

Prüfung von Luftfiltern für Verbrennungskraftmaschinen und Kompressoren Prüfverfahren

DIN
24 189

Testing of air cleaners for internal combustion engines and compressors; test procedures

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	1	9 Bestimmung der Staubkapazität und des Abscheidegrades bei Konstantbestäubung – Standzeitversuch	5
2 Formelzeichen, Einheiten und Begriffe	1	10 Bestimmung der Staubkapazität und des Abscheidegrades bei Filtern mit Staubabsaugung – Standzeitversuch	6
3 Bezugszustände	3	11 Bestimmung des Abscheidegrades bei Teillast ..	6
4 Prüfeinrichtungen	3	12 Bestimmung der Staubkapazität und des Abscheidegrades bei Wechsellast	7
5 Prüfstoffe	3	13 Wiederholungsprüfung nach erfolgter Wartung ..	7
6 Vorbereitung eines Filters für die Prüfung	4	14 Prüfbericht	7
7 Bestimmung des statischen Drucks, des Druckabfalls und Druckverlustes	4	Anhang A: Prüfeinrichtungen; typische Versuchsaufbauten und deren Einzelheiten	8
8 Bestimmung des Ölmitreiberverhaltens von Ölbadluftfiltern	4		

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm legt die Prüfverfahren fest für die Bestimmung der Druckdifferenzen, den Abscheidegrad und die Staubkapazität (Standzeit) von Luftfiltern zur Reinigung der Ansaugluft für Verbrennungskraftmaschinen und Kompressoren.

Die Norm ist anwendbar z. B. für Trockenluftfilter, Ölbadluftfilter, Naßluftfilter, Zyklone und Kombinationen aus diesen Bauarten und für Luftfilter-Elemente, z. B. austauschbare Filterelemente runder oder rechteckiger Form mit Papierbalg. Für spezielle Filterarten, wie sie zum Beispiel im Zusammenwirken mit großen Gasturbinen und großen Kompressoren verwendet werden, können andere Prüfungen, z. B. nach DIN 24 185 Teil 1 notwendig sein.

Die Prüfungen dieser Norm werden mit nicht pulsierenden Luftströmen durchgeführt. Stärkere Pulsationen können das Verhalten mancher Luftfilter, z. B. Zyklonfilter, beeinträchtigen und das Ölmitreiberverhalten von Ölbadluftfiltern beeinflussen. Andererseits kann absichtlich der pulsierende Luftstrom bei Zyklonfiltern dazu benutzt werden, den Staub durch flexible Entleerventile auszublasen. Weitere Prüfungen im angebauten Zustand am Motor oder Kompressor können notwendig sein, wenn stärkere, die Wirkungsweise des Luftfilters beeinflussende pulsierende Luftströme auftreten.

2 Formelzeichen, Einheiten und Begriffe

Tabelle 1. Formelzeichen, Einheiten

Physikalische Größe	Formelzeichen	Einheit
Volumenstrom	$\dot{V}$	m ³ /min
Luftgeschwindigkeit	v	m/s
Luftdichte	ρ	kg/m ³
Luftmassenstrom	$\dot{m}$	kg/s
Druck	p	mbar ¹⁾
Druckabfall, Druckverlust	Δp	mbar ¹⁾
Filterfläche	A	m ²
Luftvolumen	V	m ³

¹⁾ 1 mbar = 0,1 kPa

Fortsetzung Seite 2 bis 10

Normenausschuß Maschinenbau (NAM) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuß Kraftfahrzeuge (FAKRA) im DIN
Normenausschuß Heiz- und Raumlufttechnik (NHR) im DIN

2.1 Nennvolumenstrom

Der Nennvolumenstrom V ist der vom Filterhersteller für bestimmte Bedingungen festgelegte oder zwischen Filterhersteller und Anwender für eine spezielle Anwendung vereinbarte Volumenstrom (Durchfluß).

