



INITIATIVE  
**EnergieEffizienz**<sup>+</sup>  
Industrie & Gewerbe

## Infoblätter Lufttechnik: Ventilatoren und Antriebe.

---

Verdichterbauarten + Auswahlkriterien und  
Kennlinien + Antriebstechnik.

---

# Verdichterbauarten.

Das Herz jeder lufttechnischen Anlage ist der Verdichter. Dieser fördert Luft von einem niedrigeren Anfangsdruck (Ansaugdruck) auf einen höheren Enddruck. Bei Druckverhältnissen unter 1,1 (Enddruck zu Anfangsdruck) spricht man von „Ventilatoren“. Diese sollen keine merkliche Verdichtung sondern nur eine Luftbewegung erzeugen. Bei Verdichtungsverhältnissen bis etwa drei spricht man von „Gebläsen“, darüber auch von „Kompressoren“. Gebläse zur Luftabsaugung werden oft „Lüfter“ genannt. In der Vakuumtechnik spricht man auch von „Pumpen“. Nicht immer werden diese Begriffe klar voneinander abgegrenzt.

Das vorliegende Infoblatt befasst sich mit Ventilatoren und Gebläsen, wobei hier die Begriffe gleichbedeutend verwendet werden. Dabei handelt es sich um Strömungsmaschinen. Diese werden im unteren Verdichtungsbereich fast ausschließlich eingesetzt. Bei der Erzeugung hoch komprimierter Druckluft kommen auch Verdrängermaschinen zum Einsatz. Mehr Informationen dazu finden sich in der Serie „Infoblätter Druckluftsysteme“ der Initiative EnergieEffizienz, im Internet unter [www.industrie-energieeffizienz.de](http://www.industrie-energieeffizienz.de) > **Drucklufttechnik**. Eine weitere, hier nicht behandelte Verdichterart sind Strahlpumpen, die vor allem in der Vakuumtechnik eingesetzt werden.

In Strömungsmaschinen wird die Luft von einem rotierenden Laufrad beschleunigt und dann in Richtung Druckstutzen umgelenkt. Durch die Abbremsung bei der Umlenkung wird kinetische Energie in statischen Druck umgewandelt. In Folge hat die Luft im Auslass sowohl einen dynamischen als auch einen statischen Druckanteil. Bei Ventilatoren ohne Gehäuse entfällt diese Umlenkung, so dass sie fast ausschließlich dynamischen Druck durch die Luftbewegung erzeugen. Je nach Bauform kann die Luft in Richtung der Drehachse (axial) oder quer zur Drehachse (radial) angesaugt und ebenfalls sowohl axial als auch radial ausgeblasen werden. Die Hauptbauformen von Gebläsen in lufttechnischen Anlagen sind Radial- und Axialgebläse, seltener auch Querstromgebläse.

