

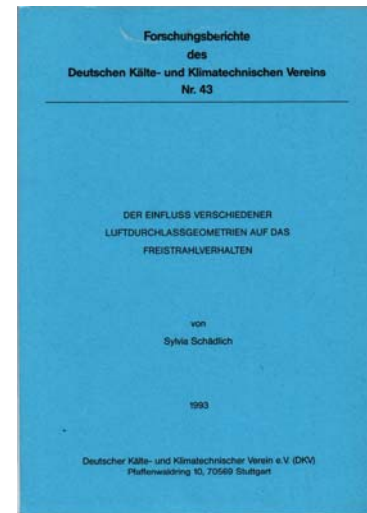
DKV-Forschungsbericht Nr. 43

Sylvia Schädlich

Der Einfluss verschiedener
Luftdurchlaßgeometrien auf das
Freistrahilverhalten

1993

978-3-922429-44-9



Kurzfassung

Anhand von Untersuchungen an handelsüblichen Düsen und scharfkantigen Bohrungen mit verschiedenen Turbulenzgeneratoren wurde lediglich ein grundsätzlicher Einfluss von Störstellen im Bereich des Luftauslasses auf den mündungsnahen Bereich festgestellt, während der Strahlungsverlauf im Hauptbereich nahezu ungestört verlief. Daher kann davon ausgegangen werden, dass fertigungsbedingte Grate bzw. erforderliche Einkerbungen als Ansatzpunkte für Einstellschlüssel oder weitere turbulenzzeugende Eingriffe in die Durchlassgeometrie keinen entscheidenden Einfluss auf das Strahlverhalten nehmen.

Auch die in der Praxis auftretenden Veränderungen der Strömungsverhältnisse durch Einbauten, Lochbleche, etc., die bei Versuchen an Einzeldurchlässen anhand von Veränderungen der Beruhigungskammer realisiert wurden, haben gezeigt, dass erst bei wesentlichen Veränderungen, z. B. Einbau eines Umlenkanals, ein abweichendes Strahlverhalten auftritt.

Die Überprüfung der Reynolds-Zahl als Ähnlichkeitskriterium zur Beurteilung von Freistrahlsströmungen ergab lediglich bei hohen Reynolds-Zahlen, d. h. einer turbulenten Strömung, ein einheitliches Strahlverhalten aufgrund der vorliegenden stabilen Turbulenzstrukturen, während bei kleineren Reynolds-Zahlen weitere Einflussfaktoren wie z. B. Durchlassgeometrie nicht zu vernachlässigen sind und abweichende Verläufe bewirken.

Dies führte zur Definition einer Impuls-Kenngröße $I/(\rho \cdot U)$, die das Verhältnis des vom Strahl transportierten Impulsstromes zum Umfang der Luftaustrittsöffnung als für die Induktion von Umgebungsluft verantwortliche Grenzfläche des Strahls beschreibt. Somit wurde ein Zusammenhang zwischen dem im Strahl zu Verfügung stehenden Energiepotential und der Energieabgabe des Strahlmediums an die Umgebung gefunden.

Die zur Berechnung des Strahlverhaltens herangezogenen, aus der Literatur bekannten Zusammenhänge ergaben bei turbulenten Freistrahlen erst nach Anpassung der in ihnen enthaltenen empirischen Konstanten zufriedenstellende Übereinstimmung mit den Messergebnissen, so dass eine Vorausberechnung des Strahlverhaltens nicht möglich war. Die abweichenden Verläufe der von den einzelnen Autoren ermittelten Gleichungen zeigen dabei den Einfluss der Randbedingungen der Experimente auf das Ergebnis der Untersuchungen.

Da die Strahlverläufe der in Anlage 1 untersuchten Einzeldurchlässe nur unwesentliche Abhängigkeiten von der Austrittsgeschwindigkeit zeigten, ergab eine Anwendung der Halbwertslänge bzw. der Euler-Zahl keine weitere Vereinheitlichung der Kurven.

Für die bei sehr kleinen Austrittsgeschwindigkeiten auftretenden Strahlungsverläufe mit einer Verlängerung der Kernzone, die man als „laminare Anlaufstrecke“ bezeichnet, konnten der Literatur

entsprechend Zusammenhänge ermittelt werden, wobei auch hier die Messwerte der Strahlverfolgungsmessungen nicht durch die aus der Literatur bekannten Gleichungen beschrieben werden konnten.

Somit kann die Aussage unterstützt werden, dass die Untersuchungsparameter einen zu großen Einfluss auf die Strahlungsausbreitung nehmen und eine Vorausberechnung anhand von empirischen Gleichungen nur sehr beschränkt möglich ist.

Bei Untersuchungen an einer Düsenschiene DS konnten die einzelnen aus der Theorie bekannten Strahlbereiche anhand von Profil- und Strahlverfolgungsmessungen nachgewiesen werden, wobei das Strahlverhalten wesentlich von der Anzahl der durchströmten Düsen und deren Abstand voneinander beeinflusst wird. Bei Untersuchungen an einer scharfkantigen Bohrungsschiene BS in Anlage 2 konnten anhand von Regressionsrechnungen für die verschiedenen Strahlbereiche der Einfluss höherer Turbulenzgrade, die zum einen durch die Durchlassgeometrie und zum anderen durch die Anlagencharakteristik verursacht werden, auf die Zusammenlagerung der Einzelstrahlen nachgewiesen werden.