2.2 Statischer Druck

Der statische Druck p ist die Differenz zwischen dem Atmosphärendruck und dem Druck an einer bestimmten Stelle der Rohrleitung. Er wird mit einem Druckmeßgerät gemessen, das verbunden ist mit einem Loch oder mit mehreren Löchern, die in die Wandung der Rohrleitung gebohrt sind (siehe Druckabnahmestellen Abschnitt 4.4). In den Prüfungen dieser Norm wird der statische Druck durch ein Druckmeßgerät als Unterdruck gemessen. In den Formeln wird der Zahlenwert dieses Unterdrucks als positiver Wert eingesetzt.

p_2 bzw. p_1 für freiansaugendes bzw. in Rohrleitung eingebautes Filter siehe Tabelle 2

2.3 Druckabfall

Der Druckabfall Δp_a ist die Differenz zwischen dem anströmseitigen und abströmseitigen statischen Druck. Sofern das Filter die Luft durch ein Einlaßrohr ansaugt, können beide statischen Drücke gemessen werden. Der Druckabfall wird im allgemeinen direkt durch ein Differenzdruckmeßgerät bestimmt.

Δp_a für in Rohrleitung eingebautes Filter siehe Tabelle 2

2.4 Druckverlust

Der Druckverlust Δp_{Filter} ist ein Maß für die Abnahme an Strömungsenergie, verursacht durch das Luftfilter und ist gleich dem Druckabfall, korrigiert um die Differenz der dynamischen Drücke Δp_c an den Meßstellen für den statischen Druck.

Saugt das Luftfilter frei aus der Atmosphäre an und kann deshalb nur der statische Druck in der abströmseitigen Leitung gemessen werden, dann kann der Druckverlust des Luftfilters mittels des dynamischen Druckes p_d , der benötigt wird, um die Luft auf ihre Geschwindigkeit in der abströmseitigen Leitung zu beschleunigen, errechnet werden.

Δp_{Filter} für frei ansaugendes bzw. in Rohrleitung eingebautes Filter siehe Tabelle 2.

2.5 Versuchsendzustand

Der Versuchsendzustand ist der Zustand, dessen Auftreten das Ende einer der in dieser Norm festgelegten Prüfungen anzeigt.

Ein Versuchsendzustand kann z. B. einer der folgenden Zustände sein:

- Der abströmseitige statische Druck oder der Druckabfall erreicht einen festgelegten oder vereinbarten Wert.
- Der Staubabscheidegrad oder eine andere Größe fällt unter einen festgelegten oder vereinbarten Wert ab.
- Ölmitreißen tritt auf
- Der Staubbehälter ist voll.

Für jede Prüfung muß wenigstens ein Versuchsendzustand vereinbart sein.

2.6 Staubkapazität

Die Staubkapazität eines Luftfilters ist die Masse an Staub, die diesem unter festgelegten Versuchsbedingungen bis zum Erreichen eines vereinbarten Versuchsendzustandes zugegeben werden kann.

2.7 Staubhaltekapazität

Die Staubhaltekapazität eines Luftfilters ist die Masse an Staub, die von diesem unter festgelegten Versuchsbedingungen bis zum Erreichen eines vereinbarten Versuchsendzustandes zurückgehalten werden kann.

2.8 Ölmitreißen

Als Ölmitreißen wird ein Vorgang bezeichnet, bei dem mitgeführtes Öl am Ausgang des Luftfilters erkennbar wird.

2.9 Abscheidegrad

Der Abscheidegrad η ist ein Maß für die Fähigkeit eines Luftfilters, den Motor oder Kompressor vor dem Eindringen von Staub unter festgelegten Bedingungen zu schützen.

Zahlenmäßig wird er wie folgt ausgedrückt:

$$\text{Abscheidegrad } \eta = 100 \cdot \frac{d_1 - d_2}{d_1} \text{ in \%} \quad (1)$$

