

Kristin Bräunlich, Martina Broege, Alfred Bruns
Thomas Hartmann, Oliver Kah, Christine Knaus
Sven Knothe, Matthias Weinert
Julia Sophie Weiser, Enrico Zönnchen

**Studie zur technischen,
energetischen und wirtschaftlichen
Bewertung von Abluft- und Umluft-
Dunstabzugshauben in Wohnküchen
in energieeffizienten Gebäuden**

F 3142

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2019

ISBN 978-3-7388-0329-7

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/bauforschung



Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH



Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH
Prof. Oschatz - Prof. Hartmann - Prof. Werdin



Naber GmbH



Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist

Studie zur technischen, energetischen und wirtschaftlichen Bewertung von Abluft- und Umluft-Dunstabzugshauben in Wohnküchen in energieeffizienten Gebäuden

Endbericht - Dezember 2018

Projektlaufzeit

12. Juni 2017 – 12. Dezember 2018

Aktenzeichen:

10.08.18.7-17.27

Projektleitung / Zuwendungsempfänger:

Passivhaus Institut, Rheinstr. 44/46, 64283 Darmstadt, mail@passiv.de, Tel. 06151 / 826 990

Autoren

Dipl.-Ing. Kristin Bräunlich (Passivhaus Institut) , Dipl.-Ing. Martina Broege (IHD GmbH), Dipl.-Ing. Alfred Bruns (Naber GmbH), Prof. Dr.-Ing. Thomas Hartmann (ITG GmbH), Dipl. Phys. Oliver Kah (Passivhaus Institut), Dipl.-Ing. Christine Knaus (ITG GmbH), Sven Knothe (IHD GmbH), Dipl.-Ing. Matthias Weinert (IHD GmbH), Dipl.-Ing. Julia Sophie Weiser (Passivhaus Institut), Enrico Zönnchen (IHD GmbH)

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert. (Aktenzeichen: SWD-10.08.18-7-17.27) Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	1
2	Rahmenbedingungen	3
2.1	Normative Rahmenbedingungen	3
2.1.1	DIN EN 61591/VDE 0705-1591	3
2.1.2	DIN 1946-6	4
2.1.3	DIN 1946-6 Beiblätter 3 und 4	4
2.1.4	DIN EN 15780	8
2.1.5	VDI 6022 Blatt 1	8
2.1.6	DIN EN 60335-2-31/VDE 0700-31	9
2.1.7	DIN EN 60704-2-13	9
2.2	Gesetzliche Rahmenbedingungen	10
2.2.1	Energieeinsparverordnung (EnEV)	10
2.2.2	Entwurf Gebäude-Energie-Gesetz (GEG)	11
2.2.3	ErP-Richtlinie und Energieeffizienzkennzeichnung	12
2.2.4	Muster-Feuerungsverordnung (MFeuV)	15
2.2.5	Sicherheitsaspekte nach Landesbauordnungen	17
2.3	Sonstige Rahmenbedingungen	18
2.3.1	Passivhaus Institut	18
2.3.2	KfW-Förderung	19
2.3.3	Bauliche Maßnahmen	19
2.3.4	CE-Kennzeichnung	19
2.3.5	VDE-Zeichen	20
2.3.6	GS-Zeichen	20
2.3.7	WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment)	21
2.3.8	Blauer Engel	22
2.3.9	AMK-Richtlinie	24
3	Technische Bewertung von Dunstabzugshauben	25
3.1	Auswertung der Literatur	25
3.1.1	Erfassungsgrad von Dunstabzugshauben	25
3.1.2	Plasmafilter	32
3.2	Messtechnische Untersuchungen von Lüftungseffektivität und Schadstoffabfuhr	36