Es wurde festgestellt, dass die Strahlbreite aufgrund der gegenseitigen Beeinflussung der Einzelstrahlen zunächst konstant bleibt und sich erst nach einer gewissen Strömungsweglänge vergrößert, so dass eine größere Eindringtiefe erreicht wird. Auch hier kann die Impuls-Kenngröße zur Strahlungsbeurteilung bei konstantem Volumenstrom unter Berücksichtigung der von Lochanzahl und -abstand abhängigen Strahlumfänge herangezogen werden.

Bei der untersuchten Lüftungsschiene LS zeigte sich ein gegenüber aus scharfkantigen rechteckigen Durchlässen austretenden Freistrahlen ein verändertes Strahlverhalten, was auf Ablösungseffekte aufgrund der Schienengeometrie zurückgeführt werden konnte. Für die damit verbundene Strahlkontraktion wurde eine Kontraktionszahl in Abhängigkeit vom Seitenverhältnis, der Austrittsgeschwindigkeit und der Anlagencharakteristik ermittelt, wobei sich für den engsten Strahldurchmesser eine lineare Abhängigkeit vom Seitenverhältnis ergab.

Bei scharfkantigen Schlitzschienen konnte dieses Verhalten nicht beobachtet werden, da sich hier die Strömung gleichmäßig ablöst, so dass der Strahl innerhalb des Durchlasses kontrahiert und sich bei ausreichender Durchlasslänge wieder an die Seitenwände anlegt und mit einem gleichmäßigen Profil austritt.

Bei den untersuchten Schlitzschienen muss die eventuell auftretende Strahlkontraktion bei der Bildung der Impuls-Kenngröße aufgrund des dadurch verringerten Austritts-Volumenstroms und der verringerten Strahlgrenzfläche berücksichtigt werden. Diese Kennzahl stellt bei Schlitzschienen mit gleichen geometrischen Abmessungen, jedoch unterschiedlichen Kontraktionszahlen aufgrund des veränderten Volumenstroms keine aussagekräftige Größe dar.

Da die Größe des Volumenstroms jedoch die wesentliche Vorgabe bei der Klimatisierung von Räumen darstellt, zeigte der Vergleich von verschiedenartigen Durchlassgeometrien in beiden untersuchten Anlagen bei konstantem Volumenstrom eine Abhängigkeit des Strahlverhaltens von der Impuls-Kenngröße.

Zusammenfassend kann somit festgestellt werden, dass die in der Praxis häufig in Luftdurchlässen eingesetzten Einbauten wie z.B. Gitter oder Lochbleche zur Vergleichmäßigung der Strömung und Gewährleistung einer konstanten Austrittsgeschwindigkeit über den gesamten Öffnungsausschnitt keinen entscheidenden Einfluss auf das Strahlverhalten nehmen.

Messungen an einzelgefertigten und handelsüblichen Luftdurchlässen ergaben grundsätzliche Zusammenhänge für das Strahlverhalten in Abhängigkeit von geometrischen Abmessungen, Durchlassformen, Austrittsgeschwindigkeiten und Turbulenzniveaus, aus denen eine Impuls-Kenngröße zur Beurteilung von Luftdurchlässen für eine Klimatisierungsaufgabe abgeleitet werden konnten.

Da Düsen- und Schlitzschienen verschiedener Größenordnung in vielen Bereichen der Raumklimatisierung Verwendung finden, wie z. B. in Büroräumen und Schalterhallen, ist eine weitere Untersuchung dieser Durchlassgeometrien zwecks der praxisbezogenen Anwendungsmöglichkeiten vorteilhaft. Hierbei sollten insbesondere die Effekte der kontrahierenden Rechteckstrahlen bzw. der sich zusammenlagernden Einzelstrahlen von Düsenschienen bei Einsatz mehrerer nah beieinanderliegender Durchlässe zur Erzielung einer größeren Eindringtiefe untersucht werden.

Des weiteren muss die Auswirkung der Anlagencharakteristik auf den Strahlverlauf und damit auf den Abbau der Strahlmittengeschwindigkeit berücksichtigt werden, da durch die Luftführung nicht nur der Druckverlust und damit die Luftförderkosten, sondern auch das Turbulenzniveau und somit das Strahlverhalten stark beeinflusst werden können.

Somit können sich allein durch unterschiedliche Randparameter bei einer Untersuchung im Labor andere Strömungsverhältnisse einstellen, als beim tatsächlichen Einbaufall auftreten, bei dem ebenfalls Raumgeometrie sowie Anordnung der Luftauslässe und im Raum anfallende Wärmelasten Einfluss auf die sich einstellende Raumströmung nehmen, so dass stets die Gesamtheit aller Randbedingungen Berücksichtigung finden muss.