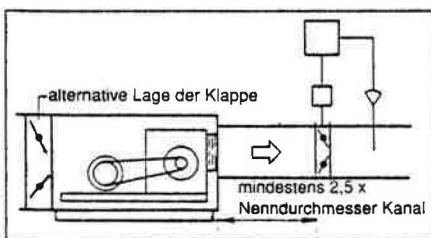


VOLUMENSTROMREGELUNG VON VENTILATOREN

Drosselregelung

Die Veränderung des Volumenstroms durch Verstellen einer Drosselklappe in der Anlage ist immer noch die in der Praxis am meisten angewandte Regelungsmethode. Sie ist jedoch vom Energieaufwand sehr ungünstig. Im Bild 1 ist das Prinzipschema einer Drosselregelung dargestellt. Der Fühler 1 mißt die Regelgröße, z. B. Volumenstrom oder Druck. Der gemessene Wert wird im Regler 2 mit einem voreingestellten Wert (Sollwert) verglichen, der entweder konstant oder variabel ist. Eine Abweichung vom Sollwert führt zu einem Signal an den Klappenstellmotor. Die Einstellung der Drosselklappe wird dann solange geändert, bis die Regelgröße mit dem Sollwert übereinstimmt.

Im Bild 2 ist eine Ventilator-Kennlinie mit Drosselregelung dargestellt. Der Arbeitspunkt des Ventilators verschiebt sich bei der Drosselung entlang der sogenannten Drosselkurve (Ventilator-Kennlinie). Mit dem Schließen der Drosselklappe verändert sich praktisch die Anlagenkennlinie von B_1 zu B_2 zu B_3 bis zu B_4 . Die aufgenommene Leistung PL (Leistungsbedarf) sinkt von B_1 auf B_4 . Bei großen Volumenströmen und hohen Drücken kann es zu großen Drosselverlusten und einer Wirkungsgradverschlechterung des Ventilators kommen. Die Drosselregelung wird daher im Hinblick auf



Oben Bild 1: Prinzipschema einer Drosselregelung

Rechts Bild 2: Ventilator-Kennlinie bei Drosselregelung

Ganz rechts Bild 3: Prinzipschema einer Drallregelung

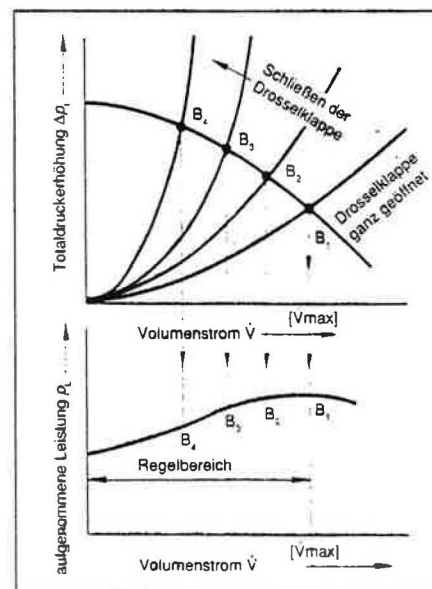
Dipl.-Ing. Herbert Mürmann.
4800 Bielefeld

In lufttechnischen Anlagen-systemen muß in vielen Fällen der Praxis der Volumenstrom eines Ventilators unterschiedlichen Betriebsverhältnissen der Anlage angepaßt werden, z. B. in Form von Zweistufenbetrieb mit Nachtabsenkung oder durch stufenlose Regelung in Systemen mit variablem Volumenstrom.

Dazu stehen im wesentlichen drei Möglichkeiten zur Verfügung, die in folgenden Ausführungen behandelt werden sollen: Drosselregelung, Drallregelung und Drehzahlregelung.



den Energieverbrauch normalerweise für kleinere Volumenströme empfohlen. Sie eignet sich unter anderem auch für Laufräder mit vorwärts gekrümmten Schaufeln, da der Leistungsbedarf bei abnehmendem Volumenstrom schnell sinkt.



