



INITIATIVE
EnergieEffizienz⁺
Industrie & Gewerbe

Infoblätter Lufttechnik: Erfassung, Aufbereitung und Verteilung.

Der Weg der Luft + Einstellung von Temperatur
und Feuchte + Entfernung von Schadstoffen.

Dieses Infoblatt bezieht sich auf lufttechnische Anlagen, deren Ziel es ist, eine an die Arbeitsumgebung angepasste Raumatmosphäre herzustellen. Dazu gehört z. B. die Einhaltung von Grenzwerten für Schadstoffbelastung, Temperatur und Feuchtigkeit.

Der Weg der Luft.

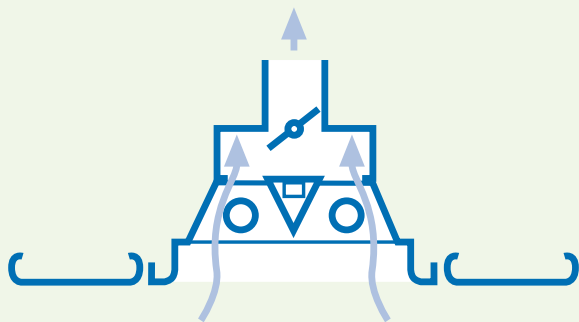
Zur Entfernung von Schadstoffen, Wärmelasten und Feuchtigkeit gibt es prinzipiell drei Möglichkeiten:

1. Absaugung von hoch belasteter Luft in unmittelbarer Nähe der Schadstoff-, Wärme- oder Feuchtigkeitsquelle.
2. Abzug von Raumluft bei gleichzeitiger Zufuhr frischer oder aufbereiteter Luft.
3. Entfernung der Lasten ohne raumübergreifenden Lufttransport durch Kühlwände, lokale Entfeuchter oder Auswaschen der Schadstoffe.

Nur die ersten beiden Möglichkeiten sind klassische lufttechnische Lösungen und werden hier weiter behandelt. Die ortsnahe Erfassung ist in den überwiegenden Fällen einer pauschalen Entlüftung vorzuziehen, weil hier die abzuführenden Luftmengen deutlich geringer sind, als beim Abzug verdünnter Raumluft. Entsprechend ist auch der Energieaufwand für Lufttransport und Luftaufbereitung viel geringer. Oft lässt sich durch eine Kombination der beiden Ansätze eine hohe Energieeffizienz bei hoher Flexibilität und guter Regelbarkeit der Anlage erzielen.

Abb. 1: Klimaleuchte

Rasterleuchten mit integriertem Abluftanschluss erfassen die Leuchtenwärme direkt an der Entstehungsstelle. Dadurch wird die Klimaanlage entlastet und gleichzeitig die Lichtausbeute der Leuchte erhöht.



Anlagen, die lediglich dem pneumatischen Transport von Gütern oder der Zuführung von Luft zu Produktions- und Verbrennungsprozessen dienen, sind nicht Gegenstand dieser Betrachtungen. Einige der im Abschnitt „Aufbereitung“ besprochenen Verfahren können jedoch auch auf solche Anlagen übertragen werden.

Luftdurchlässe.

Luftdurchlässe sind Öffnungen durch die die Luft dem Raum zu- oder aus diesem abgeführt wird. Sie werden aus verzinktem Stahlblech, eloxiertem Aluminium, Edelstahl oder aus Kunststoffen hergestellt.

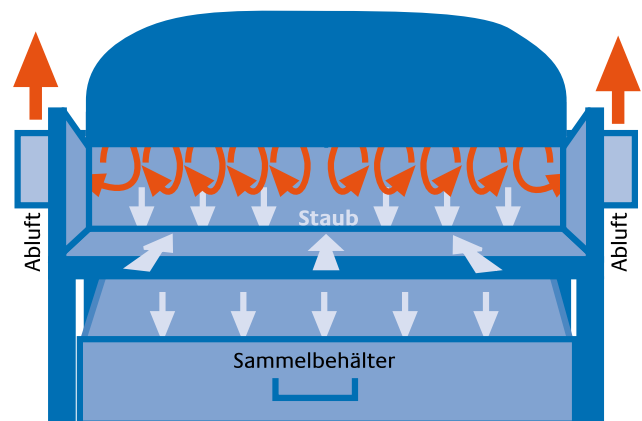
Neben der räumlichen Lage (Wand-, Decken- oder Fußbodendurchlass) unterscheidet man nach der Form des Durchlasses:

- Punktdurchlässe, wie z. B. Zu- und Abluftgitter, Deckenluftverteiler, Düsen- und Drallauslässe, Abzughauben.
- Lineardurchlässe, wie z. B. Schlitzauslässe und Klimaleuchten.
- Flächendurchlässe, wie z. B. Lochdecken und Wandflächen.
- Sonderformen zur zielgerichteten Luftzufuhr und Ablufferfassung an Arbeitsplätzen.