Abb. 1a: **Ventilatorbauformen: Axialventilatoren**

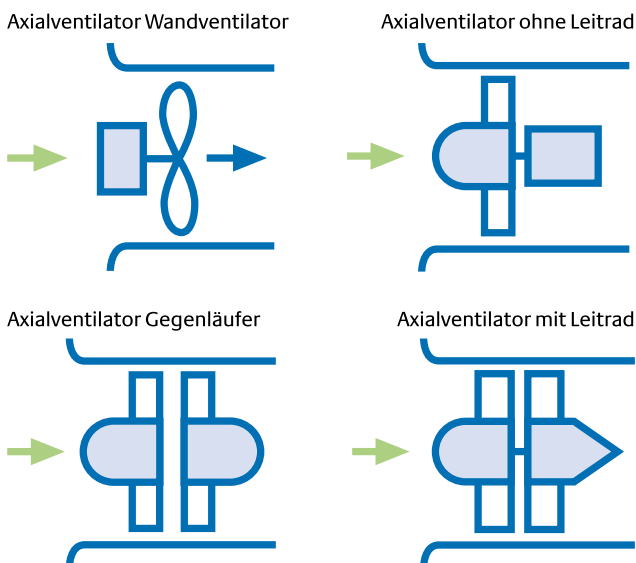
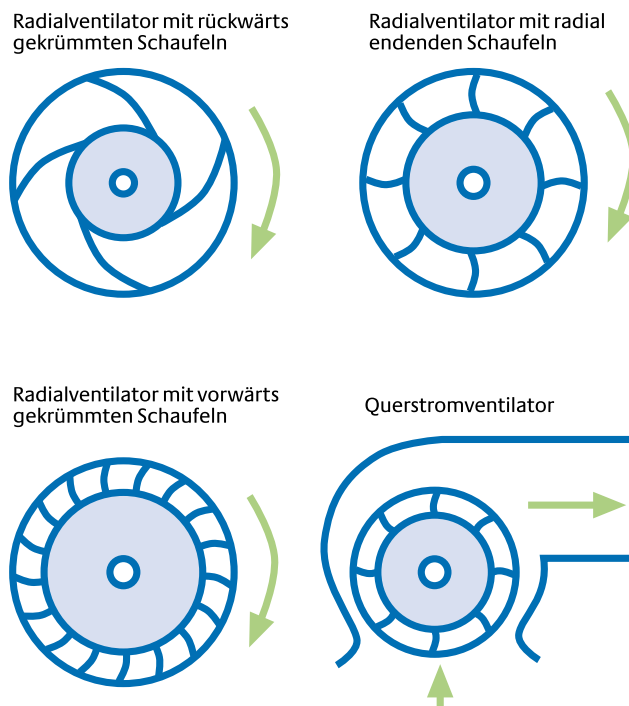


Abb. 1b: **Ventilatorbauformen:**

## Radial- und Querstromventilatoren



### Radialgebläse.

Radialgebläse saugen die Luft axial an und blasen sie radial aus. Je nach Umfangsgeschwindigkeit und Krümmung der Laufschaufeln ist der Austrittswinkel der Luft jedoch nicht streng radial sondern eher tangential.

Bei **vorwärts gekrümmten** Schaufeln spricht man von „Trommelläufern“. Diese haben etwa 38 bis 42 Schaufeln und erzielen nur mäßig gute Wirkungsgrade. Sie zeichnen sich vor allem durch einen geräuscharmen Lauf aus. Aufgrund ihres Betriebsverhaltens werden sie vor allem in Anlagen mit größeren Volumenstromschwankungen aber relativ konstantem Druckabfall eingesetzt.

„Hochleistungsventilatoren“ hingegen haben **rückwärts gekrümmte** Schaufeln und arbeiten bei höheren Drehzahlen. Dadurch haben sie zwar deutlich höhere Laufgeräusche aber auch bessere Wirkungsgrade als Trommelläufer. Die Schaufelzahlen liegen üblicherweise zwischen 6 und 16. Der Name „Hochleistungsventilator“ ist etwas irreführend, da diese Gebläse nicht zwingend höhere Luftleistungen als Trommelläufer erzielen. Er ist eher eine Referenz auf die höheren Wirkungsgrade, die natürlich umso wichtiger werden, je höher die zu erzeugende Leistung ist. Hochleistungsventilatoren werden bevorzugt bei Anlagen mit größeren Druckschwankungen, wie z. B. Filter- und Trocknungsanlagen eingesetzt und wenn mehrere Ventilatoren parallel geschaltet werden sollen.

Gebläse mit **radial endenden** Schaufeln werden oft in der Span- und Staubfördertechnik genutzt. Sie sind besonders verkrustungssicher. In der Raumlufttechnik finden sie so gut wie keine Anwendung.



### **Axialgebläse.**

Bei Axialgebläsen liegen sowohl der Lufteintritt als auch der Luftaustritt in Richtung der Rotationsachse. Bekannt ist die Bauform als Wand- oder Fensterlüfter oder ohne Gehäuse als Tischventilator. Größere Ausführungen können sehr effizient hohe Volumenströme bei geringen Druckdifferenzen bereitstellen. Sie kommen z. B. als Lüfter in Autotunneln zum Einsatz. Sehr effektiv ist auch eine gegenläufige Hintereinanderschaltung zweier Axialventilatoren, bei der der Gesamtwirkungsgrad sogar höher liegt als der der Einzelventilatoren. Weitere Vorteile sind der geringe Platzbedarf, die geringen Anschaffungskosten sowie der leichte Einbau und Austausch. Wenn das Druck/Volumenverhältnis auf

die Anwendung abgestimmt ist, sind effiziente Axialventilatoren oft die Gebläse mit den geringsten Lebenszykluskosten. Die Wirkungsgrade liegen größen- und bauartabhängig bei 40 bis 90 Prozent.