3.2.1	Bestimmung Fettabscheidegrad	36
3.2.2	Vergleichende Bestimmung der Geruchsreduzierung und Modifikation der Versuchsanordnung	36
3.2.3	Bewertung der Wrasenerfassung (optisches Verfahren)	53
3.3	Bewertung des Einflusses auf Mobiliar	62
3.3.1	Einleitung	62
3.3.2	Feuchtebelastung durch Geschirrspüler	63
3.4	Druckverluste der Dunstabzugssysteme	66
3.4.1	Beschreibung des Messaufbaus zur Ermittlung der Luftleistungskennlinien	66
3.4.2	Ermittlung der Arbeitspunkte für Abluftsysteme nach DIN EN 61591	68
3.4.3	Vergleich der Druckverluste bei Um- und Abluftsysteme	69
3.5	Elektrische Leistungsaufnahme der Dunstabzugssysteme	72
3.5.1	Exemplarische Messung der elektrischen Leistungsaufnahme an Abluft-Dunstabzugssysteme	74
3.6	Schallleistungspegel der Dunstabzugssysteme	76
3.7	Bewertung von Dunstabzugshauben	77
3.7.1	Vorhandene Bewertungsverfahren	77
3.7.2	Erkenntnisse zur praxisnahen Bewertung der Wrasenerfassung	82
4	Untersuchung zu Behaglichkeit und Luftqualität	84
4.1	Luftnachströmung und Zugluftrisiko	84
4.2	Relative Feuchtigkeit	86
4.2.1	Raumbetrachtung	86
4.2.2	Betrachtung im Korpus bei Mulden- bzw. Tischabsaugung	94
4.3	Einfluss bei Gebäuden mit sehr geringem Heizwärmebedarf	97
4.4	Schall	99
5	Luftnachströmung und Wechselwirkung mit anderen Systemen	103
5.1	Möglichkeiten der Luftnachströmung	103
5.2	Bewertung der Luftnachströmung	103
5.3	Wechselwirkungen mit anderen Systemen	106

5.3.1	Wechselwirkungen mit Feuerstätten	106
5.3.2	Wechselwirkungen mit Zu-/Abluftanlagen	114
6	Energetische Bewertung in Neubau und Gebäudebestand	115
6.1	Lüftungswärmeverluste im Betrieb	115
6.2	Verbrauchsgebundene Kosten Lüftungswärme	116
6.3	Ungewollter Luftaustausch außerhalb des Betriebs	118
6.4	Wärmebrückeneffekte	119
6.5	Besonderheiten für energieeffiziente Gebäude	120
6.6	Systemabhängige Kosten und Wirtschaftlichkeit	124
6.7	Empfehlungen für Planung, Ausführung und Betrieb	127
7	Zusammenfassung	133
	Literaturverzeichnis	142
	Anhang	147
	Anhang A: Bewertung der Wrasenerfassung (optisches Verfahren)	147
	Anhang B: Umsetzung des Messaufbaus nach DIN EN 61591	150

1 Aufgabenstellung

Technische Entwicklungen im Gebäudebereich werden in jüngerer Vergangenheit maßgeblich durch höhere Komfortansprüche der Nutzer einerseits und durch energetische Anforderungen andererseits getrieben. Für Dunstabzugshauben in Wohnungsküchen ergibt sich daraus eine intensive Diskussion der technischen Vor- und Nachteile von Abluft- und Umluftbetrieb mit vielfältigen Facetten.

Infolgedessen wird im Rahmen dieses Forschungsvorhabens eine grundlegende Untersuchung aller relevanten Aspekte durchgeführt. Neben einer technischen Bewertung von Dunstabzugshauben und deren Komponenten hinsichtlich Wirksamkeit, Energieeffizienz und Hygiene wird insbesondere die Wechselwirkung mit anderen technischen Systemen untersucht, da diese teilweise sicherheitstechnische Aspekte beinhalten. Ein wesentlicher Bestandteil der Untersuchung ist hierbei die energetische und wirtschaftliche Bewertung unterschiedlicher Haubensysteme und Betriebsvarianten. Die vorliegende Studie beinhaltet folgende Arbeitsschwerpunkte:

- Technische Bewertung von Dunstabzugshauben (unter anderem: Wirksamkeit der Dunstabzugshaube bei Abluft- und Umluftbetrieb, Anlagenhygiene)
- Bewertung der Behaglichkeit
- Bewertung der Möglichkeiten der Luftnachströmung in dichten Gebäuden bei Abluftbetrieb
- Untersuchung der Wechselwirkung mit anderen technischen Systemen z.B. Lüftungsanlage, Feuerstätte oder Zentralstaubsauger
- Energetische Bewertung von Abluft- und Umluftsystemen in Abhängigkeit des Gebäudeenergiestandards (Neubau oder Gebäudebestand)
- Untersuchung der systemabhängigen Kosten

Die Erkenntnisse aus der Studie sind in einen Leitfaden für Nutzer, Planer und Gutachter zusammengefasst. Der Leitfaden umfasst neben Empfehlungen für den Betrieb von Abluft- und Umlufthauben in Wohnküchen vor allem Planungsempfehlungen und fungiert als Beratungs-, Planungs- und Entscheidungshilfe für maßgebliche Marktbeteiligte (Handel, Küchenplaner, Architekten, Bauträger, Schornsteinfeger, Installateure und Endkunden).

Die Informationen, die durch den Leitfaden verbreitet werden, helfen den Akteuren, das unter den gegebenen Randbedingungen des Gebäudes geeignete, energieeffiziente und wirtschaftliche Küchenabluftsystem auszuwählen. Nicht zuletzt

beugt die Anwendung des Leitfadens Feuchteschäden in Konstruktion und Küchenmöbeln sowie Fehlfunktionen bei anderen technischen Anlagen wie Lüftungsanlage oder Feuerstätte vor.

2 Rahmenbedingungen

2.1 Normative Rahmenbedingungen

2.1.1 DIN EN 61591/VDE 0705-1591

[DIN EN 61591]:2016 – „Haushalt-Dunstabzugshauben und andere Absauger für Kochdünste – Verfahren zur Messung der Gebrauchseigenschaften“ – definiert die wichtigsten Gebrauchseigenschaften von Dunstabzugshauben und legt für die jeweilige Eigenschaft die Prüfverfahren fest. Als Dunstabzugshaube in der DIN EN 61591 werden Dunstabzugshauben mit eingebautem Gebläse im Umluft- oder Abluftbetrieb, die über einer Kochmulde angeordnet sind, verstanden. Auch Dunstabzugshauben mit externem Gebläse, wenn dieses von der Dunstabzugshaube gesteuert wird und in der technischen Dokumentation festgelegt ist sowie Downdraft-Geräte (Kochfeldabsaugung), die neben, hinter oder unterhalb der Kochfläche angeordnet sind, sind im Anwendungsbereich der DIN EN 61591. Die Gebrauchseigenschaften, die die DIN EN 61591 prüft, sind:

- Gesamtmaße (Länge, Tiefe und Höhe, einschließlich aller Reglerknöpfe, Durchmesser der Abluftöffnung)
- Maximal wirksame Absorptionsfläche (Gesamtlänge und –tiefe der Flächenprojektion, die von der waagerechten Haubenbegrenzung bestimmt wird.)
- Länge der Anschlussleitung (Abstand zwischen Eintrittsstelle der Anschlussleitung in die Dunstabzugshaube, das externe Gebläse oder in das Downdraft-Gerät und dem Stecker sowie Angabe, ob für Festanschluss bestimmt)
- Gewicht (Gesamtgewicht der Dunstabzugshaube, des externen Gebläses oder des Downdraft-Gerätes inklusive Filter, Netzanschlussleitung und Stecker, ...)
- Fördervolumen (Messung des Fördervolumens bei verschiedenen Drücken zur Ermittlung der Druck-Fördervolumen-Kurve)
- Fähigkeit der Fettabscheidung (Wiegen des Fettfilters vor und nach der Prüfung; Kochzone mit erhitzter Pfanne, auf die Maiskeimöl und Wasser getropft wird)
- Fähigkeit der Geruchsreduzierung (Kochzone mit erhitzter Pfanne, auf die eine Lösung aus Methyl-Ethyl-Keton (MEK) und Wasser getropft wird; Konzentrationsbestimmung von MEK im Prüfraum)
- Wirksamkeit der Beleuchtung (Messung der Beleuchtungsstärke mit einem Luxmeter)
- Wartung (Einfachheit der Reinigung des geprüften Gerätes anhand der Herstellerangaben, Einfachheit Filterreinigung, Filtertyp [austauschbar oder nicht])
- Merkmale (Zugänglichkeit Bedienelemente, Gebläsestufen, Filterwechselanzeiger, Intensivstufe)