Bei der Raumklimatisierung sollten Abzüge und insbesondere Luftzufuhren so konstruiert sein, dass Wärme- und Kältelasten möglichst zugfrei in den Raum gebracht werden. Dies wird durch großflächige Luftdurchlässe mit geringen Druckdifferenzen und Volumenströmen bewerkstelligt. Bei der Erfassung von Schadstoffen hingegen sollen durch eine entsprechende Strömungsführung ein stärkerer lokaler Unterdruck und eine ausgeprägte Luftströmung erzeugt werden, damit möglichst wenig belastete Luft entweichen kann.

Abb. 2: Arbeitstisch mit Wirbelhaube

Bei diesem Arbeitstisch wird durch einen Luftwirbel ein lokaler Unterdruck erzeugt, der den am Tisch anfallenden Staub einsaugt.





Luftkanäle.

Die verschiedenen Luftströme müssen durch ein Kanalnetz zwischen Räumen, Aufbereitung und Umgebung hin und her geführt werden. Dafür werden Kanäle und Rohrleitungen verschiedener Bauarten genutzt, vor allem:

- Rechteckkanäle
- Blechrohre und Wickelfalzhohre
- Flexible Rohre und Schläuche

Die optimale Auslegung dieses Kanalnetzes erfordert ein gutes Fachwissen und eine gründliche Planung. Die Wahl der Kanalquerschnittsfläche und –form hat einen erheblichen Einfluss auf den Energiebedarf für den Transport. Ebenso wichtig sind eine möglichst drallfreie und geradlinige Strömungsführung und gerade Anschlüsse an den Ventilator. Eine optimale Ausführung des Kanalnetzes ist oft nicht möglich, wenn dieses an bauliche Gegebenheiten angepasst werden muss. Eine integrierte Planung von Lüftungstechnik und anderen Gewerken trägt daher dazu bei, später Betriebskosten zu sparen.

Luftkanäle unterliegen besonderen brandschutzrechtlichen Anforderungen. Insbesondere Leitungen, die durch mehrere Brandabschnitte führen, müssen je nach Landesbauordnungen bestimmten Feuerwiderstandsklassen entsprechen. Dafür müssen Stahlblechkanäle z. B. mit einer zweilagigen, fugenversetzten Dämmschicht aus Mineralfasermatten verkleidet werden. Waagerechte Leitungen dürfen nur an Stahlbetonbalken und –decken befestigt werden. Auch die Befestigungen müssen bestimmten Anforderungen entsprechen. Mehr Informationen zum Thema Brandschutz finden Sie im Infoblatt „Sicherheit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit“. (Download im Internet unter www.industrie-energieeffizienz.de > Service/Publikationen.)

Luftführung im Raum.

Es gibt verschiedene Arten der Luftführung:

1. **Mischlüftung** auch Verdünnungs-, Strahl- oder Induktionslüftung genannt:
Luft wird punktuell eingeblasen und vermischt sich mit der Raumluft. Je nach Ausblasgeschwindigkeit und Temperaturdifferenz dringt der Luftstrahl unterschiedlich tief in den Raum ein („Wurfweite“).

2. Verdrängungslüftung:

Die einströmende Luft verdrängt die Raumluft möglichst vollständig, ohne sich mit dieser zu mischen. Auf der gegenüberliegenden Seite wird die „verbrauchte“ Raumluft abgeführt.

3. Quelllüftung (Schichtenströmung):

Bei der Quelllüftung wird kühle Luft durch bodennahe Luftauslässe in den Raum geführt. Es bildet sich ein „Frischlufsee“. An lokalen Wärmequellen erwärmt sich die Luft und steigt auf, wobei von unten kühle Luft nachgeführt wird. Dadurch können Wärmelasten und mit diesen räumlich zusammenfallende Schadstofflasten zielgenau und mit geringem Luftemission abgeführt werden.