### **Querstromgebläse.**

Bei Querstromgebläsen liegen sowohl der Lufteintritt als auch der Luftaustritt quer zur Rotationsachse. Die Laufräder sind lange Walzen mit geringen Durchmessern. Querstromgebläse haben sehr schlechte Wirkungsgrade von ca. 60 Prozent. Aufgrund ihres geringen Wartungsbedarfs und ihrer Form werden sie bei dezentralen Lüftungstrühen, Klimageräten und für Türluftschleieranlagen eingesetzt.

## Auswahlkriterien und Kennlinien.

Die zentrale Auslegungsgröße für ein Gebläse ist der Volumenstrom. Dieser ergibt sich aus den Anforderungen der Anlage und sollte so genau wie möglich bestimmt werden. Stellt das Gebläse nicht ausreichend Luft bereit, kann die Anlage ihre Funktion nicht richtig erfüllen. Jeder Kubikmeter zuviel bedeutet wiederum unnötige Energiekosten. Die Devise sollte daher lauten: „So viel wie nötig, so wenig wie möglich“. Während ein kleiner Tischventilator üblicherweise einen Volumenstrom von unter 30 m<sup>3</sup>/h fördert, kann die Luftleistung einzelner Gebläse bei großen Industrieprojekten deutlich über 100.000 m<sup>3</sup>/h erreichen.

Abhängig vom Volumenstrom ergibt sich ein erforderlicher Differenzdruck zwischen Saug- und Druckseite. Dieser muss die Strömungswiderstände im Luftkanal überwinden und in manchen Fällen auch noch eine Druckdifferenz zwischen der Umgebung der Luftansaugung und dem Auslass. Dies kann bei Lüftern der Fall sein, wenn in dem entlüfteten Raum ein Unterdruck herrschen soll oder in einem mit Zuluft versorgten Raum ein Überdruck. Bei einer Entlüftung nach draußen müssen manchmal auch noch Windlasten überwunden werden. Der Gesamtdruck wird als Summe aus statischem und dynamischem Druck berechnet. Da der Luftstrom am Auslass in der Regel noch eine gewisse Geschwindigkeit und eine entsprechende „Wurfweite“ aufweisen soll, ist hierfür ein dynamischer Druck mit einzurechnen.

Der vom Hersteller angegebene Differenzdruck ist meistens auch vom Einbau und der Gehäusekonfiguration abhängig. Schon ein um wenige Grad verdrehter Ansaugstutzen kann zu anderen Werten führen. Bei der Auswahl des Gebläses müssen der Einbau und die angeschlossenen Bauteile mit dem Gebläsehersteller abgestimmt werden.

Je nach Förderdruck unterscheidet man zwischen Nieder-, Mittel- und Hochdruckventilatoren. Während kleine Lüfter oft nur 30 Pa aufbauen, arbeiten Gebläse in Hochdruckklimaanlagen mit über 2000 Pa (1 Pa = 1 Pascal = 0,01 mbar).

### **Kennlinien.**

Der vom Ventilator bereitgestellte Volumenstrom und der Druck sind keine fixen Größen. Jeder Ventilator hat verschiedene mögliche Betriebspunkte, also jeweils zusammengehörige Paare aus Druck und Volumenstrom. Zusammen ergeben sie die Ventilator-kennlinie. In ihr ist die Totaldruckerhöhung über dem Volumenstrom dargestellt. Auch der Rest der lufttechnischen Anlage um das Gebläse herum hat eine eigene, sogenannte Anlagenkennlinie. Für jede Anlagenkonfiguration (Ventilstellungen, Filterzustand, etc.) gibt es eine Kurve, die besagt, welche Druckdifferenz sich beim jeweiligen Volumenstrom einstellt. Der Betriebspunkt ergibt sich aus dem Schnittpunkt von Anlagen- und Ventilator-kennlinie.