2.1.2 DIN 1946-6

[DIN 1946-6]:2009 - „Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung“- beinhaltet Anforderungen an die Bemessung und Ausführung von Lüftungssystemen für Wohnungen. Berücksichtigung der Wechselwirkung von Wohnungslüftung mit Dunstabzugshauben findet in der DIN 1946-6 nur in Teilaspekten statt:

- Abschnitt 5.3.6.3 (Ventilatorgestützte Lüftung): Beim Betrieb von Dunstabzugshauben kann von Nutzerunterstützung durch Fensteröffnen ausgegangen werden.
- Abschnitt 9.2.5.4 (Luftfilter): Luftfilter und Filtereinsätze in Dunstabzugshauben müssen nicht brennbar sein. Bei Einbindung der Dunstabzugshauben in die Lüftungsanlage sind die brandschutztechnischen Regelungen zu beachten.

Die Beiblätter 3 und 4 der DIN 1946-6 enthalten detailliertere Hinweise zum Wechselspiel zwischen Lüftungssystem, Feuerstätte und Dunstabzugshaube.

2.1.3 DIN 1946-6 Beiblätter 3 und 4

Die Kombination von Feuerstätten und Lüftungsanlagen in einer Wohnung ist sicherheitsrelevant. Ein unzulässig hoher Unterdruck im Aufstellraum der Feuerstätte muss wegen des möglichen Austretens von Abgasen in die Wohnung verhindert werden. Ein Unterdruck im Gebäude kann auch durch den Betrieb einer Abluft-Dunstabzugshaube erzeugt werden und kann unter Umständen zu kritischen Druckverhältnissen führen.

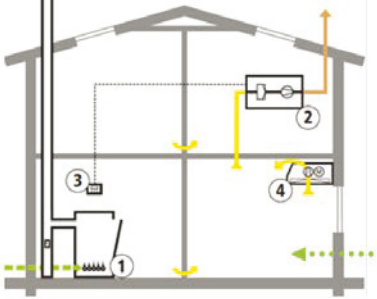
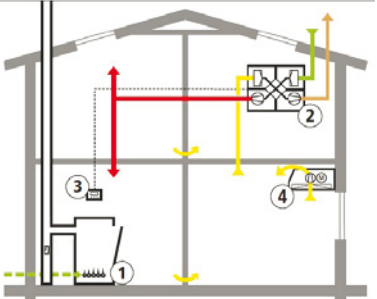
Die im Juni 2017 neu erschienenen Beiblätter 3 („Gemeinsamer und nicht gemeinsamer Betrieb von Lüftungsgeräten und Einzelraumfeuerstätten für feste Brennstoffe – Installationsregel“) und 4 („Gemeinsamer Betrieb von Lüftungsgeräten und Einzelraumfeuerstätten für feste Brennstoffe – Installationsbeispiele“) der DIN 1946-6 sollen als Basis für die allgemeingültige Zulassung von Systemen und Komponenten beim gemeinsamen Betrieb von Feuerstätten und Lüftungsanlagen (oder anderen Unterdruck erzeugenden Systemen) dienen. In Deutschland gab es bisher zum Betrieb von Feuerstätten und Lüftungsanlagen (oder anderen Unterdruck