Abb. 3: Mischlüftung

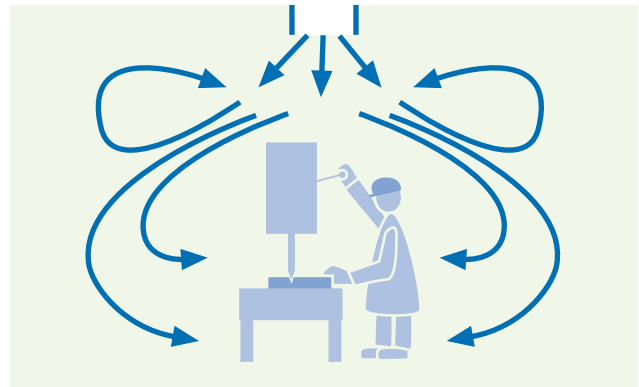
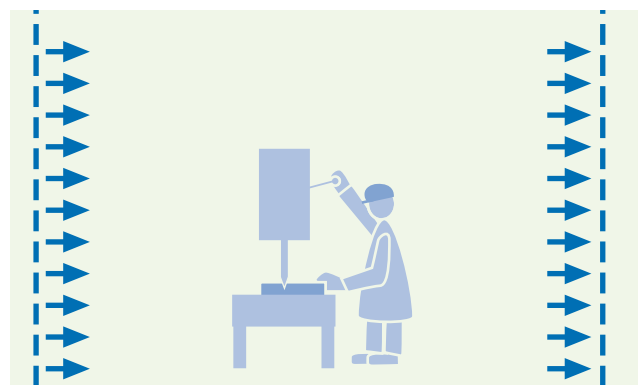
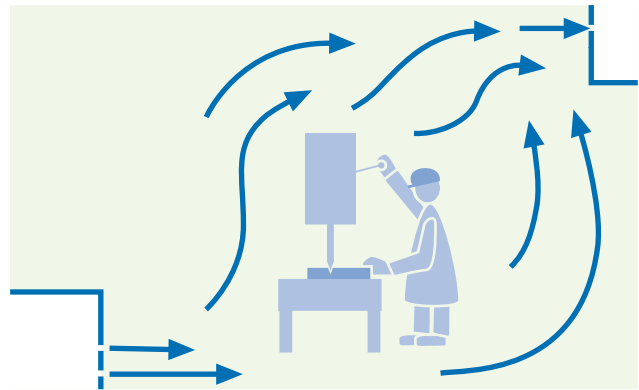


Abb. 4: Verdrängungslüftung



Innerhalb dieser Obergruppen gibt es eine Vielzahl von Varianten und Strömungsführungen. Die Mischlüftung ist für viele Anwendungen und insbesondere bei Räumen ohne spezielle Anforderungen gebräuchlich. Die gewünschte Aufgabe lässt sich hier oft mit verhältnismäßig geringen Luftvolumenströmen erfüllen. Die Verdrängungslüftung wird dort eingesetzt, wo eine möglichst vollständige Abfuhr der Luftbelastung erfolgen soll. Dies sind beispielsweise Räume, in denen Gefahrstoffe verarbeitet werden oder eine hohe Luftbelastung auftritt, wie Labors und Farbspritzräume und Räume mit hohen Reinheitsanforderungen wie Operationsäle und industrielle Reinräume. Die Verdrängungsströmung ist dadurch gekennzeichnet, dass zur Aufrechterhaltung einer stabilen Raumluftströmung sehr große Luftmengen zu bewegen sind. Die Quelläftung ist besonders energiesparend, wenn Kälte in den Raum eingebracht werden soll und bietet einen hohen thermischen Komfort durch geringe Zugerscheinungen.

Abb. 5: Quelläftung



Einstellung von Temperatur und Feuchte.

Je nach Einsatzgebiet der lufttechnischen Anlage müssen bei der Um-, Zu- oder Fortluft die Temperatur und die Feuchtigkeit eingestellt werden. Die wichtigsten Verfahren dafür werden hier vorgestellt.

Wärme- und Kälteübertragung.

