

# Wie zuverlässig sind Lagersysteme in Lüftern?

Das Lagersystem beeinflusst maßgeblich die Zuverlässigkeit eines Lüfters. Für die spezifischen Anwendungen existieren optimierte Konstruktionen. Der Beitrag gibt Empfehlungen zur Auswahl.

HEINRICH CAP \*

Lüfter zur Elektronik Kühlung finden sich in verschiedenen Applikationen. Je nach Einsatz werden hier sehr unterschiedliche Forderungen an dieses Bauteil gestellt. Die Betriebssicherheit gewinnt dabei immer mehr an Bedeutung.

Unbestritten ist an dieser Stelle der starke Einfluss des Lagersystems auf die Zuverlässigkeit des Lüfters.

Die Verringerung der Baugröße der Geräte führte zu immer kleineren und vor allem flacheren Lüftern. Außerdem werden Lüfter heute vermehrt in mobilen Apparaten eingesetzt, wodurch neue, bisher weniger wichtige Eigenschaften gefordert werden.

Mit unterschiedlichen Konstruktionen werden für praktisch jeden Anwendungsfall optimale Lösungen angeboten. Der nachste-

hende Beitrag stellt die wichtigsten Lagerkonstruktionen bei Lüftern vor und erklärt die Vor- und Nachteile.

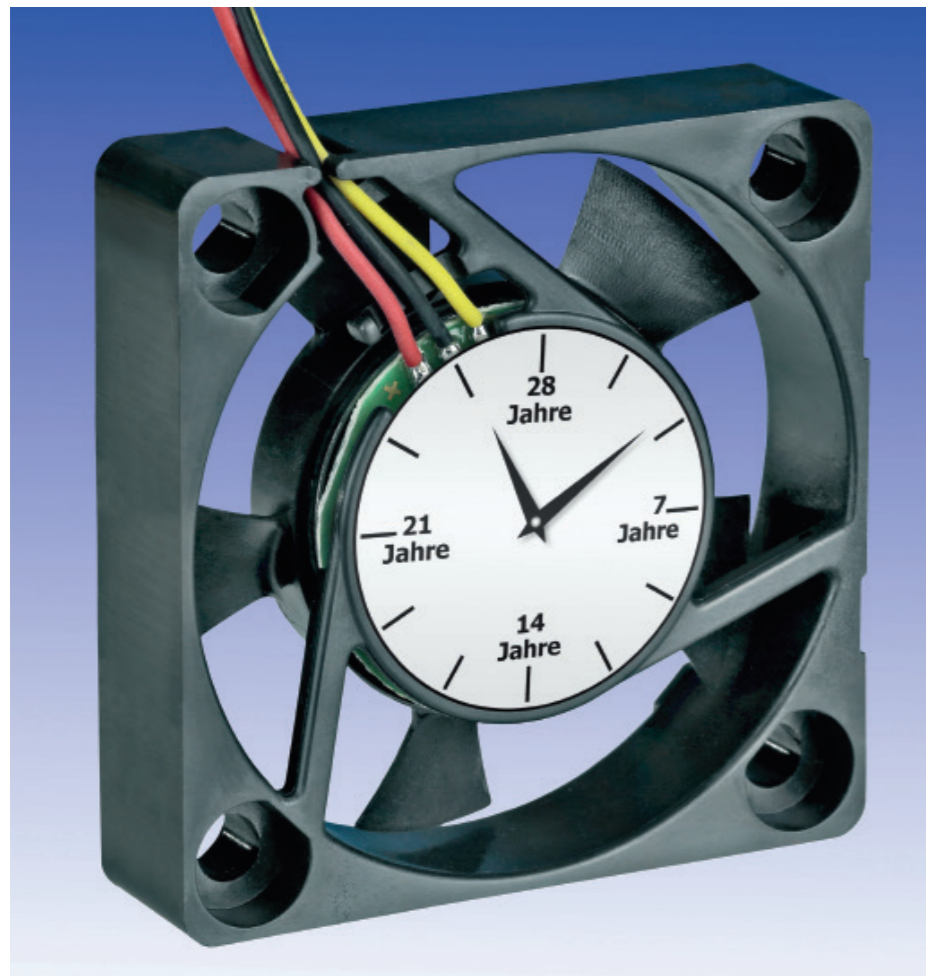
## Grundsätzliche Anforderungen an Lüfter