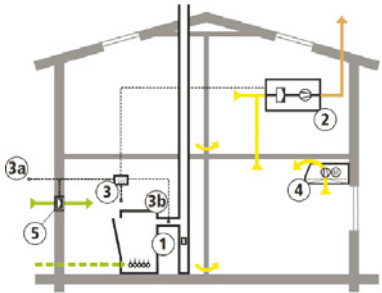
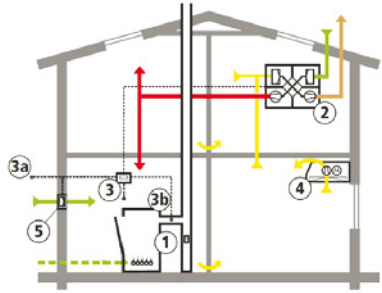
erzeugenden Systemen) keine flächendeckenden rechtsverbindlichen Lösungen. Der zuständige Bezirksschornsteinfeger traf meist im Einzelfall Entscheidungen.

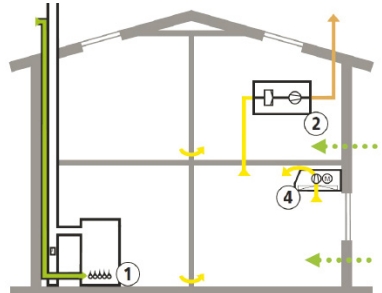
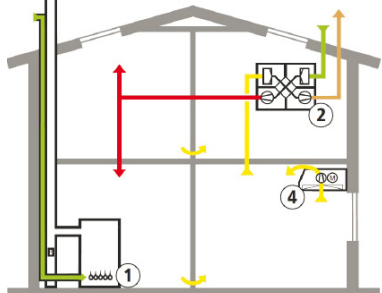
Die beiden erarbeiteten Beiblätter 3 und 4 der DIN 1946-6 beinhalten die Thematik des „gemeinsame[n] und nicht gemeinsame[n] Betrieb[s] von Lüftungsgeräten und Einzelraumfeuerstätten für feste Brennstoffe. Beiblatt 3 beschreibt detailliert die Installationsregeln und Beiblatt 4 zeigt Installationsbeispiele auf.

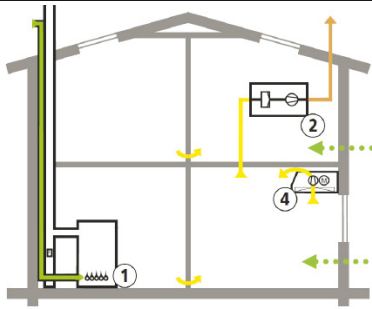
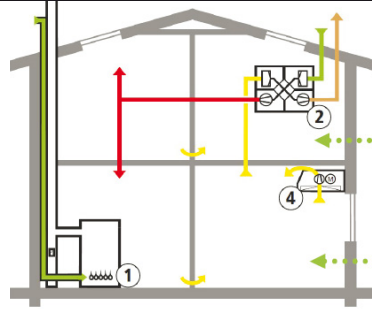
Im Beiblatt 4 werden 5 Installationsbeispiele mit entsprechenden Anmerkungen für die Dunstabzugshaube dokumentiert. Diese 5 Installationsbeispiele werden in Tabelle 1 kurz zusammengefasst.

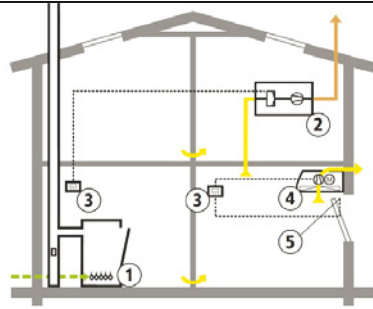
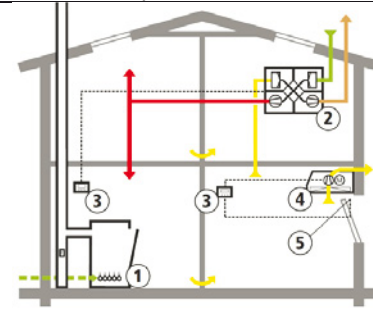
Tabelle 1: Überblick der Installationsbeispiele aus [DIN 1946-6 Bbl.4]

