124116	16414,46219	62704,39949	62000,60663	27455,2549	0
Naturfasern									
Baumwolle	1,38	1484	10,88122153	5,440610764	176514,9413	674299,4844	666731,1611	295243,4658	100
Flachs	4,4	1465	19,55521455	9,777607276	54652,69798	208777,1483	206433,838	91413,51917	0
Baumwoll Kämmlinge	0,3	1500	5,046265044	2,523132522	820723,1096	3135219,974	3100030,331	1372762,745	0
	1	100	35,68248232	17,84124116	16414,46219	62704,39949	62000,60663	27455,2549	0
Recyclat									
PES 6,7 dtex	6,7	1370	24,9535407	12,47677035	33563,9003	128216,4587	126777,3598	56139,84958	0
PP 6,7 dtex	6,7	940	30,12510254	15,06255127	23029,24546	87973,3366	86985,92572	38519,31285	0
Wolle	6,7	1320	25,42175302	12,71087651	32338,94044	123537,0259	122150,4489	54090,94996	0
	1	100	35,68248232	17,84124116	16414,46219	62704,39949	62000,60663	27455,2549	0
	1	100	35,68248232	17,84124116	16414,46219	62704,39949	62000,60663	27455,2549	0
	1	100	35,68248232	17,84124116	16414,46219	62704,39949	62000,60663	27455,2549	0
Ergebnis					176,515	674,299	666,731	295,243	100,000

Bestimmung des spezifischen Luftströmungswiderstand

Längenbezogener Luftströmungswiderstand gerechnet aus Faserdaten



**Mess- und Simulationswerte des
längenbezogenen Luftströmungswiderstand
der einzelnen Proben.
Die Dichte der Proben ist zur Information
eingebildet.**

**Simulationswerte des längenbezogenen
Luftströmungswiderstand gerechnet über der
Dichte und Messwerte der einzelnen Proben
über der Dichte aufgezeichnet.**

Bestimmung des spezifischen Luftströmungswiderstand

Längenbezogener Luftströmungswiderstand nach F.P. Mechel

Luftströmung Ξ parallel zur Faser:

$$\Xi_{\parallel} = 3,94 \cdot \eta / a^2 \cdot \mu^{1,413} / (1-\mu) \cdot (1+27\mu^3)$$

Luftströmung Ξ senkrecht zur Faser mit Faserradius 6 – 10 μm

$$\Xi_{\perp} = 10,56 \cdot \eta / a^2 \cdot \mu^{1,531} / (1-\mu)^3$$

Luftströmung Ξ senkrecht zur Faser mit Faserradius 20 – 30 μm

$$\Xi_{\perp} = 6,8 \cdot \eta / a^2 \cdot \mu^{1,296} / (1-\mu)^3$$

Luftströmung empirisch Ξ durch Wirrvliese mit zufälliger Faserlage

$$\Xi = 4 \cdot \eta / a^2 \cdot (0,55 \cdot \mu^{(4/3)} / (1-\mu) + \sqrt{2} \cdot \mu^2 / (1-\mu)^3)$$

Mit

η = Dynamische Zähigkeit der Luft [Pa s]

a = Faserradius [m]

μ = Massivität der Probe aus

$(1-y) \cdot \rho_{\text{Luft}} + y \cdot \rho_{\text{Faser}} = \rho_{\text{Absorber}}$ mit ρ = Dichte der Materialien [kg/m^3]

Die Berechnung muss für jede Fasertyp separat durchgeführt werden. Im Endergebnis wird eine Gewichtung nach Faseranteilen gemäß der Fasermischung vorgenommen.

Spezifischer Luftströmungswiderstand = Längenbezogener Strömungswid. * Probendicke