

Autor

Dipl.-Ing. Heinz Jackmann

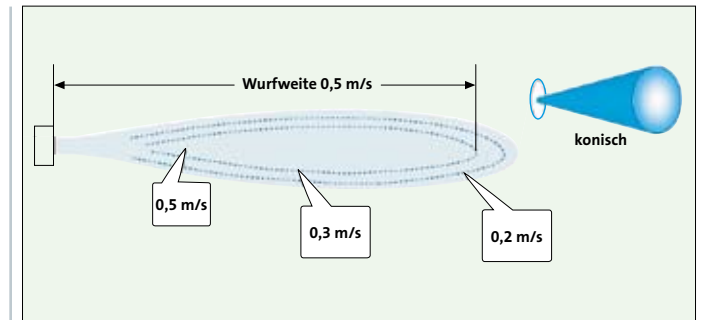
Güntner AG & Co. KG,
82256 Fürstenfeldbruck

Bild 1: Definition der Wurfweite eines Luftkühlers

Zur Wurfweite von Luftkühlern

Berücksichtigung von Einfluss der Raumgeometrie und der Luftabkühlung

Die in den Datenblättern angegebenen Wurfweiten werden in der Praxis oft nicht erreicht, weil niedrige Raumhöhen die Wurfweite reduzieren oder die Temperaturdifferenz zwischen dem eindringenden Luftstrahl und der Raumluft ein vorzeitiges Ablösen der Strömung an der Decke bewirkt. Basierend auf theoretischen Berechnungen und Labormessungen wurde ein Berechnungsmodell entwickelt, das es ermöglicht, die Eindringtiefe eines Luftstrahls für jeden Raum individuell zu ermitteln. Dabei werden die Einflüsse der Raumgeometrie ebenso berücksichtigt wie die Einflüsse durch die niedrige Temperatur der eingeblasenen Luft.

Für die Planung von Kühlräumen benötigen Kunden Angaben für die Eindringtiefe des Luftstrahls von Luftkühlern. Die Eindringtiefe wird im Allgemeinen als Wurfweite eines Luftkühlers bezeichnet. Die Angaben der Hersteller für die Wurfweite basieren üblicherweise auf Messungen und theoretischen Berechnungen unter idealen Bedingungen in großen Räumen (der Raum ist größer als die Wurfweite, isotherme Luftumwälzung ohne Abkühlung, keine störenden Einbauten).

Die Einflüsse der Kühleranordnung, der Raumgeometrie, der Luftabkühlung und der Raumeinbauten können bei den Angaben in den Datenblättern der Hersteller nicht berücksichtigt werden, weil die spezifischen Daten der Räume nicht bekannt sind.

Die Angaben der Wurfweiten in den Datenblättern sind somit nur Anhaltswerte, die an die Kühlräume angepasst werden müssen.

Für viele Planungen werden die Werte jedoch ohne Korrektur übernommen, was dazu führt, dass in Einzelfällen die projektierte Wurfweite des Luftstrahls in den Räumen nicht erreicht wird.

Für die Abschätzung der tatsächlich in der Praxis erreichten Wurfweite benötigt man detaillierte Kenntnisse der Räume, Temperaturen und ein hohes Maß an Erfahrung.

Um bei der Abschätzung der Wurfweite mehr Planungssicherheit zu erreichen, wurde bei Güntner ein Berechnungsmodell erstellt, welches die Einflüsse der Coanda-Effekte, der Luftabkühlung und der Raumgeometrie berücksichtigt. Mit diesem Berechnungsprogramm ist es möglich, für jeden Luftkühler die Eindringtiefe des Luftstrahls für einen definierten Raum näherungsweise zu bestimmen.

Aufgabe und Zielsetzung

Die Aufgabe lag in der Erstellung eines Berechnungsprogramms für die Ausbreitung eines Luftstrahls in einem definierten Raum unter Berücksichtigung der Coanda-Effekte, der Luftabkühlung und der Raumgeometrie.

Dazu wurden Messungen der Luftströmungen im eindringenden Luftstrahl mit Angabe von Geschwindigkeit und Strömungsrichtung vorgenommen. Anschließend erfolgte eine Visualisierung der Messergebnisse.

Daran schloss sich ein Vergleich der Messergebnisse mit den theoretischen Berechnungen des neuen Berechnungsmodells an.

