

Turbolüfter für präzise Luftförderung in Beatmungs- und Atemunterstützungssystemen

Gesucht wird eine kompakte, regelbare und dauerhaft stabile Lösung



©AdobeStock_337955524

In der Medizintechnik ist Luftförderung weit mehr als eine Nebenfunktion. Gerade in Beatmungs- und Atemunterstützungssystemen bildet sie einen zentralen Bestandteil des Gesamtsystems. Hier geht es nicht nur darum, Luft einfach nur zu fördern, sondern die Luft muss mit passendem Druck gleichmäßig und zuverlässig durch die einzelnen Komponenten des Systems geführt werden. Nur so lässt sich eine stabile und präzise Gerätefunktion sicherstellen. Für Entwickler entsteht daraus eine anspruchsvolle Aufgabe, denn gesucht wird eine kompakte, regelbare und dauerhaft stabile Lösung.

Extrem anspruchsvoll

Aus Entwicklersicht gehört die Luftführung in medizinischen Atemsystemen zu einem der anspruchsvollsten Teilbereiche des Gerätedesigns. Anders als bei klassischen Kühl- oder Belüftungsaufgaben reicht es hier nicht aus, dass einfach nur genug Luft bewegt wird. Viel wichtiger ist, dass das ganze System auch dann stabil und zuverlässig arbeitet, wenn sich die Bedingungen im Betrieb ständig ändern.

Es müssen viele Anforderungen gleichzeitig berücksichtigt werden. Der Lüfter soll ausreichend Druck aufbauen, schnell auf Veränderungen reagieren, in ein kompaktes Gerät passen sowie leise und vibrationsarm arbeiten. Dazu kommt, dass er auch im langen Dauerbetrieb zuverlässig funktionieren muss. Ebenso wichtig ist, dass sich die Luftmenge und der Druck gut steuern lassen und der Lüfter elektrisch sauber in das Gerät integriert wird, damit es keine Störungen mit anderer Elektronik gibt. Das bedeutet, dass ein Lüfter kein Standardbauteil ist, sondern ein aktives Funktionsmodul, das maßgeblich zur Systemperformance beiträgt!

Der Turbolüfter

Das Grundprinzip eines Turbolüfters beruht darauf, dass die Luft axial angesaugt und radial beschleunigt wird. Der entscheidende Unterschied

zu einem normalen Radiallüfter liegt vor allem in der deutlich höheren Drehzahl. Während ein klassischer Radiallüfter nur mit etwa 5.000 Umdrehungen pro Minute läuft, erreicht ein Turbolüfter rund 40.000 Umdrehungen pro Minute. Dadurch kann er bei kompakter Bauform deutlich mehr Druck aufbauen. Genau das ist in medizinischen Atemsystemen ein großer Vorteil, denn dort muss die Luft oft gegen Widerstände im System gefördert werden.

Ein Turbolüfter kann also trotz kleiner Baugröße leistungsstark arbeiten und die Luft gezielt dorthin bringen, wo sie gebraucht wird. Gleichzeitig lässt sich seine Drehzahl gut regeln. Dadurch können Menge und Druck genau an den jeweiligen Bedarf angepasst werden. Das macht den Turbolüfter besonders geeignet für Geräte, in denen die Luftförderung nicht einfach konstant läuft, sondern präzise gesteuert werden soll.

Warum ein Radialgebläse?

Ein Radiallüfter arbeitet anders als ein Axiallüfter. Beim Axiallüfter strömt die Luft gerade durch den Lüfter hindurch. Beim Radiallüfter wird die Luft zuerst angesaugt und dann seitlich nach außen gedrückt. Im Spiralgehäuse wird diese kinetische Energie in Druck umgewandelt. Genau das ist der wichtige Vorteil. Dieser Lüftertyp ist gut, wenn die Luft nicht einfach frei strömen kann, sondern gegen Widerstand durch das Gerät bewegt werden muss. Das ist besonders nützlich, wenn im Gerät mit Druck, Unterdruck oder gezielt geführter Luft gearbeitet wird. Das Spiralgehäuse dient nicht nur als mechanische Hülle, sondern als strömungsrelevantes Element. Es beeinflusst wesentlich den Druckaufbau, die Austrittsgeschwindigkeit, das Turbulenzverhalten und den Wirkungsgrad im Arbeitspunkt. Schon kleine Änderungen an Ausblasquerschnitt, Diffusorführung oder Anbindung an nachgelagerte Kanäle können die resultierende Systemkennlinie deutlich verändern.

Die Kabel am Lüfter sind nicht nur dafür da, ihn mit Strom zu versorgen. Über sie kann der Lüfter auch gesteuert und überwacht werden. Das heißt, man kann zum Beispiel einstellen, wie schnell er laufen soll, und das Gerät kann auch zurückmelden, wie der Lüfter gerade arbeitet.

Worauf Entwickler bei der Auslegung achten sollten

Ob ein Turbolüfter gut zu einem Gerät passt, hängt nicht nur vom Lüfter selbst ab, sondern davon, wie gut er zum ganzen System passt. Deshalb sollte man schon früh prüfen, wie der Lüfter später im echten Gerät arbeitet.



Der Turbolüfter kann er bei kompakter Bauform deutlich mehr Druck aufbauen.

Wichtig ist dabei, nicht nur auf Messwerte zu schauen, die der Lüfter allein ohne Einbau erreicht. Entscheidend ist, wie er sich im fertigen System verhält. Dabei spielen Druck, Luftmenge und die Steuerung zusammen. Nur wenn diese Dinge gut aufeinander abgestimmt sind, funktioniert die Luftförderung später stabil und passend.