Luft kann in einem Heizregister auf eine von der Regelung vorgegebene Temperatur erwärmt werden. Dabei handelt es sich um Wärmetauscher, bei denen die Heizenergie über Warmwasser oder Dampf zugeführt wird. Bei einigen dezentralen Anlagen wird die Luft auch elektrisch beheizt, was mit hohen Energiekosten verbunden ist. Geringer sind die Betriebskosten bei einer Gasbefuerung. Erhebliche Kosteneinsparungen lassen sich erzielen, wenn die Wärme entweder aus der Abluft oder aus einem anderen im Betrieb zur Verfügung stehenden Abwärmestrom zurück gewonnen wird.

Kälte wird in Luftkühlern übertragen. Diese können von einer Kältemaschine mit Kaltwasser versorgt werden („Kaltwassersatz“). Zunehmende Verbreitung finden jedoch Anlagen mit direkter Verdampfung, die mit Kältemittel von einer zentralen Anlage versorgt werden und ihre Leistung entsprechend dem Kältebedarf regeln können (VRF – variable refrigerant flow). Die direkte Verdampfung ist energieeffizienter als die indirekte. Nachteilig ist hingegen der höhere Sicherheitsaufwand für Kältemittelkreisläufe gegenüber Kaltwasserleitungen.

Eine Möglichkeit zur Einsparung von Energiekosten für die Klimatisierung ist die Nutzung der kühlen Außenluft in den Nachtstunden. Bei der so genannten Betonkernaktivierung werden in Neubauten Lüftungskanäle in die Bausubstanz eingelassen, durch die in der Nacht Außenluft geführt wird, so dass der Beton die Kälte aufnehmen, speichern und am Tag wieder abgeben kann.

Mehr Informationen zur Kälteerzeugung finden Sie in den Infoblättern Kältetechnik der *Initiative EnergieEffizienz*, im Internet unter www.industrie-energieeffizienz.de > Service/Publikationen.

Luftbefeuchtung.

Bei manchen Produkten ist eine gesicherte Luftfeuchtigkeit nötig, um die gewünschte Qualität zu gewährleisten. Bei Büroarbeitsplätzen sorgt eine optimierte Feuchtigkeit der Luft für ein angenehmeres Raumklima. Da Außenluft im Winter nur einen geringen Wasseranteil enthält, ist diese Luft für viele Anwendungen zu trocken, wenn sie auf Raumtemperatur gebracht wurde. In solchen Fällen muss der Luft Feuchtigkeit zugesetzt werden. Dies kann durch ein direktes Einsprühen von Wasser oder Dampf in die Raumluft geschehen oder über eine Befeuchtung der Zuluft. Man unterscheidet drei prinzipielle Möglichkeiten:

1. Verdunstung
2. Zerstäubung
3. Verdampfung



Bei Verdunstungsanlagen durchströmt die Luft eine große, wasserbenetzte Oberfläche. Dies kann z. B. eine Schicht aus Füllkörpern, wabenförmig strukturierten Bauteilen oder eine Kunststoffmatte sein. Der Energieaufwand für diese Art der Befeuchtung ist relativ gering. Er entsteht durch den Strombedarf für das Umpumpen des Wassers und im Winter durch eine Erhöhung des Heizbedarfs aufgrund einer geringfügigen Abkühlung der Zuluft. Allerdings sind die Kosten für die Wartung relativ hoch, wenn die Anlage schlammfrei gehalten und bestimmte Hygienestandards garantiert werden sollen. Auch die Investitionskosten und der Platzbedarf sind relativ hoch, weshalb diese Art der Befeuchtung keine große Verbreitung findet.

Die häufigste Bauart einer Zerstäubungsanlage ist der so genannte Sprühdüsenbefeuchter oder „Luftwäscher“. Hier wird Wasser unter Pumpendruck durch zahlreiche Düsen zerstäubt und in den Luftstrom eingesprüht. Dabei verdunsten nur wenige Prozent des Wasserstroms. Der Rest wird in einer Wanne aufgefangen. Mitgerissene Tröpfchen werden im Anschluss über einen Tröpfchenabscheider abgeschieden. Wenn ein übermäßiger Wasserverbrauch vermieden werden soll, muss das Wasser im Kreis geführt werden. Dadurch ist die Gefahr sehr hoch, dass sich Keime und Schimmel bilden, die dann in die Zuluft eingesprüht werden. Aufgrund dieser hygienischen Probleme sind diese Anlagen in Verruf geraten. Zur Vermeidung von Keimbildung muss nach den VDI-Normen 6022 und 3803 eine bestimmte Umlaufwasserqualität zu jedem Zeitpunkt eingehalten werden. Dafür sind bestimmte konstruktive Maßnahmen sowie eine planmäßige Betriebsweise und regelmäßige Wartung notwendig. Wenn dies gewährleistet werden kann, sind Luftwäscher eine Befeuchtungsmöglichkeit mit geringen Investitions- und Betriebskosten, die als Nebeneffekt Schadstoffe aus der Luft auswaschen. Bei der Raumklimatisierung im Winter muss allerdings beachtet werden, dass Luftwäscher die Luft abkühlen, was zu einem zusätzlichen Heizbedarf führt.