Das resultierende Berechnungsprogramms sollte es ermöglichen, bei

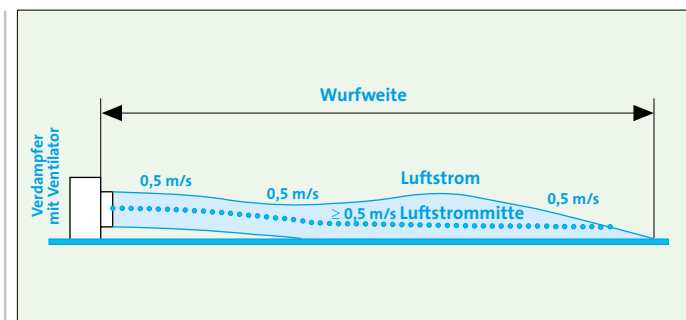


Bild 2: Messung der Wurfweite mit bisherigem Verfahren

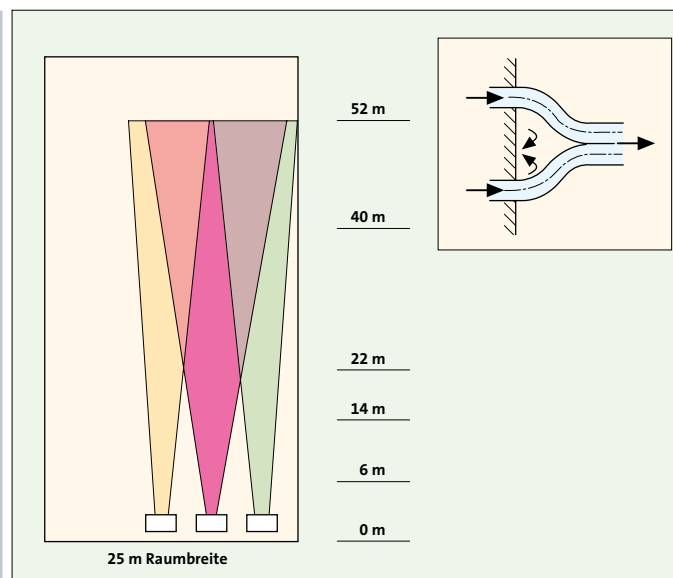


Bild 4: Einfluss des Coanda-Parallelstrahlen-Effektes: Beide Coanda-Effekte sollen in dem Berechnungsmodell für die Ausbreitungsberechnung des Luftstrahls berücksichtigt werden

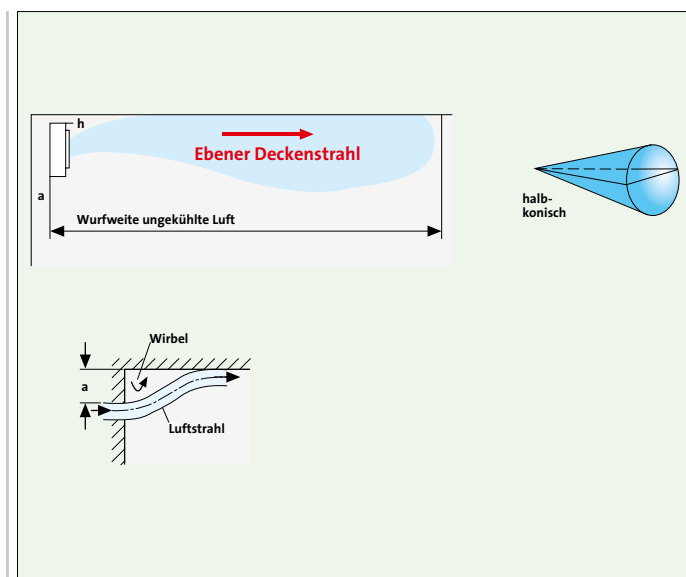


Bild 3: Einfluss des Coanda-Flächeneffektes

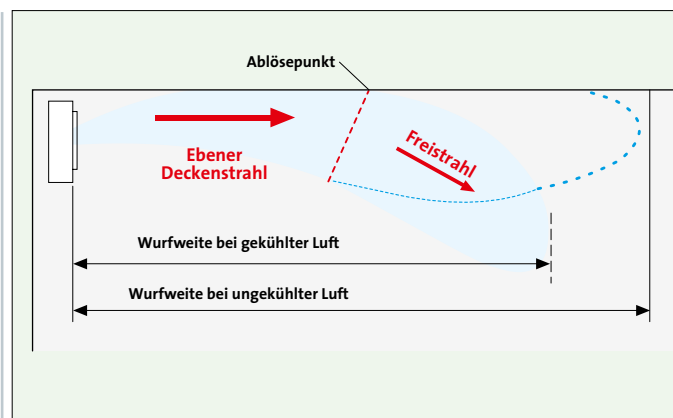


Bild 5: Einfluss der Luftabkühlung auf den Deckenstrahl

der Planung die Wurfweiten der Luftkühler für unterschiedliche Räume zu ermitteln. Dabei sollen die Einflüsse der Kühleranordnung, der Luftabkühlung und der Raumgeometrie berücksichtigt werden.