Außerdem muss man darauf achten, wie warm der Lüfter im Dauerbetrieb wird, wie laut er ist, wie er mechanisch ins Gerät eingebaut wird und wie gut er elektrisch mit den anderen Bauteilen zusammenarbeitet. Auch Störungen mit anderer Elektronik müssen vermieden werden. Dazu kommen noch Anforderungen an Zuverlässigkeit, Sicherheit und Diagnose sowie die Frage, ob Materialien und technische Vorgaben zum jeweiligen Medizinprodukt passen.

Luftleistung im realen Arbeitspunkt

Ein häufiger Fehler in frühen Entwicklungsphasen besteht darin, Lüfter primär anhand von Freiluftwerten zu vergleichen. Für ein Radialgebläse ist das nur eingeschränkt aussagekräftig. Entscheidend ist die P-Q-Kennlinie, also der Zusammenhang zwischen Volumenstrom und statischem Druck.

In der Praxis ergibt sich der tatsächliche Arbeitspunkt immer aus dem Schnittpunkt von Lüfterkennlinie und Gerätekenlinie. Die Lüfterkennlinie stammt in der Regel aus dem Datenblatt des Lüfterherstellers. Die Gerätekenlinie ergibt sich aus dem eigenen System und muss meist durch Berechnung, Simulation oder Messung im realen Aufbau ermittelt werden.

Gerade bei kompakten Geräten mit engen Luftwegen verschiebt sich der Arbeitspunkt häufig stark in Richtung höherer Druckanteile und geringerer Fördermengen. Ein technisch sinnvoller Auswahlprozess muss daher immer das komplette Luftsystem betrachten, nicht nur den Lüfter isoliert.

Präzise Regelbarkeit/ Geräuschverhalten

Atemunterstützungssysteme arbeiten nicht unter konstanten Bedingungen. Mal braucht das System mehr Luft, mal weniger. Manchmal strömt sie leicht durch das Gerät, manchmal schwerer. Deshalb muss der Lüfter nicht nur stark sein, sondern sich auch gut steuern lassen.

Ein Turbolüfter ist dafür gut geeignet, weil man seine Drehzahl anpassen kann. So kann das Gerät die Luftmenge und den Druck passend zur aktuellen Situation verändern. Wenn man das elektrische Signal etwas erhöht, heißt das aber nicht automatisch, dass auch die Luftmenge oder der Druck genau im gleichen Maß steigt. Das Verhalten ist also nicht ganz einfach. Der Grund ist, dass nicht nur der Lüfter selbst eine Rolle spielt, sondern auch das ganze Luftsystem im Gerät.

Zur Regelbarkeit gehört auch das Geräuschverhalten. Über die Drehzahl lässt sich beeinflussen, wie laut der Lüfter arbeitet. Hier wird eine Montage in schall- und vibrationsabsorbierender Weise empfohlen. Das ist besonders wichtig bei Geräten, die in der Nähe von Patienten eingesetzt werden. Eine gute Regelung hilft also nicht nur dabei Luftmenge und Druck passend einzustellen, sondern auch dabei, das System ruhiger und angenehmer arbeiten zu lassen.

Dauerbetrieb und Zuverlässigkeit

Beatmungs- und Atemunterstützungssysteme müssen über lange Zeiträume stabil funktionieren. Entwickler müssen deshalb nicht nur die nominelle Leistung bewerten, sondern auch das Verhalten im Dauerbetrieb. Dazu gehören thermische Stabilität, Lagerlebensdauer, reproduzierbares Anlaufverhalten, sichere elektrische Anbindung und robuste Funktion über den gesamten vorgesehenen Einsatzbereich.

Gleichzeitig muss das Gesamtsystem so entwickelt werden, dass auch Randbedingungen wie Temperatur, Verschmutzung, Versorgungsschwankungen oder veränderte Luftwiderstände berücksichtigt werden.

Der Lüfter allein reicht nicht

Ein Turboblöwer kann sein Potenzial nur dann entfalten, wenn die Luftwege strömungsgerecht ausgelegt sind.

Saugseite

Die Ansaugseite ist besonders empfindlich gegenüber:

- zu engen Eintrittsquerschnitten
- abrupten Umlenkungen
- nahen Gehäusewänden
- Gittern mit kleinem freien Querschnitt

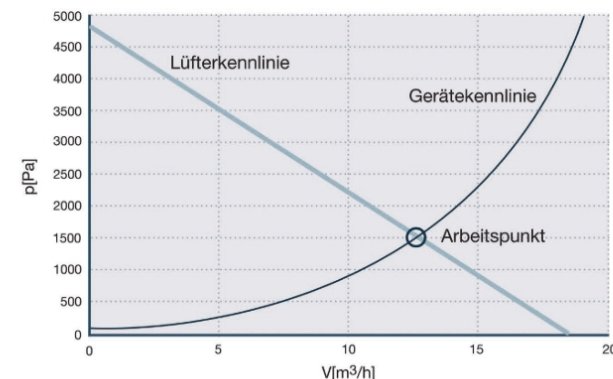
Solche Effekte verschlechtern nicht nur den Wirkungsgrad, sondern können auch das Geräuschspektrum deutlich verschärfen.

Druckseite

Auf der Druckseite führen häufig folgende Fehler zu unnötigen Verlusten:

- abrupt verengte Querschnitte
- harte 90°-Umlenkungen direkt hinter dem Auslass
- ungeeignete Düsengeometrien
- Leckagen in Übergängen
- ungünstige Ankopplung an flexible Schläuche

Eine saubere Anpassung der Druckseite kann den nutzbaren Systemarbeitspunkt stärker verbessern als eine nominell höhere Lüfterdrehzahl. ◀



Der tatsächliche Arbeitspunkt in der Praxis ergibt sich immer aus dem Schnittpunkt von Lüfterkennlinie und Gerätekenlinie.