Drallregelung

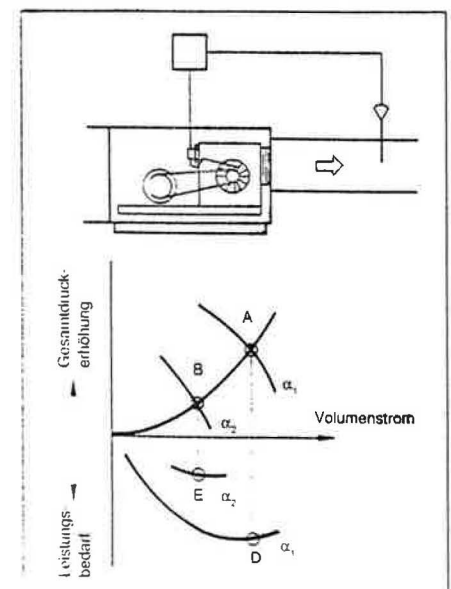
Der Drallregler ist ein Eintritts-Leitapparat mit verstellbaren Schaufeln. Er erzeugt eine Drallströmung am Laufradeintritt und ermöglicht die Änderung der Eintrittsgeschwindigkeit in das Laufrad.

Der Drallregler ist nur für Hochleistungsventilatoren geeignet. Bei Trommelläufern würde der Drall die dreidimensionale Strömung im Laufrad und die Sekundärströmung nach dem Laufrad zu stark beeinflussen, was hohe Wirkungsgradverluste bedeutet.

Als unterschiedliche Bauart sind Drallregler für axiale oder radiale Durchströmung auf dem Markt. Drallregler für axiale Durchströmung sind vor allem für saugseitigen Kanalanschluß geeignet. Sie befinden sich vor der Einströmdüse in einem Kanalstück und verbreitern demzufolge den Ventilator. Befindet sich so ein Drallregler frei ansaugend in einem Ventilatorkasten, dann ist ein entsprechend großer Abstand zur Kastenwand erforderlich, oder die Strömung wird behindert.

Drallregler für radiale Durchströmung eignen sich vor allem für freies Ansaugen. Sie erfordern weniger Platz in axialer Richtung, können aber nur auf umständliche Weise für Kanalanschluß verwendet werden.

Im Bild 3 ist das Prinzip einer Drallregelung zu sehen. Der Drallregler wird über Fühler, Regler und dem



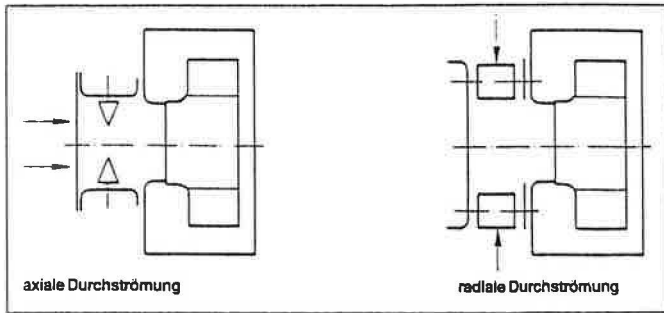


Bild 4: Bauarten von Drallreglern

Stellgerät von einer Regelgröße, z. B. Volumenstrom oder Druck, aus geregelt. Beim Herabregeln versetzen die Schaufeln der Drallregler die einströmende Luft in Rotation. Das Laufwerk überträgt daher weniger Energie an die Luft, so daß die Druck- und Leistungskennlinien des Ventilators sinken. Für jede Stellung der Leitschaufeln ergibt sich eine neue Ventilator-Kennlinie, die unter der Kennlinie bei völlig geöffnetem Drallregler liegt (s. auch Bild 5). Um den Volumenstrom von A nach D (s. Bild 3) zu reduzieren, wird der Schaufelwinkel der Drallregler von α_1 auf α_2 geändert. Der Leistungsbedarf sinkt nun von D auf E.

In dem Diagramm im Bild 3 sind die Ventilator-Kennlinien bei Drallregelung, abhängig vom Schaufelwinkel, eingetragen. Volumenstrom, Gesamtdruck und Antriebsleistung sind dimensionlos in Prozent angegeben, damit die Kennlinien für alle Baugrößen und Drehzahlen angewendet werden können. Das eingezeichnete Beispiel zeigt die Leistungseinsparung bei Drallregelung gegenüber einer Drosselregelung.

Der Ventilator arbeitet im Punkt 1, und durch stufenlose Regelung soll der Volumenstrom um ca. 45% reduziert werden. Bei Drallregelung stellt sich der Betriebsdruck 3 ein, bei dem eine Antriebsleistung von 50,5% notwendig ist. Bei Drosselregelung muß der Anlagenwiderstand soweit erhöht werden, bis sich Punkt 2 einstellt. Die Antriebsleistung beträgt hier 67,8%. Die Antriebsleistung liegt danach bei der Drallregelung um

$$1 - \left[\frac{50,5}{67,8} \right] \cdot 100 = 25,2\%$$

niedriger. Messungen haben gezeigt, daß zwischen den Ventilator-Kennlinien ohne Drallregler und mit eingebautem, völlig geöffnetem Drallregler ein derart geringer Unterschied besteht, daß er in der Praxis vernachlässigt werden kann, im allgemeinen 2-3%.