Wurfweiten und Stand der Technik

Nach der heutigen Definition ist die Wurfweite der Abstand zwischen dem Luftkühler und dem am weitesten entfernten Punkt, an dem im eindringenden Luftstrahl eine Strömungsgeschwindigkeit von 0,5 m/s gemessen werden kann (Bild 1).

Um die Wurfweite zu bestimmen, wird der Luftkühler auf einer ebenen Fläche (auf dem Boden oder unter der Decke) montiert. Der Ventilator des Luftkühlers wird eingeschaltet und die Grenzschicht des Luftstroms mit einer Mindestgeschwindigkeit von 0,5 m/s wird bestimmt.

Um die Länge der möglichen Wurfweite zu erreichen, werden die Messungen in Räumen durchgeführt, die in jedem Fall länger sind als die mögliche Wurfweite. In diesen meist hohen und breiten Räumen treten erfahrungsgemäß auch keine Beeinflussungen des Luftstrahls durch rückströmende Luft auf. Eine Abkühlung der Luft wird ebenfalls nicht berücksichtigt. Die so ermittelte Wurfweite ist die maximal er-

reichbare Wurfweite gemäß VDI-Entwurf 328.

Die Messungen erfolgen in der Regel mit Messinstrumenten, die nur die Geschwindigkeit, aber nicht die Luftfrichtung erfassen. Solche Messungen geben Anhaltspunkte für die mögliche Eindringtiefe eines Luftstrahles, sind aber sehr theoretisch und für einen Kühlraum oft nicht praxisrelevant (Bild 2).

In der Praxis haben Kühlräume ein sehr unterschiedliches Design: Der Luftstrom wird behindert durch Regale, Einbauten, Lampen oder Träger unter der Decke.

Je nach Auslegung wird die Luft im Luftkühler zwischen 2 K und 5 K abgekühlt und erreicht vorzeitig den Ablösepunkt an der Decke. Durch eine niedrige Deckenhöhe oder Raumeinbauten wird der eindringende Luftstrahl durch die rückströmende Luft beeinflusst.

Aufbau des Berechnungsmodells

An das Berechnungsmodell wurden folgende Anforderungen gestellt: Berechnung der Ausbreitung eines Luftstrahls in einem vorgegebenen Raum unter Berücksichtigung der Coanda-Effekte, Luftabkühlung und Raumgeometrie.

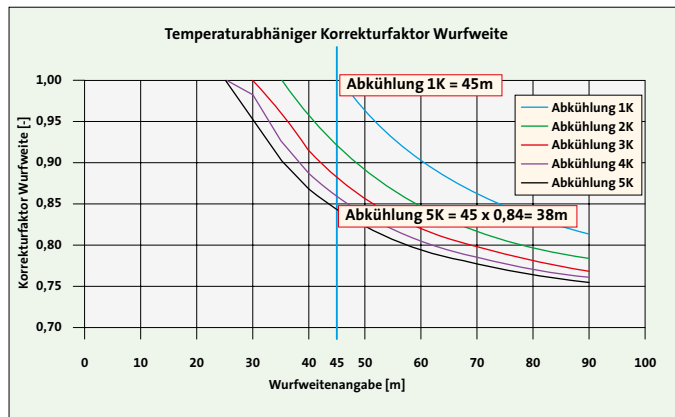


Bild 6: Einfluss der Luftabkühlung auf die Wurfweite bei einem definierten Luftkühler