Hierin bedeuten:

d_1 mittlere Staubkonzentration am Eintritt des Luftfilters
 $= S_1/V_1$

d_2 mittlere Staubkonzentration am Austritt des Luftfilters
 $= S_2/V_2$

V_1 Luftvolumen, welches dem Luftfilter zugeführt wird

V_2 Luftvolumen, welches das Luftfilter auf der Reinfluftseite verläßt

S_1 Staubmasse, welche dem Luftfilter zugeführt wird

S_2 Staubmasse, welche das Luftfilter auf der Reinfluftseite verläßt

Tabelle 2. Drücke für freiansaugendes und in Rohrleitung eingebautes Luftfilter

Drücke	Einbau des Luftfilters	
	frei ansaugend	in Rohrleitung
Statischer Druck anströmseitig	–	p_1
Statischer Druck abströmseitig	p_2	p_2
Druckabfall	–	$\Delta p_a = p_2 - p_1$
Druckverlust	$\Delta p_{\text{Filter}} = p_2 - p_d$ $= p_2 - \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}$	$\Delta p_{\text{Filter}} = \Delta p_a - \Delta p_c$ $= (p_2 - p_1) - \frac{\rho \cdot v_2^2 - \rho \cdot v_1^2}{2}$
Dabei ist: ρ = Dichte der Luft v_1 = Luftgeschwindigkeit am anströmseitigen Meßpunkt v_2 = Luftgeschwindigkeit am abströmseitigen Meßpunkt		

Sofern der eintretende Luftstrom gleich dem austretenden ist, d. h. wenn es sich um kein Filter mit Staubabsaugung handelt, bei dem ein Teil der angesaugten Luft für diesen Zweck abgezweigt wird, kann der Abscheidegrad wie folgt berechnet werden:

$$\text{Abscheidegrad } \eta = 100 \cdot \frac{S_1 - S_2}{S_1} \text{ in \%} \quad (2)$$

3 Bezugszustände

3.1 Luftzustand

Die Temperatur der angesaugten Luft soll $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ betragen, die relative Luftfeuchte möglichst $50\% \pm 5\%$.

Durch Feuchteschwankungen wird das Gewicht z. B. von Papier- und Absolutfiltern und damit die Auswertegenauigkeit beeinflusst. Eine möglichst geringe Schwankung der relativen Feuchte ist deshalb anzustreben.

3.2 Korrekturen entsprechend dem Luftzustand

Die Ablesungen am Durchflußmesser sollen entsprechend dem Luftdruck und der Temperatur am Meßrohreintritt berichtigt werden. Der Volumenstrom soll auf einen Luftdruck von 1013 mbar (101,3 kPa) und eine Temperatur von 20 °C bezogen werden, siehe DIN 70 020 Teil 3.

4 Prüfeinrichtungen

4.1 Allgemeiner Aufbau

Beispiele von Versuchsaufbauten zur Bestimmung von Abscheidegrad und Staubkapazität siehe Anhang A, Bilder A.1 bis A.5 und A.9.

4.2 Absaugeeinrichtung

Die Absaugeeinrichtung wird reinluftseitig am Filter angeschlossen. Sie soll von genügender Leistung sein, um den geforderten Luftstrom durch das Filter gleichmäßig bis zum Ende der Prüfung auch bei steigendem Filterwiderstand aufrecht zu erhalten.

4.3 Durchflußmeßgerät

Es soll ein geeignetes Durchflußmeßgerät z. B. nach DIN 1952 verwendet werden, welches abströmseitig an das zu prüfende Filter angeschlossen ist. Der jeweilige Prüfvolumenstrom muß auf $\pm 2\%$ gemessen werden können. Bei Wechsellast darf dieser Wert auf den Maximalwert des Durchflusses durch das Luftfilter bezogen werden.

4.4 Druckabnahmestellen

Die Druckabnahmestellen sollen Anhang A, Bild A.6 entsprechen.

4.5 Einlaßdüse

Der dynamische Druck, der benötigt wird, um die Luft in das Einlaßrohr zu beschleunigen, kann nach der in Abschnitt 2.4 beschriebenen Methode errechnet oder kann unter Benutzung der im Anhang A, Bild A.7 beschriebenen Düse gemessen werden. Die Düse ist anstelle des Luftfilters am Eintritt zum Eingangsrohr des Prüfstandes angeordnet. Der Eingangsdurchmesser der Düse soll der gleiche sein wie der Durchmesser des Eingangsrohrs des Prüfstandes an der Druckabnahmestelle.