Bild 5: Drallregler - Kennfeld

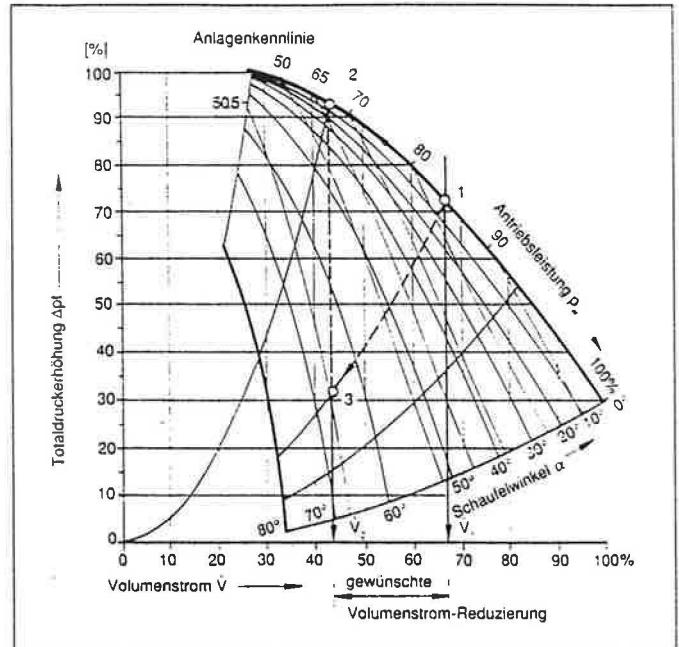


Bild 5: Drallregler - Kennfeld

Der wirtschaftliche Einsatz eines Drallreglers liegt deshalb zwischen 60 und 100% des Nennvolumenstromes, bei konstanter Drehzahl. Eine weitere Volumenstromabsenkung ist möglich, wenn die Ventilator-drehzahl über einen polumschaltbaren Motor nochmals herabgesetzt wird. In der hohen Drehzahl regelt der Drallregler den Volumenstrom, z. B. nach Bild 3 von A nach B. Bei B wird die niedrige Drehzahl eingeschaltet, und Leitschaufeln werden wieder ganz geöffnet. Danach erfolgt die Regelung weiter abwärts mit dem Drallregler.

Drallregelung mit polumschaltbarem Motor

Bei Drallregelung in Verbindung mit polumschaltbarem Motor mit zwei Drehzahlen oder zwei Motoren wird der Ventilator zwischen A und B auf der hohen Drehzahl geregelt. Bei B wird die niedrige Drehzahl eingeschaltet, und die Leitschaufeln werden ganz geöffnet. Danach erfolgt die Regelung entlang von B - C. Dies ist ein äußerst energiesparendes Regelverfahren, das auf einfache Weise mit Standardregelteilen automatisch gesteuert werden kann.

Drehzahlregelung

Die Drehzahlregelung von Ventilatoren ist die technisch beste Art, ein Anlagensystem unterschiedlichen Betriebsbedingungen anzupassen.

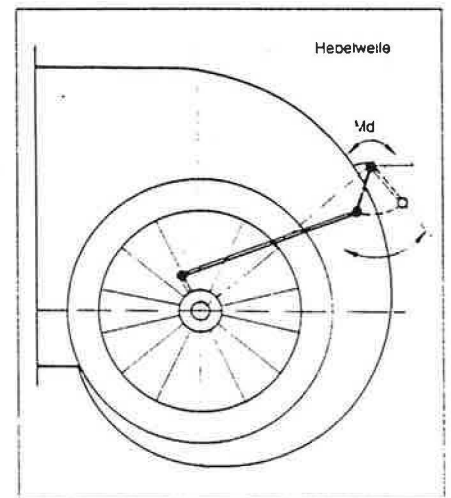


Bild 6: Anbringung des Stellmotors zur Regelung des Drallreglers mit axialer Durchströmung