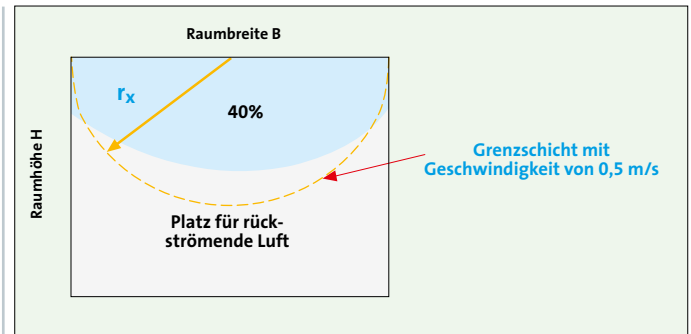


Bild 7: Raumquerschnitt in Luftrichtung

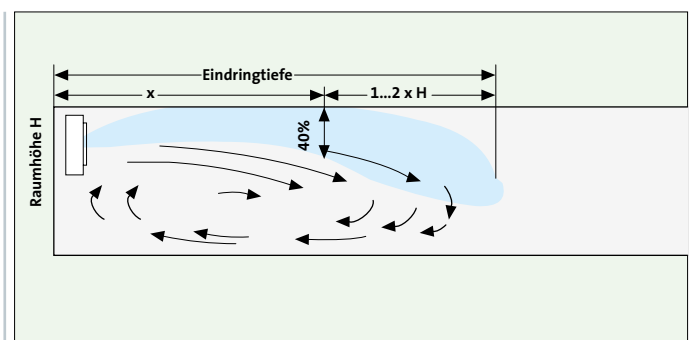


Bild 8: Abrisspunkt X und Wirktiefe

Der Coanda-Flächeneffekt entsteht, wenn ein Gerät nahe an einer ebenen Fläche, z. B. im Kühlraum unter der Decke, installiert wird. Der Luftstrom legt sich an die ebene Fläche und breitet sich nicht konisch, sondern halbkonisch aus. Dieser Effekt erhöht die Wurfweite um bis zu 40 % (Bild 3). Werden die Luftkühler nicht direkt unter der Decke montiert, wird der Coanda-Flächeneffekt nur teilweise oder gar nicht erreicht.

Werden mehrere Luftkühler dicht nebeneinander montiert, fließt der eindringende Luftstrahl der einzelnen Ventilatoren zusammen. Dieser Effekt erhöht die Wurfweite um 10 bis 20 % (Bild 4).

In dem Berechnungsmodell wird neben dem Einfluss der Coanda-Effekte auch der Einfluss der Luftabkühlung berücksichtigt. Im Vergleich zu einer isothermen Luftumwälzung kommt es bei abgekühlter Luft zu einem vorzeitigen Ablösepunkt des Luftstrahls an der Decke.

Nach dem Ablösepunkt wird aus dem halbkonischen Deckenstrahl ein nahezu konischer Freistrahle (Bild 5).

Besonders bei Distanzen über 40 m kann sich die Wurfweite durch Luftabkühlung bis zu 25 % reduzieren (Bild 6).

Das Berechnungsprogramm berücksichtigt die Temperatur der eingeblasenen Luft im Vergleich zur Raumluft und berechnet den Ablösepunkt x des ebenen Deckenstrahls und die tatsächlich erreichbare Wurfweite.

Der Querschnitt des Raumes in Längsrichtung des Luftstroms hat Einfluss auf die Eindringtiefe des Luftstrahls.

Definition

Als Wurfweite eines Luftkühlers bezeichnet man die Entfernung zum Luftkühler, in der noch eine Mindest-Luftgeschwindigkeit von 0,5 m/s im Zentrum des eindringenden Luftstrahls messbar ist. Die Angaben in den Datenblättern der Hersteller basieren auf Messungen unter idealen Bedingungen und berücksichtigen nicht die Einflüsse der Raumgeometrie und die Temperatur der eingeblasenen Luft.

Dereindringende Luftstrahl breitet sich ellipsenförmig unter der Decke aus und wird besonders bei kleinen Raumquerschnitten mit zunehmendem Abstand vom Luftkühler durch die rückströmende Luft beeinflusst.

Die Berechnungen haben näherungsweise zu folgendem Ergebnis geführt:

Wenn der Querschnitt des eindringenden Luftstrahls ca. 40 % des Raumquerschnitts erreicht, wird die Luftströmung durch die rückströmende Luft gestört und kehrt um (siehe Bild 7).

Das Berechnungsmodell berechnet die Ausbreitungsform des eindringenden Luftstroms näherungsweise als Halbkreis und nicht als Ellipse. Vergleichsmessungen haben gezeigt, dass damit ausreichend genaue Ergebnisse erreicht werden.