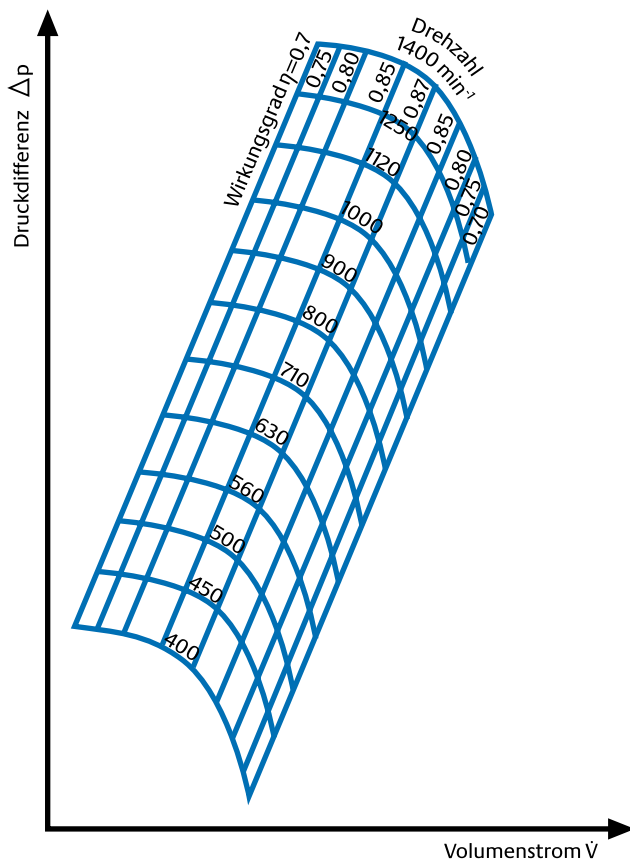
Axial- und Hochleistungsventilatoren haben steile Kennlinien. Das bedeutet, dass sich bei Druckschwankungen der Volumenstrom nur unwesentlich ändert. Dies ist vorteilhaft für einen stabilen Betrieb. Trommelläufer hingegen haben flache Kennlinien, was dazu führt, dass sich schon bei geringen Druckunterschieden der Volumenstrom merklich ändert. Dieses Verhalten lässt sich gut für eine Drosselregelung nutzen. Näheres dazu findet sich im Infoblatt „Regelungstechnik“. (Download im Internet unter [www.industrie-energieeffizienz.de](http://www.industrie-energieeffizienz.de) > Drucklufttechnik.)

Die flache Kennlinie bedeutet auch, dass der Betriebspunkt bei der Auslegung der Anlage sehr genau vorausbestimmt werden muss.

### Drehzahl und Umfangsgeschwindigkeit.

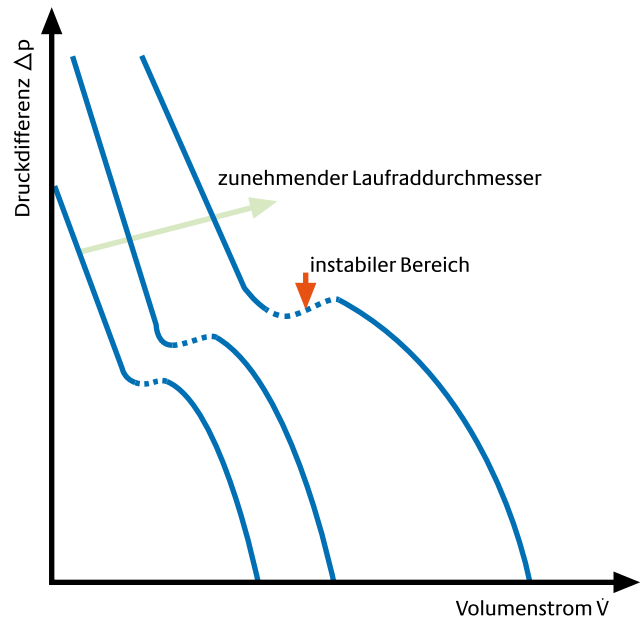
Eine Kennlinie gilt nur für eine bestimmte Drehzahl des Laufrades. Daher bilden die Hersteller oft nicht nur eine Kennlinie, sondern eine Schar von Kennlinien ab, die alle eine ähnliche Form haben. Dies kann zur Einstellung des gewünschten Betriebspunktes genutzt werden, z. B. mit Hilfe polumschaltbarer Motoren oder durch Anpassung des Riemenscheibendurchmessers bei Keil- bzw. Zahnriemenantrieb. Eine Drehzahländerung während des Betriebs wird zur Regelung genutzt.