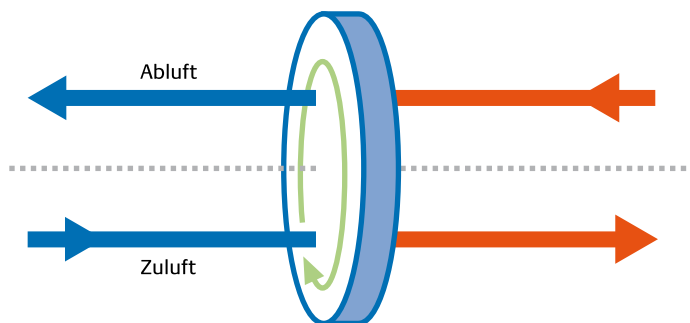
Aus hygienischer Sicht optimal ist die Luftbefeuchtung mit Dampf. Dies kann z. B. durch elektrische Dampf-Luftbefeuchter geschehen, die aber den Nachteil sehr hoher Energiekosten haben. Geringere Betriebskosten fallen bei Dampf-Luftbefeuchtern an, die mit Gas befeuert oder aus einem zentralen Dampferzeuger versorgt werden. Dampf-Luftbefeuchter verändern die Temperatur des Luftstroms praktisch nicht, da das Wasser bereits

dampfförmig ist und daher keine Verdampfungsenthalpie mehr aufnimmt. Sofern es sich nicht um stark überhitzten Dampf handelt, wird die Luft auch nicht merklich erwärmt. Der Wartungsaufwand von solchen Anlagen ist gering und die Regelbarkeit sehr gut.

Luftentfeuchtung.

Das häufigste Verfahren zur Luftentfeuchtung (Trocknung) ist die Kondensation des Wasserdampfs. Feuchtigkeit kondensiert aus der Luft aus, wenn diese stark komprimiert wird oder eine kalte Fläche berührt. Komprimiert werden kann die Luft über einen Verdichter. Die kondensierende Feuchtigkeit muss dabei über einen Tröpfchenabscheider entzogen werden. Wird die Luft dann wieder entspannt, ist die relative Feuchte geringer. Bei Klimaanlage wird die Entfeuchtung im Sommerbetrieb in der Regel zusammen mit der Kälteübertragung vorgenommen. Die Feuchtigkeit kondensiert an der kalten Wärmetauscherfläche. Mitgerissene Wassertröpfchen müssen wiederum durch einen Tröpfchenabscheider entfernt werden. Die erzielbare Entfeuchtung ist von der Temperatur des Luftstroms abhängig. Zur unabhängigen Regelung von Feuchtigkeit und Temperatur wird manchmal ein Teilstrom unterkühlt und hinterher mit einem wärmeren gemischt.

Abb. 6: **Adsorptionstrockner (Rotationsentfeuchter)**



Eine sehr energieeffiziente Form der Entfeuchtung ist die Sorptionsentfeuchtung. Dabei wird die Feuchtigkeit an einer hygroskopischen Oberfläche absorbiert. Wenn diese vollständig beladen ist, wird sie im Abluftstrom regeneriert. Dies kann diskontinuierlich durch eine Umschaltung des Luftstroms oder kontinuierlich mit Hilfe eines Rotationsentfeuchters geschehen (Siehe Abb. 6).

Entfernung von Schadstoffen.