Um Qualität und Zuverlässigkeit eines Lüfters unter vorgegebenen Bedingungen abzuschätzen, genügt es nicht, nur die Lager selbst zu betrachten. Vielmehr muss die gesamte mechanische Konstruktion beurteilt werden: Das Lagersystem in einem Lüftermotor hat die Aufgabe, die Motorwelle (und damit den Propeller) radial und axial zu positionieren. Das Drehen der Welle im Lager soll reibungs- und geräuscharm erfolgen. Funktion und Zuverlässigkeit sollen über einen möglichst langen Zeitraum und über einen weiten Drehzahlbereich garantiert werden. Selbstverständlich muss das Lager wartungsfrei sein. Schlussendlich soll es auch preislich attraktiv sein.

Daraus geht hervor, dass diese Wünsche nicht mit einer einzigen Konstruktion zu erfüllen sind. Schon frühzeitig haben sich durch Fokussierung auf die wichtigsten Forderungen mehrere Lösungen herausgebildet, die im Laufe der weiteren Entwicklung noch mehr verfeinert und spezialisiert wurden. Letztendlich basieren aber alle Lagerungen auf zwei Grundsystemen: Konstruktionen mit Gleitlagern und Konstruktionen mit Kugellagern.

## Lüfterkonstruktionen mit Gleitlagersystemen

Die einfachste und billigste Lösung für eine Lüftermotorlagerung findet man mit Sintergleitlagern, die nach dem hydrodynamischen Prinzip funktionieren. Diese werden

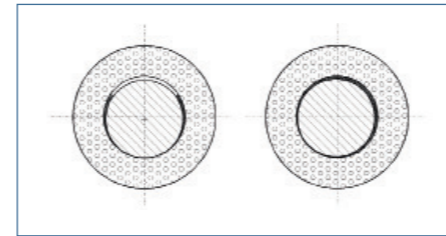


Bilder: Sepa

**Lüfter:** Die Auswahl eines für eine bestimmte Anwendung möglichst optimal geeigneten Lüfters ist heute schwieriger als noch vor einigen Jahren. Unbestritten ist der starke Einfluss des Lagersystems auf die Zuverlässigkeit des Lüfters.



\* Heinrich Cap ... ist Gründer und Geschäftsführer des Lüfter- und Kühlungspezialisten SEPA Europe in Eschbach.



**Bild 1:** Ölverteilung im Lager bei radial belasteter stehender und drehender Welle

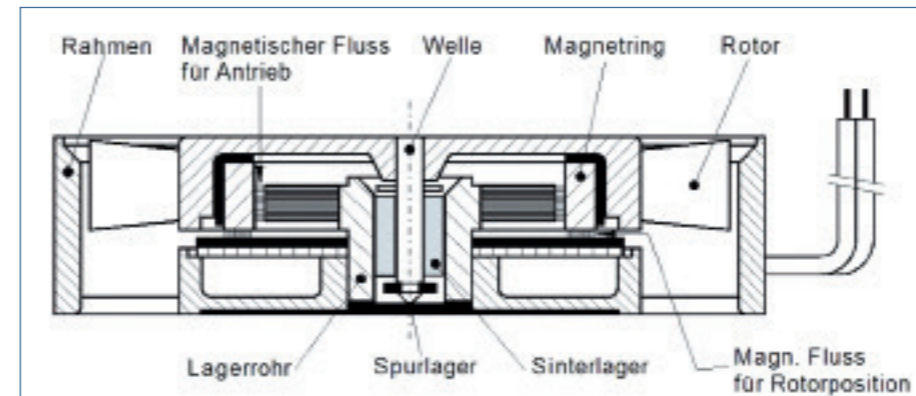
aus porösem Eisen oder Bronze in einem Heißpressverfahren hergestellt. Dabei bringt man kleine Metallkügelchen wie bei einem Sandkuchen in eine bestimmte Form. Anschließend sintert man den Rohling bei einer Temperatur, die das Metall gerade noch nicht schmelzen lässt. Damit können erstaunlich hohe Maßgenauigkeiten realisiert werden.