Bei Drehzahländerung ist es wichtig zu wissen, daß sich die technischen Daten (Volumenstrom, statischer, dynamischer und Gesamtdruck, sowie der Leistungsbedarf) des Ventilators bei unverändertem Anlagensystem nach folgenden Proportionalitätsgesetzen ändern:

1. Der Volumenstrom V mit der ersten Potenz der Drehzahl n

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

2. der statische, dynamische und Gesamtdruck (als Druckunterschiede) mit der zweiten Potenz der Drehzahl

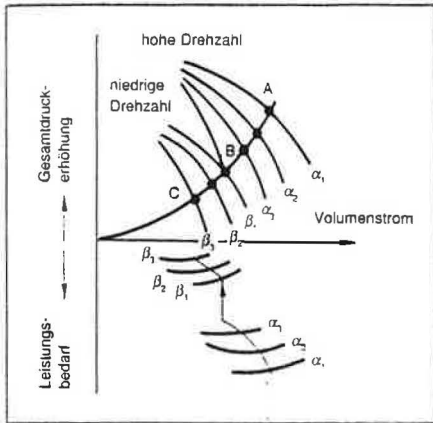
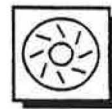


Bild 7: Drallregelung mit polumschaltbarem Motor für zwei Drehzahlen

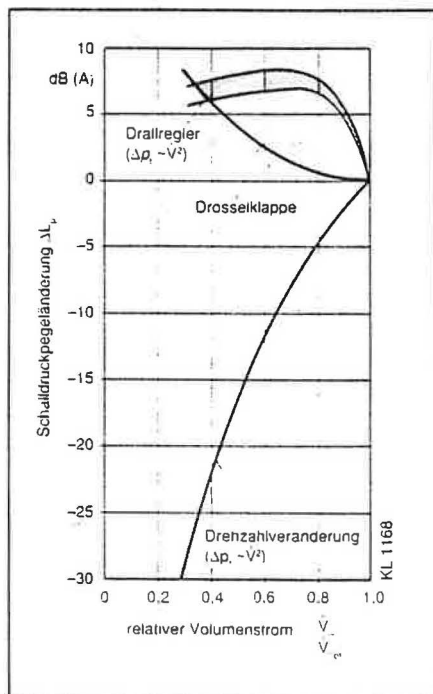


Bild 8: Änderung des Schalldruckpegels bei verschiedenen Regelarten

$$\frac{p_1}{p_2} = \left[\frac{n_1}{n_2} \right]^2$$

3. der Leistungsbedarf P_w mit der dritten Potenz der Drehzahl

$$\frac{P_{w1}}{P_{w2}} = \left[\frac{n_1}{n_2} \right]^3$$

Die Energieersparnis der Drehzahlregelung ist unverkennbar, da der Leistungsbedarf bei Herabsetzung der Drehzahl mit der dritten Potenz der Drehzahl abnimmt.

Einen wesentlichen Vorteil der Drehzahlregelung stellt die Abnahme der Schallintensität dar. Bei Ver-

minderung der Drehzahl werden die Ventilatoren wesentlich leiser (s. Bild 8).

An Möglichkeiten der Drehzahlregelung soll hier aufgeführt werden Drehzahländerung durch:

- Regelgetriebe.
- polumschaltbare Motoren.
- Gleichstrommotoren.
- Drehstromkommutatormotoren.
- Schleifringläufermotoren.
- elektronisch geregelte Drehstrommotoren.

Regelgetriebe

Bei der Verwendung eines Regelgetriebes wird der Ventilator vom Antriebsmotor über ein Regelgetriebe angetrieben. Die Verstellung der Drehzahl kann manuell oder durch Stellantrieb erfolgen.

Das in Bild 9 eingesetzte Regelgetriebe ist ein stufenlos verstellbares Keilriemengetriebe mit einem asymmetrisch profilierten Keilriemen. Es lassen sich mit so einem Regelgetriebe Leistungen bis 110 kW übertragen und Übersetzungen bis max. 1 : 9.

Das Regelgetriebe besteht aus einer über Kettenrad und Kette verstellbaren Antriebsscheibe, einem asymmetrischen Keilriemen sowie der Antriebscheibe mit einer drehmomentabhängigen Anpreßvorrichtung. Über die Kette wird durch einen elektronischen Stellantrieb die benötigte Antriebsdrehzahl für den Ventilator durch Veränderung des Abstandes der Kegelscheiben eingestellt.

