

Abb. 24: Dämpfende Montagen

7 Lüftungskonzepte

Bei der Konstruktion eines Gerätes oder einer Anlage ist festzulegen, in welcher Richtung die Durchströmung erfolgen soll und wo Lüfter, Lufteinlass und -auslass anzuordnen sind.

7.1 Horizontale oder vertikale Durchlüftung

In elektrischen Anlagen wird Luft erwärmt, weshalb es von Vorteil ist, die Wirkung der freien Konvektion zu nutzen und die Durchströmungsrichtung von unten nach oben zu wählen. Dieser Grundsatz gilt vor allem bei hohen Anlagen wie Schränken. In vielen Anlagen, insbesondere bei flacher Gerätebauform, ist jedoch die Energie, die sich durch die Temperaturunterschiede ergibt, viel kleiner als die von den Lüftern erzeugte Strömungsenergie. Hier lassen sich auch alle anderen alternativen Strömungsrichtungen ohne merkbare Abstriche realisieren.

Bei der Gerätekonstruktion müssen aber auch einige praktische Gesichtspunkte beachtet werden:

- An- und Ausblasöffnungen möglichst weit voneinander entfernt und nicht auf Dachflächen anordnen, die auch als Ablage genutzt werden könnten
- Ansaugöffnung ohne Filter nicht in Bodennähe vorsehen, da sonst Schmutz und Staub ins Gerät gelangen
- Ausblasöffnung so wählen, dass der austretende Luftstrom den Benutzer des Geräts nicht direkt anbläst.

7.2 Saugende oder blasende Anbringung des Lüfters

Grundsätzlich arbeitet der Lüfter, unabhängig von der Durchströmungsrichtung, am gleichen Schnittpunkt zwischen Lüfterkennlinie und Gerätekennlinie. Zu beachten ist jedoch, dass die Saugströmung eines Lüfters näherungsweise linear, also geordnet erfolgt, während das Ausblasen turbulent, also unregelmäßig und in einer Vorzugsrichtung (beim Axiallüfter axial) stattfindet. Die Turbulenz verstärkt die Kühlwirkung an den angeströmten Bauteilen, weshalb die druckseitige Anordnung zu empfehlen ist. Hinzu kommt, dass hier der Lüfter nicht durch die heiße ausgeblasene Luft des Gerätes belastet wird, da er die relativ kühle Umgebungsluft ansaugt. Dadurch erhöht sich die Lebensdauer.

Soll das Eindringen von Staub in das Gerät verhindert werden, muss ein Staubfilter vor dem Lüfter an der Lufteintrittsöffnung angebracht werden. Der im Gerät aufgebaute Überdruck verhindert, dass Staub an undichten Stellen des Gehäuses eindringen kann. Der Lüftermotor ist weitgehend gegen Eindringen von Staub geschützt. Hingegen können sich an den Lüfterflügeln und an der Gehäuseinnenseite im Laufe der Zeit Staub festsetzen was den Volumenstrom etwas verringert.

In einzelnen Fällen kann der Lüfter auch auf der ausblasenden Seite des Gerätes angebracht werden, besonders wenn die gewünschte Verteilung der Durchströmung nicht anders erreicht werden kann.

Der Lüfter kann allerdings auch an beliebiger Stelle inmitten des Geräts angeordnet werden. Dabei ist zu beachten, dass er an einer Trennwand befestigt ist, die einen Rückstrom der Luft von der Über- zur Unterdruckseite verhindert. Der Rückstrom hätte zur Folge, dass ein Teil des Volumenstromes nicht für die Gerätebelüftung zur Verfügung steht und nur ein Teil der Förderleistung verfügbar ist.