Auch die Höhe des Raumes hat Einfluss auf die Eindringtiefe des Luftstrahls. Wenn der Abrisspunkt x des ebenen Deckenstrahls erreicht ist, hat der anschließende Freistrahle nach bisherigen Erkenntnissen noch eine Wirkungstiefe vom ein- bis zweifachen der Raumhöhe (Bild 8).

Die treibende Kraft für den Primärwirbel ist die eingeblasene Luft. Die im Luftstrahl enthaltene Strömungsenergie wird dadurch abgebaut, dass Umgebungsluft aus dem Raum angesaugt und dem Luftstrahl beigemischt wird (Induktion). Das heißt, der Luftstrahl nimmt auf seinem Weg durch den Raum in transportiertem Luftvolumen zu, verliert dabei an Geschwindigkeit, und die unterschiedlichen Temperaturen gleichen sich an (Bild 9).

Die maximale Ausdehnung des Primärwirbels liegt nach heutiger Erfahrung bei der ca. 3 bis 4,5fachen Raumhöhe, danach ergeben sich Sekundärwirbel.

Ist das Verhältnis der Raumlänge zur Raumhöhe größer als 4,5:1 ist eine einwandfreie Durchströmung des Kühlraums durch den Primärwirbel auszuschließen (Bild 10).

Mit dem neuen Berechnungsmodell kann man die Eindringtiefe des Luftstromes in einen Raum individuell bestimmen.

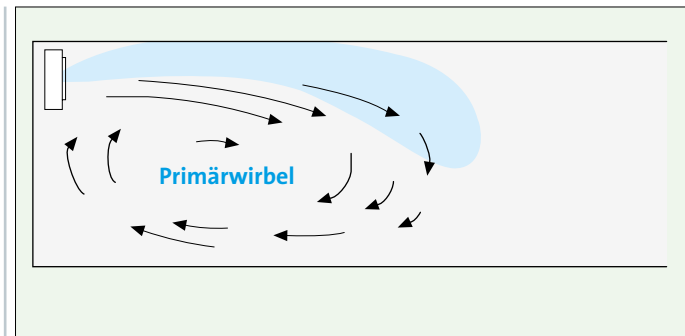


Bild 9: Wirklänge des Primärwirbels

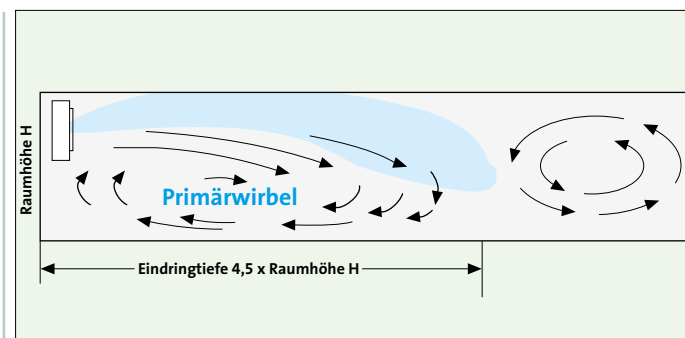


Bild 10: Primärwirbel und Sekundärwirbel



Bild 11: Messsensor des 3D-Messsystems

- Berücksichtigt werden bei der Berechnung
- die Coanda-Effekte,
 - die Luftabkühlung
 - und die Raumgeometrie.

Messungen der Wurfweite mit dem 3D-Messsystem

Bei der Messung der Wurfweite kommt es darauf an, neben der Luftgeschwindigkeit auch die Luftrichtung zu erfassen. Übliche Messgeräte wie z. B. ein Flügelrad-Anemometer oder ein Thermo-Anemometer sind dafür nicht geeignet.

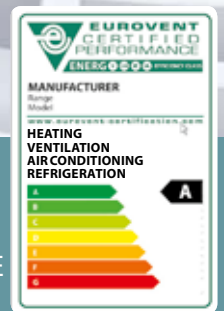
Beide Messmethoden erfassen nur die Strömungsgeschwindigkeit und liefern keine Erkenntnisse darüber, ob es sich um Primär- oder Sekundär-Luftströmungen handelt oder um Turbulenzen im Luftstrom. Für unsere Messungen haben wir ein neuartiges 3-D-Messsystem verwendet.

Der 3-D-Messsensor (Bild 11) ist eine Kugel mit Öffnungen an verschiedenen Stellen. Dieser komplexe Messsensor erfasst sowohl kleinste Luftgeschwindigkeiten wie auch deren Strömungsrichtungen.