In diesem Sinterformteil befinden sich unzählige Hohlräume, die unter Vakuum mit einem Schmiermittel getränkt werden. Sinterlager stellen vor Jahrzehnten eine Revolution der Lagertechnik dar, da sie wartungsfrei sind. Die Schmierung erfolgt durch den hydrodynamischen Effekt, der bei drehender Welle einen Ölfilm zwischen Welle und Lager entstehen lässt.

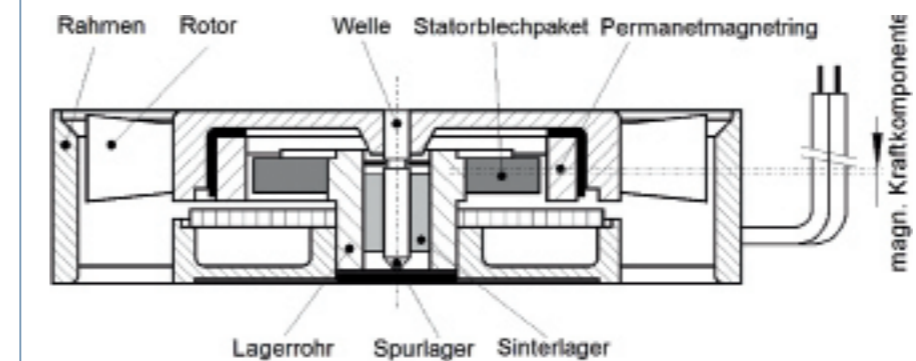
Im Idealfall gleitet die Welle verschleißfrei und geräuschlos auf diesem Ölfilm. Im An- und Auslauf des Motors ist kein Ölfilm vorhanden, was Lagerverschleiß verursacht. Auch können Fluchtungsfehler, Verschmutzung, Oberflächenfehler an der Welle und extreme Vibrationen die Lagerfunktion beeinträchtigen.

Lüfter der ersten Generation enthielten zwei zylindrische Lager, die in einem genau herzustellenden Lagerrohr eingepresst wurden. Die radiale Wellenpositionierung ist durch den Innenzylinder des Lagers gegeben, die axiale Position erfolgt durch Endbegrenzungsscheiben. Diese Konstruktion ist heute nur noch vereinzelt anzutreffen, weil durch unkontrollierten Ölverlust an der Propellerseite die Lager nach kurzer Gebrauchszeit trocken laufen können.

In modernen Lüftern gebräuchliche Gleitlagerkonstruktionen haben ein weiteres axiales Lager, das sogenannte Spurlager. Die axiale Position von Welle und Rotor ist dadurch eindeutig bestimmt, ohne dass die Stirnseiten des Sinterlagers berührt werden, so dass ein Ölaustritt verhindert wird. Das kuppenförmig ausgebildete Wellenende muss jedoch kraftschlüssig an das Spurlager, das meist aus Polyamid hergestellt ist, ge-



**Bild 2:** Lüfter mit Spurlagersystem und Kraftfluss über ein Rückschlussblech



**Bild 3:** Lüfter mit Spurlagersystem und Kraftfluss über Magnetversatz

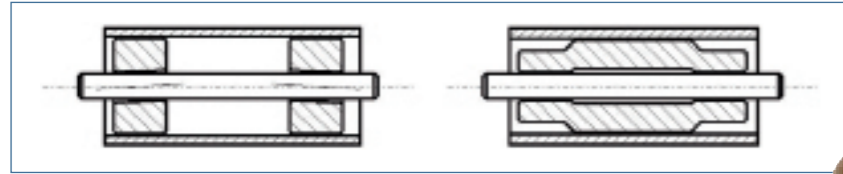


Bild 4: Sinterlagersystem mit getrennten Lagern und mit einstückigem Doppellager



Bild 6: Lüfterflügel Standard und Eco Fan (oben)

Hauptmagneten wird die Kraft ausgenutzt, die entsteht, wenn die magnetischen Mitten von Magnet und Stator nicht genau gegenüber liegen. Bei einem Versatz der magnetischen Mitten entsteht eine axiale Kraft, welche die Motorleistung kaum beeinflusst (Bild 3).