Zur Entfernung von Schadstoffen gibt es im Wesentlichen die drei folgenden Möglichkeiten:

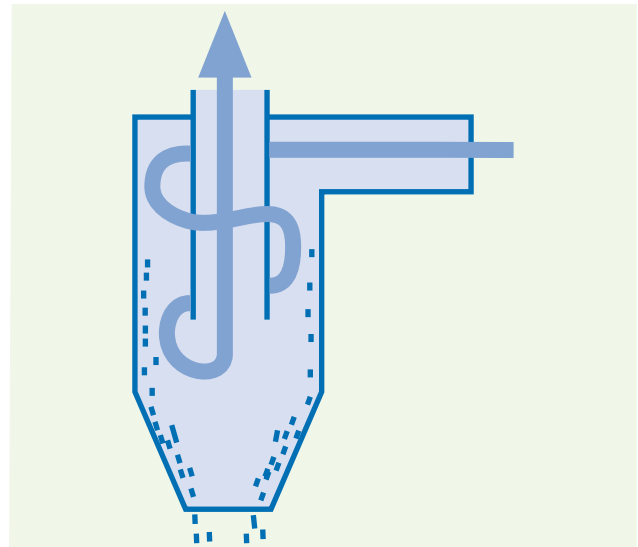
1. Abscheidung durch Massenkräfte
2. Auswaschen
3. Filtration

Ein typisches Beispiel für die Ausnutzung der Massenkräfte zur Abscheidung von Stäuben ist der Zyklon. Die Luft wird in eine Wirbelbewegung versetzt und die Stäube durch Fliehkraft zum Zyklonmantel geschleudert. Dort sammeln sie sich und rutschen nach unten in einen Auffangbehälter. Das gereinigte Gas wird umgelenkt und durch ein Rohr in der Mitte des Zyklons nach oben abgezogen.

Ein hocheffektives Gerät zum Abscheiden von Verunreinigungen ist der Venturiwäscher. Bei diesem wird der Luftstrom in einer Düse sehr stark beschleunigt. Dadurch sinkt der statische Druck der Luft, Waschflüssigkeit wird angesaugt und durch Scherkräfte in feine Tröpfchen zerteilt. Durch die so entstehende große Phasengrenzfläche können die Verunreinigungen sehr gut in die Waschflüssigkeit übergehen.

Filter gibt es in zahlreichen Bauformen. Elektrofilter können sehr effektiv große Mengen Staub abscheiden. Membranfilter haben besonders hohe Abscheidegrade und werden für viele verschiedene Partikelgrößen gefertigt. Dampfförmige Schadstoffe können in Ultrafiltern zurückgehalten oder in Aktivkohlefiltern absorbiert werden.

Abb. 7: Zyklon



Fazit:

In lufttechnischen Anlagen müssen verschiedene Luftströme bewegt und je nach Anforderung aufbereitet werden. Für ein und dieselbe Aufgabe gibt es jeweils eine Vielzahl von Lösungsmöglichkeiten, die sich in Investitions- und Betriebskosten, Qualität und Hygiene sowie ihrer Instandhaltbarkeit, Flexibilität und Regelbarkeit unterscheiden. Eine optimierte Luftführung und -aufbereitung erfordert eine möglichst frühzeitige und integrierte Planung mit anderen Gewerken.

Tipps:

- Binden Sie die Lüftungstechniker bei einem Neu- oder Umbau möglichst frühzeitig in die Planung ein und stellen Sie die Forderung nach einer energieeffizienten Strömungsführung.
- Anlagen, die einen Mischluftbetrieb ermöglichen, erlauben eine energieeffizientere Betriebsweise. Prüfen Sie diese Option bei der Planung und verbinden Sie sie mit einer entsprechenden Steuerung.
- Der Strömungsführung im Raum kommt eine hohe Bedeutung zu. Prüfen Sie, welche Strömungsführung die Erfüllung der jeweiligen lufttechnischen Aufgabe (Lüften, Heizen, Kühlen, Schadstoffentfernung) mit den geringsten Lebenszykluskosten ermöglicht.
- Behandeln Sie Ströme mit stark differierenden Belastungen und Anforderungen getrennt und optimieren Sie die Aufbereitung der Luft nach der Devise: „So viel wie nötig, so wenig wie möglich“.
- Prüfen Sie, ob in Räumen mit kurzen Aufenthaltszeiten auf eine Komfort-Befeuchtung verzichtet werden kann.

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.

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.

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

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

Internet:
www.industrie-energieeffizienz.de
www.dena.de