EUROVENT CERTIFICATION DIE VERSTÄNDLICHE BENCHMARK UNTER DEN ENERGIE-LABELN



MIT EUROVENT CERTIFICATION
HABEN SIE DIE GARANTIE, DASS
DAS ANGEGEBENE ENERGETISCHE
LEISTUNGSNIVEAU STIMMT.



Um die energetische Leistung von Belüftungs-, Heizungs- und Kühlaggregaten fundiert zu beurteilen, reicht ein Einzelwert aus einer Einstufungsskala nicht aus. Eurovent Certification stellt Ihnen daher umfassende Informationen zur Verfügung und garantiert Ihnen, dass die energetischen Werte auf Basis von zertifizierten Leistungen erreicht werden.

Dazu werden im Rahmen der Eurovent Certification die Leistung, die Energieeffizienz, der Geräuschpegel und weitere Faktoren untersucht und zertifiziert. Die Prüfungen werden durch unabhängige und gemäß ISO 17025 zertifizierte Institute* durchgeführt. Das Zertifizierungsprotokoll basiert auf einer Stichprobenerhebung der zu testenden Produkte. Die Prüfungen werden jährlich durchgeführt und die Klassifizierungen der Produkte entsprechend aktualisiert und veröffentlicht. Mit Eurovent Certification stehen Ihnen so für jede Produktfamilie aussagekräftige, objektive und zertifizierte Daten online und zum Download bereit: www.eurovent-certification.com