Abb. 2: Kennlinien Radialventilator bei unterschiedlichen Drehzahlen (doppelt logarithmisch) mit Linien gleichen Wirkungsgrades



Die Umfangsgeschwindigkeit ist abhängig von der Drehzahl und dem Schaufelraddurchmesser. Mit steigender Umfangsgeschwindigkeit steigt auch der Schallpegel. So haben z. B. Hochleistungsventilatoren aufgrund höherer Drehzahlen eine stärkere Geräuschbildung als Trommelläufer. Axialventilatoren einer Baureihe werden üblicherweise auch mit unterschiedlichen Laufraddurchmessern angeboten.

Abb. 3: Kennlinien Axialventilator für unterschiedliche Laufraddurchmesser



### Wirkungsgrad.

Der Wirkungsgrad eines Ventilators ist keine konstante Größe, sondern vom Betriebspunkt abhängig. Im Ventilatorcharakteristikdiagramm sind Linien gleichen Wirkungsgrades eingezeichnet. Im doppelt-logarithmischen Diagramm ergeben sich hieraus Geraden. Der Bestpunkt, d. h. der Punkt mit dem besten Wirkungsgrad, liegt meist etwa auf der Mitte der Kennlinie. Bei der Auslegung des Ventilators sollte berücksichtigt werden, dass der Betriebspunkt oft variabel ist. Kurzfristig kann er sich durch tageszeitliche Einflüsse, Produktionsschwankungen, Wind und Wetter verändern. Mittelfristig können sich durch Saisoneinflüsse oder die Auslastung der Fertigung, langfristig durch zunehmende Filterwiderstände etc. Veränderungen ergeben. Es wäre in diesen Fällen ein Fehler, den Auslegungsbetriebspunkt (ungünstigste Verhältnisse und höchste Leistungsanforderung) auf den Punkt mit dem besten Wirkungsgrad zu legen. Besser sollte dort der Betriebspunkt für den häufigsten Betriebsfall liegen. Am günstigsten ist es, anhand des erwarteten Lastgangs eine Optimierung vorzunehmen und die Kennlinie zu wählen, bei der die Jahresenergiekosten am geringsten sind. Dafür können sowohl Ventilatorart und -größe als auch die Drehzahl variiert werden.

# Antriebstechnik.

## **Kraftübertragung:**

Die an der Ventilatorwelle geforderte Leistung kann entweder direkt vom Motor übertragen werden oder indirekt mit einer Drehzahlübersetzung. Für die direkte Übertragung kommen starre oder flexible Kupplungen in Frage. Letztere haben den Vorteil, einen leichten Wellenversatz ausgleichen und auch in gewissem Maße Drehmomentstöße und Schwingungen abfedern zu können. Die Drehzahl kann durch den Einsatz von Keil- oder Zahnriementrieben oder auch von Zahnradgetrieben angepasst werden.

Bei der Kraftübertragung geht ein Teil der Energie verloren. Während dieser Teil bei der direkten Kupplung sehr gering ist, können die Verluste bei Keilriemenantrieben bis zu zwanzig Prozent der Ventilatorleistung ausmachen. Bei der Dimensionierung des Motors muss der Leistungsbedarf der Kraftübertragung (meist wird vom „Antrieb“ gesprochen) mit berücksichtigt werden. Da die Antriebsverluste selten genau vorherbestimmt werden können, werden in der Praxis oft prozentuale Leistungszuschläge angesetzt, die von der Art des Antriebs und der Wellenleistung abhängen. Diese Zuschläge beinhalten auch schon Leistungsreserven für Lastschwankungen in einer üblichen Größenordnung.