4.6 Auslaß

Wenn der Auslaß des Luftfilters nicht rund ist, soll das Eingangsrohr des Prüfstandes die gleiche Größe und Form wie der Filterauslaß haben. Abweichungen hiervon können zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.

4.7 Staubzuführung

Als Beispiele für die Staubzugabe an einem Filterelement siehe Anhang A, Bilder A.1 und A.4. Typische Anordnungen für die Staubzugabe an Kompletfiltern siehe Anhang A, Bilder A.2, A.3, A.5, A.9.

Bei der Staubzuführung muß darauf geachtet werden, daß die Luftansaugung nicht gestört wird.

4.8 Absolutfilter

Die Bestimmung des Abscheidegrades mit der Absolutfiltermethode ist für Filter, die den Staub nicht zurückhalten, sondern ihn austragen (Trägheits- oder Zyklonfilter) oder für Abscheider mit hohem Abscheidevermögen am geeignetsten.

Das Absolutfilterelement besteht aus einer oder mehreren Lagen von Glasfasermatten. Jede Matte ist $\approx 12,5\text{ mm}$ dick und besteht aus kunstharzgebundenen Fasern mit einem Durchmesser von $0,75\text{ }\mu\text{m}$ bis $1,25\text{ }\mu\text{m}$, die Dichte beträgt $9,5\text{ kg/m}^3$. Die raue Seite der Matte soll anströmseitig liegen.

Es soll ein Absolutfilter ausreichender Größe verwendet werden, damit der Druckverlust bis zum Versuchsende nicht zu groß wird. Die Größe des Filters soll so gewählt werden, daß die Anströmgeschwindigkeit unter $0,8\text{ m/s}$ bleibt.

Das Absolutfilterelement soll bei keiner der Prüfungen eine Feuchtigkeitsaufnahme oder einen Faserverlust zeigen, welche $0,1\%$ des Absolutfiltergewichts übersteigen.

Um Fehler während der nachfolgenden Messungen, die durch den Verlust von Fasern oder Material auftreten können, zu vermeiden, soll das Absolutfilter vor dem Wiegen mit dem Nennvolumenstrom in Umgebungsluft durchgesaugt werden. Um Staubablagerungen und Erosion zu verhüten, soll es im Innern (Rohrleitungsstutzen und Gehäuse) in geeigneter Weise poliert und oberflächenbehandelt sein. Während des Versuchs ist es elektrisch zu erden. Ein typischer Versuchsaufbau wird im Anhang A, Bild A.5 gezeigt.

4.9 Wägeeinrichtung

Die Wägeeinrichtung soll so gewählt werden, daß der Abscheidegrad auf etwa $0,1\%$ bestimmt werden kann.

4.10 Staubzugabevorrichtung

Die Staubzugabevorrichtung soll den Staub gleichmäßig zuführen. Die Korngrößenverteilung soll durch die Vorrichtung nicht verändert werden. Das Prinzip einer geeigneten Staubzugabevorrichtung ist im Anhang A, Bild A.8 dargestellt.

4.11 Sonstige Geräte

Fehlergrenzen für verwendete Meßgeräte

- Thermometer, Hygrometer (Psychrometer) und Barometer: $\pm 2\%$ vom Meßwert,
- Druckmeßgeräte: $\pm 2\%$ vom Meßwert; bei Meßwerten von 10 mbar und weniger: $\pm 0,2\text{ mbar}$ ($\pm 20\text{ Pa}$).

5 Prüfstoffe

5.1 Prüflöl

Zur Prüfung von Ölbadluftfiltern und ölbenetzten Filtern sollen HD-Öle verwendet werden. Die Viskosität des Prüflöls bei der Prüfung soll betragen:

- a) Bei Ölmitreißversuchen:
(85 ± 10) mm^2/s (diese Viskositätsspanne kann mit Ölen der Klasse SAE 10 W nach DIN 51 511 im Temperaturbereich 20 °C bis 25 °C eingestellt werden).
- b) Bei Abscheidegrad- und Staubkapazitätsversuchen:
(330 ± 50) mm^2/s (diese Viskositätsspanne kann mit Ölen der Klasse SAE 30 nach DIN 51 511 im Temperaturbereich von 20 °C bis 25 °C eingestellt werden).