**Varianten mit Eisenrückschluss und Scheibenläufer**

Sehr flache Lüfter enthalten oft einen Scheibenläufer mit axial angeordnetem scheibenförmigem Magneten. Durch den Eisenrückschluss im Stator entsteht automatisch die gewünschte Axialkraft. Beide Konstruktionen sind seit mehr als 30 Jahren be-

drückt werden. Dies wird durch eine magnetische Kraft erreicht, die, je nach Motorde- sign, verschiedenartig erzeugt werden kann. Mit einem Eisenrückschluss gegenüber den Stirnseiten des Permanentmagneten kann eine solche Kraft gebildet werden (Bild 2). Bei Motoren mit radial angeordneten

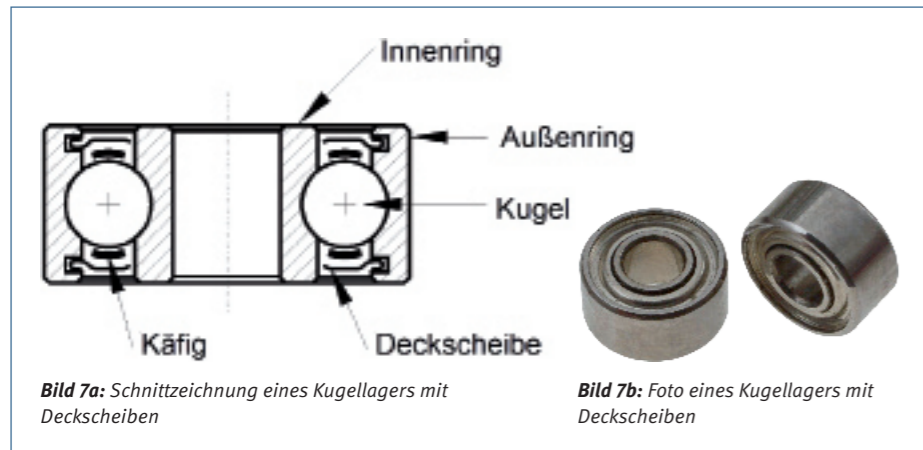


Bild 7a: Schnittzeichnung eines Kugellagers mit Deckscheiben



Bild 7b: Foto eines Kugellagers mit Deckscheiben

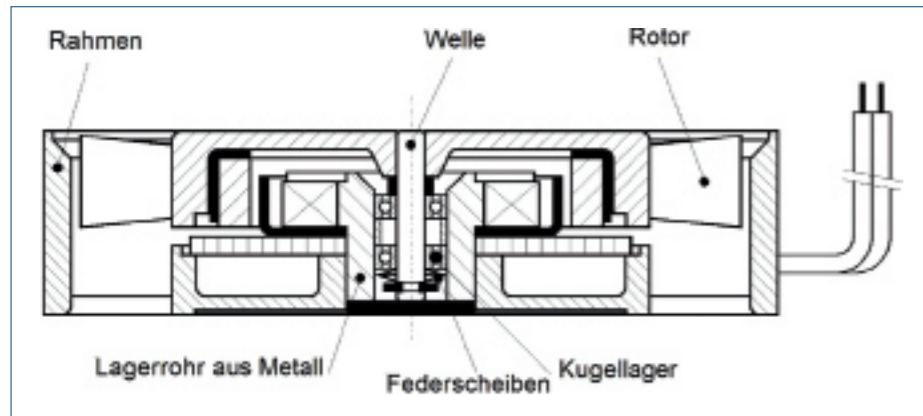


Bild 8: Lüfter mit Kugellagersystem



Bild 5: Foto eines Doppellagers

kannt, setzen sich aber erst neuerdings in Lüftern durch.

Eine weitere, ebenfalls länger bekannte Verbesserung betrifft das Sinterlagersystem selbst. In älteren Konstruktionen sind zwei getrennte Sinterlager in relativ kurzem Abstand zueinander angeordnet. Die mechanischen Toleranzen von Zentrität und Geradheit führen zu großen Fluchtungsfehlern. Dabei werden die Lager oft nur an den Kanten belastet, der Ölfilm bildet sich nur unvollkommen aus und das Öl kann an nicht gewünschter Stelle austreten.

Durch Zusammenlegen der beiden Lagerstellen in ein einstückiges „Doppellager“ umgeht man die Toleranzen der getrennt montierten Lager. Die Herstellung ist zwar etwas teurer, das wird aber durch die wesentlich vereinfachte Montage kompensiert.