*Unsere Partnerlabore in Deutschland sind: TÜV Nord, TÜV Sud, WSP Lab, DMT



www.eurovent-certification.com

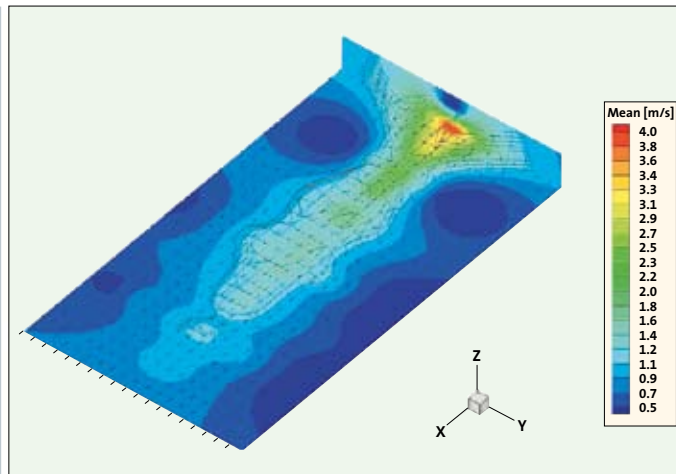


Bild 12: Dreidimensionale Grafik der Luftströmungen

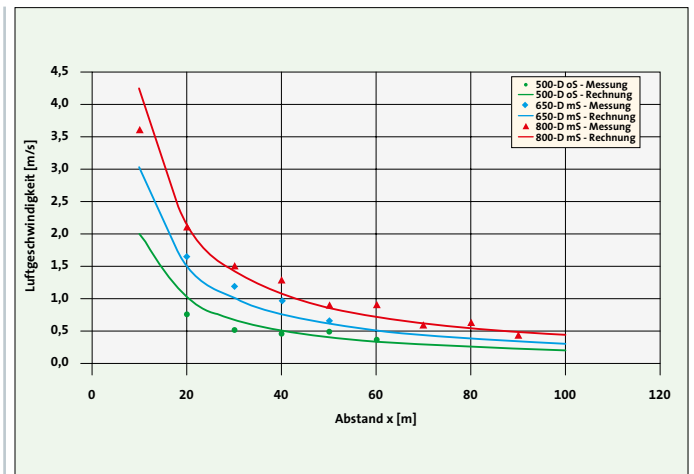


Bild 13: Vergleich Messungen/Berechnungen des Coanda-Flächeneffekts

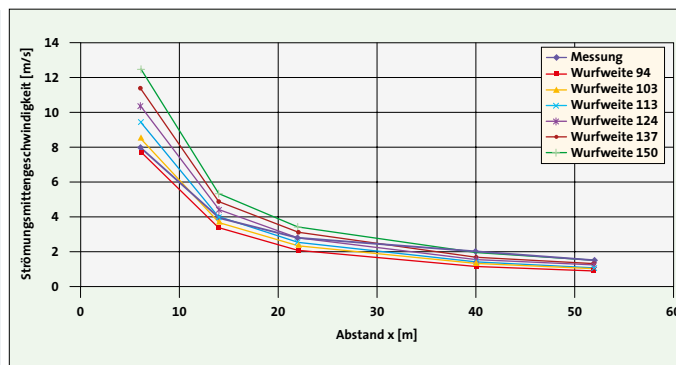


Bild 14: Vergleich Messungen/Berechnungen des Coanda-Parallelstrahleneffekts

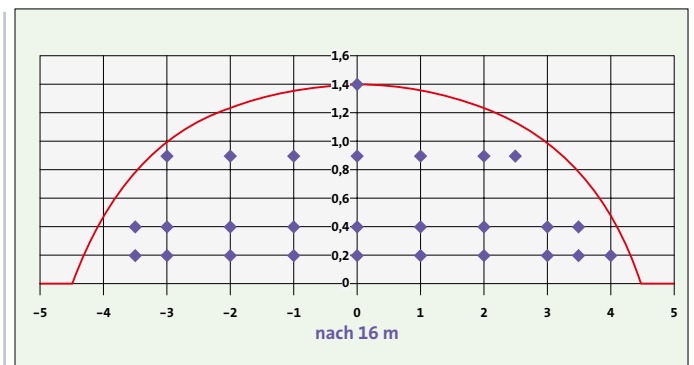


Bild 15: Vergleich Messungen/Berechnungen des Luftstromprofils

Mit einem Computermodell kann eine dreidimensionale Graphik der Luftströmung des eindringenden Luftstrahls erstellt werden (Bild 12). Primär- und Sekundär-Strömungen können eindeutig voneinander abgegrenzt werden.

Vergleich der Messergebnisse mit den Berechnungen

Erste Vergleichsmessungen zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen den berechneten Daten aus dem neuen Berechnungsprogramm und den Messdaten mit dem 3-D-Messsystem.

Der Einfluss des Coanda-Flächeneffektes wird vom Berechnungsprogramm ausreichend gut erfasst (Bild 13).

Der Coanda-Parallel-Strahleneffekt wird ausreichend gut erfasst (Bild 14).

Das Luftstromprofil wurde nach 5 m Entfernung und nach 16 m Entfernung gemessen. Die Abweichung zwischen der gemessenen Fläche (halbe Ellipse) und der Berechneten Fläche (halber Kreis) sind sehr gering. Auch in diesem Punkt ist das Berechnungsmodell ausreichend genau (Bild 15).

Das entwickelte Berechnungsmodell liefert zuverlässige Anhaltswerte für die Ermittlung der tatsächlichen Eindringtiefe eines Luftstrahls in einen definierten Raum.

Sowohl die Coanda-Effekte wie auch die Luftabkühlung und die Raumgeometrie haben zum Teil erheblichen Einfluss auf die Eindringtiefe des Luftstrahls bzw. die Wurfweite der Luftkühler.

Alle o. g. Faktoren werden vom Berechnungsprogramm erfasst und deren Einfluss nach unseren bisherigen Erkenntnissen ausreichend genau berechnet.