Beispiel A: Differenzdrucküberwachung für den gemeinsamen Betrieb von raumluftabhängigen Feuerstätten und Lüftungsgeräten vom Typ F		
Lüftungssystem	Abluft-Gerät	Zu-/Abluft-Gerät
		
	Quelle: Anton Höß, München	Quelle: Anton Höß, München
Überwachte Größe	Differenzdruck, Verbindungsstück gegenüber dem Aufstellraum	Differenzdruck, Aufstellraum gegenüber dem Freien
Feuerstätte	Raumluftabhängig, Anschluss an einfach belegten Schornstein	
Lüftungsggerät	Zentral, dezentral oder raumweise, Sicherheitseinrichtung auf das Lüftungsgerät geschaltet	
Sicherheitseinrichtung	Differenzdrucküberwachung	
Dunstabzugshaube	Umluftbetrieb (Abluftbetrieb: bei den maximal zulässigen Unterdrücken im Aufstellraum der Feuerstätte ohne Betriebsstörungen nur bei sehr undichten Gebäuden oder mit eigener Zuluftversorgung möglich)	
Maximaler Differenzdruck	4 Pa	

Beispiel B: Differenzdrucküberwachung mit steuerbaren ALD für gemeinsamen Betrieb von raumluftabhängigen Feuerstätten mit Lüftungsgeräten im balancierten Regelbetrieb mit zweistufiger Disbalance		
Lüftungssystem	Abluft-Gerät	Zu-/Abluft-Gerät
		
	Quelle: Anton Höß, München	Quelle: Anton Höß, München
Überwachte Größe	Differenzdruck, Verbindungsstück gegenüber dem Aufstellraum	Differenzdruck, Aufstellraum gegenüber dem Freien (Windanströmung, Gebäudethermik beachten)
Feuerstätte	Raumluftabhängig, Anschluss an einfach belegten Schornstein	
Lüftungsgerät	Zentral, dezentral oder raumweise, Sicherheitseinrichtung auf das Lüftungsgerät geschaltet	
Sicherheitseinrichtung	Differenzdrucküberwachung	
Dunstabzugshaube	Umluftbetrieb (Abluftbetrieb: bei den maximal zulässigen Unterdrücken im Aufstellraum der Feuerstätte ohne Betriebsstörungen nur bei sehr undichten Gebäuden oder mit eigener Zuluftversorgung möglich)	
Steuerbarer ALD	Im Aufstellraum der Feuerstätte; Nicht-Betrieb der Feuerstätte, dann geschlossen; kann auch direkt von der Feuerstätte oder Sicherheitseinrichtung gesteuert werden	
Maximaler Differenzdruck	4 Pa	

Beispiel C: Raumluftunabhängige Feuerstätten für gemeinsamen Betrieb mit Lüftungsgeräten vom Typ F (Bauart oder nachgerüstet)		
Lüftungssystem	Abluft-Gerät	Zu-/Abluft-Gerät
		
	Quelle: Anton Höß, München	Quelle: Anton Höß, München
Überwachte Größe	Differenzdruck, Verbindungsstück gegenüber dem Aufstellraum	Differenzdruck, Aufstellraum gegenüber dem Freien
Feuerstätte	Raumluftunabhängig, Anschluss an einfach belegten Luft-/Abgas-Schornstein oder Schornstein	
Lüftungsgerät	Zentral, dezentral oder raumweise	
Dunstabzugshaube	Umluftbetrieb (Abluftbetrieb: bei den maximal zulässigen Unterdrücken im Aufstellraum der Feuerstätte ohne Betriebsstörungen nur bei sehr undichten Gebäuden oder mit eigener Zuluftversorgung möglich)	
Maximaler Differenzdruck	8 Pa	