Im Interesse geringer Lebenszykluskosten sollten die Antriebsverluste minimiert werden. Eine sachgemäße Wartung, wie z. B. das Nachspannen und rechtzeitige Austauschen von Riemen und falls nötig auch das Schmieren von Getrieben, reduziert nicht nur die Energiekosten, sondern oft auch die Ausfallwahrscheinlichkeit.

Wird auf die Drehzahlanpassung verzichtet, kann zwar der Antriebswirkungsgrad erhöht werden. Dies ist jedoch nicht sinnvoll, wenn die Verschiebung des Betriebspunktes zu einer Verschlechterung des Ventilatorwirkungsgrades führt. Wenn dann noch mehr Luftleistung bereitgestellt wird als eigentlich nötig, würde dies erst recht zu unnötig hohen Energiekosten führen. Es sollte aber die Möglichkeit geprüft werden, ob ein Ventilator eingesetzt werden kann, dessen Kennlinie ohne Drehzahlübersetzung den

Lastanforderungen entspricht. Die Option, die Motordrehzahl durch eine entsprechende Polung in gewissen Stufen anzupassen, sollte dabei mit in die Überlegung einbezogen werden. Insbesondere bei stark schwankendem Leistungsbedarf sollte eine elektronische Drehzahlregelung erwogen werden. Dieses Thema wird im Infoblatt „Regelungstechnik“ vertieft.

## **Motoren.**

In lufttechnischen Anlagen gibt es eine Vielzahl verschiedener Motorarten, abhängig von den Gebläsetypen, Leistungsklassen, Umgebungsbedingungen, Laufzeiten etc. Für kleinere Leistungen werden meist Außenläufer- und Käfigläufer-Asynchronmotoren eingesetzt, für mittlere Leistungen polumschaltbare Drehstrommotoren und für große Leistungen Drehstrom-Nebenschlussmotoren. Bei Nebenschlussmotoren wird mit Kohlebürsten ein Kontakt vom Läufer zum Stator geschlossen. Dieser unterliegt einem hohen Verschleiß, weshalb die Wartungskosten solcher Motoren für kleine und mittlere Leistungsklassen zu hoch sind. Für große Leistungen werden die Instandhaltungskosten in Kauf genommen, da Nebenschlussmotoren sehr energieeffizient und sehr gut regelbar sind. Eine Option für kleinere Leistungen sind elektronisch kommutierte (EC-)Motoren, die ebenfalls sehr hohe Wirkungsgrade und eine gute Regelbarkeit besitzen. Weitere Hinweise zur Funktionsweise verschiedener Motortypen finden sich im Infoblatt „Motoren für Pumpenantriebe“ der *Initiative EnergieEffizienz*, im Internet unter [www.industrie-energieeffizienz.de](http://www.industrie-energieeffizienz.de) > Service/Publikationen.

## **Fazit:**

Ventilatoren gibt es in verschiedenen Bauarten für verschiedene Anwendungen. Eine generelle Empfehlung für eine zu bevorzugende Art ist nicht möglich. Bei der Auswahl muss auf den Wirkungsgrad, die Regelbarkeit, stabiles Verhalten im Betriebsbereich und die Geräuschentwicklung geachtet werden. Bei Motoren und Antrieben ist es wichtig, Komponenten mit einem hohen Wirkungsgrad einzusetzen.

## Tipps:

- Überprüfen Sie die Wirkungsgrade der von Ihnen eingesetzten bzw. der in Frage kommenden Ventilatoren bei verschiedenen Betriebspunkten.
- Solange keine betriebstechnischen oder schallschutzbedingten Gründe dagegen sprechen, sollten Sie Ventilatoren mit hohen Drehzahlen verwenden.
- Achten Sie bei der Auswahl des Motors auf eine möglichst gute Effizienzklasse. Eine Orientierung bietet das CEMEP-Gütesiegel. Motoren mit dem Label eff 1 sind die effizientesten innerhalb dieser Klassifizierung.
- Ersetzen Sie ineffiziente Antriebe, z. B. Keilriemen durch effizientere, wie z. B. Flachriemen oder besser noch eine direkte Kraftübertragung.
- Warten Sie Ihre Antriebe regelmäßig, prüfen Sie die Riemenspannung und ersetzen Sie verschlissene Riemen rechtzeitig.