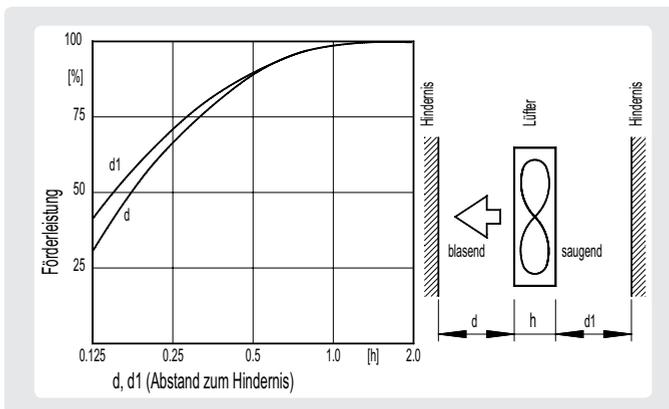


Abb.25: Saugende oder blasende Anordnung von Lüftern

7.3 Mehrfachanordnung von Lüftern

Reicht ein einzelner Lüfter nicht für die Kühlung einer Anlage aus und kann aus konstruktiven Gründen kein Lüfter mit größeren Abmessungen (und höherer Luftleistung) gewählt werden, ist eine Mehrfachanordnung von Lüftern sinnvoll. Vorher ist zu klären, ob eine Parallel- oder eine Reihenanordnung sinnvoll ist.

Bei parallel angeordneten Lüftern vervielfacht sich der Volumenstrom mit der Zahl der eingesetzten Lüfter. Dabei muss beachtet werden, dass sich zu dicht nebeneinander angeordnete Lüfter gegenseitig behindern. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass bei gegebener Gerätekennlinie der Volumenstrom keineswegs linear mit der Zahl der Lüfter ansteigt, da der Druckverlust der Gerätekennlinie mit dem Quadrat des Volumenstroms zunimmt.

Der Druck lässt sich durch hintereinander (in Reihe) angeordnete Lüfter erhöhen. Die rechnerisch mögliche Verdopplung durch zwei Lüfter wird in der Praxis, besonders bei eng aneinander gesetzten Lüftern, nicht erreicht, da die Abströmung des ersten Lüfters einen Drall enthält, der die Ansaugbedingung des zweiten Lüfters verschlechtert. Mit so genannten Luftleiträdern zwischen den Lüftern kann der Drallanteil des ersten Lüfters in die Hauptströmungsrichtung des zweiten Lüfters umgelenkt werden. Sogar einfache Luftleiträder mit achsparallelen Leitschaufeln verbessern bereits deutlich die Förderleistung. Kann, etwa aus Platzgründen, kein Luftleiträd eingesetzt werden, sollen ein Lüfter an der Lufteintrittsseite und der zweite an der Luftaustrittsseite angebracht werden. Die beim Durchströmen durch das Gerät stattfindende Entkopplung der beiden Lüfter ist sehr gut, es werden nicht nur gute Strömungsleistungen, sondern auch optimale Geräuschpegel erzielt.

Werden zwei Lüfter mit gegensinniger Drehrichtung dicht übereinander eingesetzt, verdoppelt sich der Druck, allerdings bei stärkerer Belastung der Antriebsmotoren und erheblich höherem Geräuschpegel.

In größeren Anlagen ist die Mehrfachanordnung von Lüftern üblich. Dabei werden Lüfter nebeneinander oder hintereinander oder sogar in Kombination dieser Montageanordnungen eingesetzt. Dabei ist vorteilhaft, dass bei einem Ausfall eines einzelnen Lüfters eine Lüftungsnotversorgung der Anlage erhalten bleibt. Allerdings wirkt der ausgefallene Lüfter in übereinander liegender Anordnung als Dämpfung, die bei blockiertem (nicht mitlaufendem) Rotor bis zu 50 % Druckverlust verursachen kann.