Beispiel D: Raumluftunabhängige Feuerstätten für gemeinsamen Betrieb mit Abluftgeräten sowie Zu-/Abluftgeräten im balancierten Regelbetrieb mit zeitweiser Disbalance		
Lüftungssystem	Abluft-Gerät	Zu-/Abluft-Gerät
		
	Quelle: Anton Höß, München	Quelle: Anton Höß, München
Überwachte Größe	Öffnung eines Fensters	
Feuerstätte	Raumluftunabhängig, Anschluss an einfach belegten Luft-/Abgas-Schornstein oder Schornstein	
Lüftungsgerät	Zentral, dezentral oder raumweise, balancierter Betrieb	
Dunstabzugshaube	Umluftbetrieb (Abluftbetrieb: bei den maximal zulässigen Unterdrücken im Aufstellraum der Feuerstätte ohne Betriebsstörungen nur bei sehr undichten Gebäuden oder mit eigener Zuluftversorgung möglich)	
Maximaler Differenzdruck	8 Pa	

Beispiel E:		
Positionsüberwachung der Zuluftöffnung für gemeinsamen Betrieb von Dunstabzugshauben im Abluftbetrieb mit raumluftabhängigen Feuerstätten oder mit Systemen bestehend aus raumluftabhängigen Feuerstätten, Lüftungsgeräten und Sicherheitseinrichtungen		
Lüftungssystem	Abluft-Gerät	Zu-/Abluft-Gerät
		
	Quelle: Anton Höß, München	Quelle: Anton Höß, München
Überwachte Größe	Differenzdruck, Verbindungsstück gegenüber dem Aufstellraum	Differenzdruck, Aufstellraum gegenüber dem Freien
Feuerstätte	Raumluftabhängig oder raumluftunabhängig, Anschluss an einfach belegten Schornstein	
Lüftungsgerät	Zentral, dezentral oder raumweise, Sicherheitseinrichtung auf das Lüftungsgerät geschaltet	
Sicherheitseinrichtung	Positionsüberwachung	
Dunstabzugshaube	Abluftbetrieb (und/oder weitere luftabsaugende Einrichtungen)	
Maximaler Differenzdruck	4 Pa	
Legende zu den Bildern:		
1 – Feuerstätte		
2 – Lüftungsgerät		
3 – Sicherheitseinrichtung		
4 – Dunstabzugshaube		
5 – Steuerbarer ALD / positionsüberwachte Zuluftöffnung (z.B. Fenster)		

2.1.4 DIN EN 15780

[DIN EN 15780]:2012 – „Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Sauberkeit von Lüftungsanlagen“ – definiert Kriterien für die Beurteilung der Sauberkeit sowie die Reinigungsverfahren für Lüftungs- und Klimaanlage. Neben zentralen raumluftechnischen Geräten und einzelnen Komponenten ist beispielsweise auch die Küchen-Ablufteinrichtung als System aufgeführt. Grundsätzlich wird das Reinigungsintervall unter Beachtung des Verschmutzungsgrades festgelegt. Hierbei erfolgt zunächst eine visuelle Prüfung und bei Bedarf eine Beurteilung mit Hilfe einer Messung. Anhand eines Inspektions- bzw. Reinigungsplans unter Festlegung des anzuwendenden Reinigungsverfahrens wird die Luftleitung gereinigt und das Ergebnis der Reinigung bewertet und in einem Reinigungsbericht festgehalten. DIN EN 15780 empfiehlt für mittlere Sauberkeitsqualitätsklassen ein Inspektionsintervall von 24 Monaten. Für Abluft legt die DIN EN 15780 folgende Regelung fest: „Abluftanlagen sollten gereinigt werden, wenn sich die Luftströmung durch die Anlage um 15 % oder mehr verringert [...] (bzw.) wenn bei Anwendung des Finnischen Saugprüfverfahrens die Staubkonzentration $9,0 \text{ g/m}^2$ überschreitet.“ Auch der Zustand des Filters kann ein guter Indikator für den Reinigungsbedarf von Luftleitungen sein, daher empfiehlt die DIN EN 15780 zum Inspektionsbeginn die Filterqualität zu beurteilen.