# Die Angebote der Initiative EnergieEffizienz.

Ohne lufttechnische Anlagen kommt in den Sektoren Industrie und Gewerbe kaum ein Unternehmen aus. Die Lufttechnik ist ein fester Bestandteil moderner Fertigungsstätten. Dabei bestehen in diesem Bereich erhebliche Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz: meist können in den Betrieben der Stromverbrauch – und damit die Kosten – um 5 bis 50 Prozent gesenkt werden. Die meisten Effizienzmaßnahmen sind mit Amortisationszeiten von weniger als zwei Jahren und hohen Kapitalrenditen von über 20 Prozent wirtschaftlich sehr attraktiv für die Unternehmen. Die *Initiative EnergieEffizienz* will mit diesen Faktenblättern einen Beitrag zur Erschließung dieser Potenziale leisten.

Neben der Lufttechnik bestehen auch in weiteren Bereichen oft große Effizienzpotenziale in Industrie- und Gewerbebetrieben aller Branchen. Daher bietet die *Initiative EnergieEffizienz* über das Thema Lufttechnik hinaus auch in weiteren Bereichen umfassende Informationen und praxisnahe Unterstützung für Unternehmen, die Strom effizienter nutzen und Kosten einsparen möchten. Näheres zu diesen Angeboten finden Sie im Internetportal [www.industrie-energieeffizienz.de](http://www.industrie-energieeffizienz.de).

Die *Initiative EnergieEffizienz* steht für effiziente Stromnutzung in allen Verbrauchssektoren und ist eine in dieser Form einmalige Public-Private-Partnership: Mit zielgruppenspezifischen Kampagnen und Projekten werden Endverbraucher in privaten Haushalten, in Industrie und Gewerbe sowie im Dienstleistungssektor über die Möglichkeiten des effizienten Stromeinsatzes informiert und zum energieeffizienten Handeln motiviert.

Näheres zu den Angeboten in diesen Sektoren finden Sie unter [www.initiative-energieeffizienz.de](http://www.initiative-energieeffizienz.de).

Die *Initiative EnergieEffizienz* wird getragen von der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) sowie den Unternehmen der Energiewirtschaft – EnBW Energie Baden-Württemberg AG, E.ON AG, RWE AG und Vattenfall Europe AG und wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Eine Initiative von



Gefördert durch das



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

## Motor Challenge Programme



### Motor Challenge Programme

Das „*Motor Challenge Programme*“ (MCP) ist ein Projekt der Europäischen Kommission mit dem Ziel, Industrieunternehmen zu motivieren, den energetischen Wirkungsgrad ihrer elektromotorisch betriebenen Systeme zu verbessern und so dem durch Treibhausgasemissionen verursachten Klimawandel entgegenzuwirken. Lufttechnische Anlagen stellen wegen ihrer weiten Verbreitung einen Schwerpunktbereich des MCP dar.

Am „*Motor Challenge Programme*“ kann jedes Unternehmen – unabhängig von der Branchenzugehörigkeit – teilnehmen, das im Einklang mit den Zielen des MCP die Energieeffizienz seiner elektromotorischen Anwendungen steigern und damit Verbrauch und Kosten senken will. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) ist nationale Kontaktstelle für dieses Programm. Wenn Sie als Partner oder Unterstützer daran teilnehmen möchten, nehmen Sie bitte Kontakt zu uns auf. Nähere Informationen zum MCP finden Sie auf unserer Internetseite unter: [www.industrie-energieeffizienz.de/motorchallenge](http://www.industrie-energieeffizienz.de/motorchallenge).

**Impressum:**  
Informationsblätter  
Lufttechnik

**Herausgeber:**  
Deutsche Energie-Agentur  
GmbH (dena)  
Energieeffizienz im  
Elektrizitätsbereich  
Chausseestraße 128a, 10115 Berlin

**Kontakt:**  
Tel.: +49 (0) 30 - 72 61 65 - 600  
Tel.: +49 (0) 30 - 72 61 65 - 699  
E-Mail: [info@dena.de](mailto:info@dena.de)

**Internet:**  
[www.industrie-energieeffizienz.de](http://www.industrie-energieeffizienz.de)  
[www.dena.de](http://www.dena.de)