Die Antriebsscheibe macht die Veränderung des Kegelscheibenabstandes in umgekehrter Weise wie die Antriebscheibe mit. Eine mechanische Begrenzung sichert den Keilriementrieb vor Zerstörung.

In Bild 9 ist im Schema der Einsatz von zwei stufenlos verstellbaren Keilriemengetrieben an einem Kombiklimagerät für eine Klimaanlage mit variablem Luftvolumenstrom (VVS-Anlage) gezeigt. In VVS-Anlagen sind die Zuluftströme für die einzelnen Räume oder Zonen variabel. Die Temperatur der Zuluft ist, entsprechend einer einheitlichen Grundlast für alle Zonen, konstant. Durch Fühler oder Thermostate, in Verbindung mit geeigneten Volumenstromreglern, werden die einzelnen Räume bedarfsabhängig nachgeregelt. Zusätzliche Grundlasten für einzelne Räume können durch Nacherhitzer oder statische Heizflächen gedeckt werden. Wichtig ist die Regelung von Zu- und Abluft, da sonst eine einwandfreie Funktion nicht gewährleistet werden kann. Die Steuerung der variablen Volumenströme erfolgt meist über Druckfühler im Zuluftkanal, die über geeignete Regler den Volumenstrom des Ventilators variieren.

Polumschaltbare Drehstrommotoren

Polumschaltbare Drehstrommotoren werden mit zwei oder drei Drehzahlen geliefert. Entsprechend können lufttechnische Anlagen proportional zur Drehzahl mit zwei oder drei Volumenströmen betrieben werden.

Drehzahlregelbare Elektromotoren

Als drehzahlregelbare Elektromotoren sind bekannt:

- Schleifringläufermotor.
- Drehstromkommutatormotor.
- Gleichstrommotor und
- elektronisch geregelter Drehstrommotor.

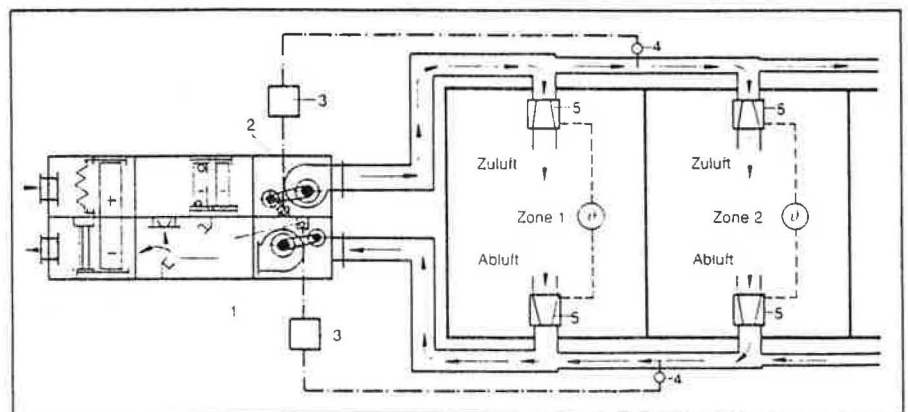


Bild 9: Schema einer stufenlosen Drehzahlregelung für eine Klimaanlage mit variablem Volumenstrom



Während die Drehzahländerung durch Gleichstrommotor, Drehstromkommutatormotor oder Schleifringläufermotor eine der herkömmlichen Möglichkeiten darstellt, ist die elektronische Regelung von Drehstromkurzschlußläufermotoren aufgrund der rasanten Entwicklung auf dem Gebiet der Leistungselektronik möglich geworden.

Ein besonderer Vorteil der elektronisch geregelten Drehstrommotoren ist, daß sie als Kurzschlußläufer praktisch wartungsfrei sind. An Gleichstrommotoren, Drehstromkommutatormotoren oder Schleifringmotoren ist eine regelmäßige Wartung der Verschleißteile (Bürsten, Kommutatoren, Schleifringe) notwendig.

Zur Regelung drehzahlveränderbarer Antriebe werden zwei unterschiedliche Methoden angewandt:

- Frequenzregelung.
- Spannungsregelung.

Die Auswahlkriterien, nach denen die Frequenzregelung bzw. die Spannungsregelung vorteilhafter oder technisch sinnvoller eingesetzt wird, hängen im wesentlichen von Drehmomenten- bzw. Leistungsverlauf der anzutreibenden Maschine ab. Bei Antrieben mit konstantem Drehmoment, bei denen auch im niedrigen Drehzahlbereich Dauerbetrieb vorliegt, z. B. bei Werkzeugmaschinen, Textilmaschinen, Walzwerkantrieben oder schnelllaufenden Spindelantrieben mit Drehzahl über 3000/min., ist die Frequenzregelung vorzusehen.