7.4 Verluste durch besondere Einbaubedingungen

Elektrische Geräte werden im Allgemeinen über den gesamten Querschnitt belüftet. Besondere Luftführungseinrichtungen, wie Kanäle oder Krümmungen, werden nur in wenigen Fällen benötigt. Der gerätebedingte Druckverlust entsteht bei der Durch- und Umströmung von Gerätekomponenten, Baugruppen oder Leiterplatten und bei den Einlass- und Austrittsöffnungen, die meist Schutzgitter oder Staubfilter enthalten. Wegen der komplexen Anordnung der Komponenten lassen sich Strömungsverluste kaum berechnen. Durch Simulation kann aber bereits Aufschluss über die Wirksamkeit der Belüftung erhalten oder Optimierung erarbeitet werden. Die Qualität der Simulationsaussage hängt von der Genauigkeit der zu Verfügung stehenden konstruktiven Daten ab. Steht ein fertiges Gerät (Entwicklungsmuster) zur Verfügung, kann experimentell weiter gearbeitet werden. Da ein Ventilator-messplatz selten vorhanden ist, kann durch Einbau eines Lüfters und durch Messen der Druckerhöhung oder Druckminderung im Gerät, der Arbeitspunkt auf der Lüfterkennlinie näherungsweise bestimmt werden. Noch einfacher kann durch die Messung der Temperaturerhöhung im Gerät oder an kritischen Bauteilen der Lüfter näherungsweise bestimmt werden.

Im Allgemeinen sind Lüfter für den offenen Einbau optimiert (unbehinderte Luftaustrittseite). Wird der Luftaustritt durch nahe am Lüfter angeordnete Bleche wie Gehäusedeckel und -boden gestört, wird die Förderleistung deutlich herabgesenkt. Ebenso wirkt ein Hindernis (Platte) direkt vor der Ausblasseite des Lüfters. Der Einfluss ist vernachlässigbar, wenn der Abstand zur Lüfterkante mindestens die zweifache Lüfterdicke beträgt.

Ein wesentlicher Anteil des Druckverlusts entsteht durch Schutz- und Filtergitter. Während bei einfachen Lüftergittern aus Draht nur wenig Druckverlust entsteht, können strömungstechnisch nicht optimierte, oft im Gehäuse integrierte (gestanzte) Gitter oder Filtergitter erhebliche Verluste und Geräusche erzeugen. Die Geräuschzunahme ist bei druckseitiger Anbringung geringer, als bei saugseitiger.



Abb.26: Schutzgitter und -filter

7.5 Leistungsaufnahme

Zunehmend an Bedeutung ist die elektrische Leistung, die einem Lüfter zugeführt werden muss, um einen bestimmten Volumenstrom zu erreichen. Im Kapitel 3.1 wurde bereits auf den hohen Leistungsbedarf von AC Lüftern im Vergleich zu DC Lüftern hingewiesen. Aber auch bei DC Lüftern, besonders bei kleinen Bauformen, gibt es von Hersteller zu Hersteller große Unterschiede. Die Leistungskennzahl gibt an, welche Leistung pro Volumeneinheit benötigt wird, ist in den Datenblättern nicht angegeben, gewinnt aber zunehmend an Bedeutung. **SEPA**[®] Lüfter zeichnen sich durch einen besonders hohen Wirkungsgrad aus, wie die nachstehende Tabelle für einige Lüfter eindrucksvoll zeigt.

Größe [mm]	Modell Nr.	Spannung [VDC]	Stromaufn. [mA]	Volumenstr. [l/min]	Leistungskennz. [mW/l/min]	Bemerkungen
30x30x6,5	MFB30E12	12	40	67	7,2	
30x30x7	Wettbewerb	12	80	104	9,2	
30x30x10	MFB30G12	12	70	128	6,6	
30x30x10	Wettbewerb	12	100	130	9,2	
40x40x10	MFB40H12	12	50	172	3,5	
40x40x10	LF40J12SE22	12	30	138	2,6	ECO Fan
40x40x10	Wettbewerb	12	67	150	5,4	
60x60x15	MFB50E12	12	90	420	2,6	
60x60x15	Wettbewerb	12	100	418	2,9	
60x60x15	MFB60D12	24	60	612	2,4	
60x60x15	Wettbewerb	24	80	650	3,0	

Tabelle 2: Leistungskennzahl von **SEPA**[®] Lüftern und von einigen Wettbewerbslüftern