Heute bieten fast alle Lüfterhersteller Gleitlagerlüfter an, die die vorstehend genannten vorteilhaften Konstruktionen enthalten. Alle Eigenschaften sind bei SEPA-Lüftern im MagFix-Gleitlager realisiert. In der Lüfterserie Eco Fan kommt außerdem ein neuer Rotor mit 0,8 mm dünnen Flügeln zum Einsatz.

Darüber hinaus enthält die Welle rotorseitig eine Rille, die Öl abwandern zuverlässig verhindert. Beides erhöht die Zuverlässigkeit dieser Gleitlagerlüfter außerordentlich.

Moderne Gleitlagerlüfter werden heute in vielen Applikationen eingesetzt, in denen ein niedriger Preis wichtig ist und durchschnittliche Anforderungen gestellt werden.

Wenig bewährt haben sich Gleitlager in AC-Lüftern, da dort eine magnetische Positionierung schwierig zu realisieren ist und wegen der Erwärmung des Motors und dadurch des Lagers die Gefahr von Ölverlust deutlich steigt.

**Lüfterkonstruktionen mit Kugellagersystemen**

Lüfter, die mit kugelgelagerten Motorwellen ausgerüstet sind, können über einen sehr breiten Temperaturbereich eingesetzt werden und zeichnen sich durch extreme Zuverlässigkeit und Lebensdauerwahrscheinlichkeit aus. Sie sind aber merkbar teurer. Kugellager sind eine Sonderform der Wälzlager mit fünf oder sieben kugelförmigen Wälzkörpern, die in zwei gegenüberliegenden Laufrillen rollen. Das Rollgeräusch kann bei langsam drehenden Lüftern hörbar sein.

Üblicherweise besteht das Lagersystem aus zwei Kugellagern, die die Rotorwelle radial exakt positionieren. Die Lager müssen gegeneinander mit einer definierten Kraft vorgespannt werden, damit die Kugeln in der Laufrille nicht taumeln.

Kugellager sind dauerhaft mit Fett gefüllt. Das Abwandern des Schmierstoffes und das Eindringen von Schmutz werden durch sogenannte Deckscheiben verhindert, die das Lager beidseitig abdichten. Kugellager in Lüftern sind normalerweise so geringen Kräften ausgesetzt, dass ein mechanischer Verschleiß praktisch nicht auftritt.

Übliche Berechnungsmethoden zur Lebensdauer nach der Tragzahlenmethode versagen hier. Die Ergebnisse sind unrealistisch hoch. Das Ende der Lebensdauer wird vielmehr durch die Alterung des Schmierstoffes bestimmt und ist abhängig von der oberen Grenztemperatur und den Umweltbedingungen. Kugellager werden mit höchster Präzision vollautomatisch hergestellt und in Reinräumen (Klasse 10) montiert.

Ein Sonderfall dieser Lagertechnik sind sehr flache Radiallüfter, die aus Platzgründen nur ein einziges Kugellager aufweisen. Diese Lüfter enthalten immer Scheibenläufermotoren, deren axiale magnetische Kraft die notwendige Lagerverspannung bildet. Während die Rotoren im Stillstand keine eng definierte Radiallage einnehmen können, wirkt im Betrieb das Drehen des Lüfterrades mit hoher Drehzahl stabilisierend auf die Radialposition (Kreiselwirkung).

**Empfehlungen zum Einsatz von Lüftern**

Eine Empfehlung über den bevorzugten Einsatz von Lüftern mit Gleit- oder Kugellager ist ohne genauere Kenntnis der Applikation nicht möglich. Festzuhalten ist aber, dass heutige Lüfter mit dem MagFix-Gleitlager durchaus in vielen industriellen Applikationen verwendet werden können.

Die Eigenschaften moderner Lagersysteme überschneiden sich teilweise. In Gleit- und Kugellagersystemen lassen sich außerdem kundenspezifisch wichtige Größen zu Lasten anderer, weniger wichtiger, verändern.

Die Auswahl eines für eine bestimmte Anwendung möglichst optimal geeigneten Lüfters ist heute schwieriger als noch vor einigen Jahren. Als Ausweg bietet sich an, das Kühlsystem des Gerätes, bestehend aus Lüfter, Kühlkörper und Zubehör, schon im Frühstadium zusammen mit dem erfahrenen Kühlungsspezialisten zu entwickeln. // KR

SEPA EUROPE