Bei der Drehzahlregelung von Ventilatoren verändert sich deren Leistungsaufnahme proportional zur 3. Potenz der Drehzahl (s. vorherige Ausführung). Hier ist der Einsatz der Spannungsregelung hervorragend geeignet. Durch den modularen Aufbau kann das Spannungsregelungssystem zur Lösung der verschiedensten Probleme eingesetzt werden. Typische Anwendungen sind:

- variables Volumenstromsystem (VVS),
- Regelung auf konstantem Druck,
- Regelung auf konstantem Volumenstrom,
- Folgeregelung zweier Ventilatorantriebe,
- Regelung auf konstante Luftfeuchtigkeit,
- Regelung auf konstante Temperatur, vorprogrammierte Drehzahl.

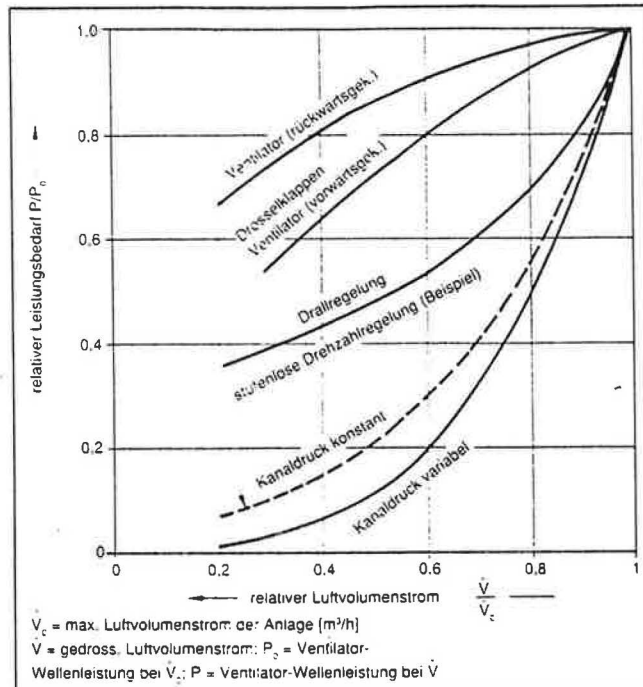


Bild 10: Energieeinsparung bei Drosselregelung, Drallregelung und Drehzahlregelung

Systembeschreibung

Das Spannungs-Drehzahl-Regelsystem für Asynchron-Käfigläufermotoren zum Antrieb von Ventilatoren besteht aus dem Antriebsmotor, der Regeleinheit und ggf. dem Meßwertnehmer für die Führungsgröße im überlagerten Regelkreis. Der Antriebsmotor ist ein Spezial-Kurzschlußläufermotor für Spannungsregelung. Serienmäßig angebaut sind Tachogenerator und ab 4 kW eine einphasige Fremdbelüftung sowie thermischer Schutz durch serienmäßig eingebaute Temperaturfühler. Der Regler einschließlich der gesamten Steuer- und Überwachungselektronik ist in einem Schaltschrank eingebaut und anschlussfertig verdrahtet. Motor und Regeleinheit werden ohne weiteren Aufwand gemäß einem Leistungsverzeichnis verbunden. Der überlagerte Regelverstärker bildet, unabhängig vom Ist-Wert-Signal des Meßwertnehmers und der Soll-Wert-Vorgabe, die Führungsgröße für den unterlagerten Regelkreis. Diese steht als Ausgangssignal in Form einer stabilen Spannung (0 bis 10 V) zur Verfügung.

Vorteile der Drehzahlregelung

Als wesentliche Vorteile der Drehzahlregelung können zusammengefaßt werden:

- Energieeinsparung (s. Bild 10).
- verringerter Geräuschpegel (s. Bild A-8).

- einfachste Regelung der Prozeßparameter Volumenstrom, Druck, Differenzdruck, Temperatur oder Luftfeuchte,
- hohe Regelgenauigkeit,
- Sanftanlauf mit niedrigem Anlaufstrom und verringerter Keilriemenabnutzung,
- programmierbare Folgeregelung von Zu- und Abluft-Ventilatoren.