Fazit

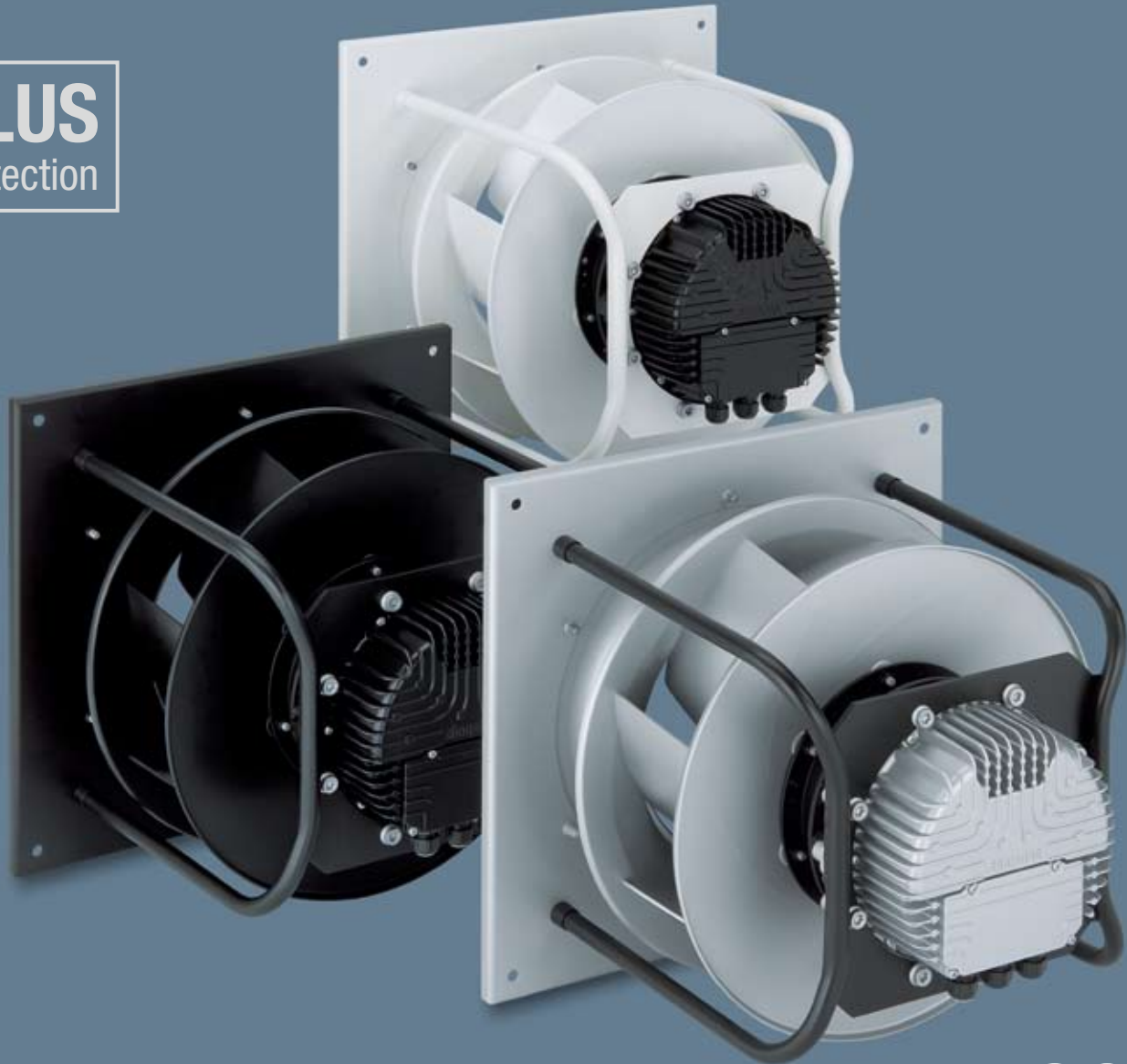
Für die Abschätzung der Genauigkeit des Berechnungsmodells müssen noch weitere Messungen durchgeführt werden. Diese Messungen sollen nicht nur im Labor, sondern auch in der Praxis erfolgen. Danach steht das Berechnungsprogramm im Hause Güntner zur Verfügung. Unseren Kunden können wir dann in einzelnen Fällen eine wesentlich bessere Abschätzung der Eindringtiefe eines Luftstrahls in einen definierten Kühlraum geben.

Literatur

- [1] Recknagel Sprenger Schramek, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 03/04
- [2] Entwurf ENV 328
- [3] Systemair@com: Theorie Lüftung

EC-Alleskönner.

PLUS
Protection



ERP2015
ÜBERTRIFFT DIE NORM

Damit Hochleistungs-Radial-Ventilatormodule mit ebm-papst GreenTech EC-Technologie auch von unseren Kunden in industriellen Anlagen eingesetzt werden können, haben wir erhöhte Korrosionsschutzsysteme festgelegt: robuste KTL-Beschichtungen für feuchte und korrosive Industriebelastungen sowie eine Hygieneausführung mit Pulverbeschichtung gemäß DIN 1946 Teil 4 mit Edelstahlverschraubungen für Krankenhäuser, Pharma- und Lebensmittelindustrie. Neben der unbeschichteten Standardausführung sind jetzt alle Module auch in dem erweiterten Luftleistungsbereich bis 12.000 m³/h bei 1.200 Pa und höher verfügbar. Fordern Sie unsere AHU-Spezifikation an. Mehr Infos finden Sie unter www.ebmpapst.com



Die Wahl der Ingenieure

ebmpapst