2.1.5 VDI 6022 Blatt 1

[VDI 6022 Blatt 1]: 2018 – „Raumluftechnik, Raumlufqualität – Hygieneanforderungen an raumluftechnische Anlagen und Geräte (VDI-Lüftungsregeln)“- beinhaltet ganzheitliche Anforderungen der Hygiene von raumluftechnischen Anlagen. Berücksichtigt werden bauliche, technische und organisatorische Einflüsse hinsichtlich Planung, Fertigung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung von raumluftechnischen Anlagen und Geräten. VDI 6022 Blatt 1.3:2015 sowie die Blätter 1.1 und 1.2 sind in der Neufassung dieser VDI-Richtlinie integriert worden.

VDI 6022 Blatt 1 zeigt u.a. die Beurteilung der Sauberkeit von luftführenden Oberflächen in RLT-Anlagen und andere die Zuluftqualität beeinflussende Geräte (z.B. Umluft-Dunstabzugshaube) auf. Generell sollten RLT-Anlagen nach VDI 6022 Blatt 1 so ausgeführt sein, dass die Luftleitungen keiner Reinigung bedürfen. Auch die

gewählte Luftfiltergüte und das Wechselintervall der Luftfilter haben großen Einfluss auf die Reinheit der Luftleitungen. Für Wohngebäude empfiehlt die VDI 6022 Blatt 1 eine mittlere Sauberkeitsklasse und die Mindestdichtheitsklasse „C“. Für eine problemlose Reinigung sollten schon während der Planung genügend Reinigungs- und Revisionsöffnungen vorgesehen werden. Auch bei der Herstellung und Lagerung der Luftleitungen sollten Verschmutzungen so gut es geht vermieden werden.

Neben den Anforderungen an Planung, Herstellung und Errichtung, Betrieb und Instandhaltung werden auch Hinweise zu bevorzugte Messverfahren gegeben. Darüber hinaus werden Hinweise zur Reinigung von RLT-Anlagen mit der Zielsetzung der Besenreinheit gegeben unter Einhaltung der entsprechend in VDI 6022 Blatt 1 festgelegten Grenzwerte.

Eine Reinigung von Abluftleitungen kann durch die Belastungen aus dem Raum erforderlich sein z.B. Kochwrasen aus der Küche. Aus Gründen der Raumluftqualität und insbesondere des Brandschutzes sollten, obwohl für Abluftleitungen 50 % höhere Grenzwerte als bei Zuluftleitungen nach VDI 6022 Blatt 1 gelten, je nach Reinigungsbedarf entsprechende regelmäßige Reinigungen vorgenommen werden.

2.1.6 DIN EN 60335-2-31/VDE 0700-31

[DIN EN 60335-2-31] / VDE 0700-31:2015 „Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 2-31: Besondere Anforderungen für Dunstabzugshauben und andere Wrasenabsaugungen“ beschreibt Forderungen an die elektrische Sicherheit von Dunstabzugshauben.

2.1.7 DIN EN 60704-2-13

[DIN EN 60704-2-13]:2018 – „Elektrische Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Prüfvorschrift für die Bestimmung der Luftschallemission – Teil 2-13: Besondere Anforderungen für Dunstabzugshauben und andere Wrasenabzüge“ – stellt Anforderungen an die Festlegung von Geräuschemissionswerten an den Hausgebrauch von Dunstabzugshauben und andere Wrasenabzüge. DIN EN 60704-2-13 beschreibt das Messverfahren und die akustische Umgebung, den Betrieb des

Gerätes während der Prüfung sowie Standort und Geräbefestigung für die Geräuschemissions-Prüfung. Mit Hilfe eines Mikrofons wird der A-bewertete zeitlich gemittelte Schalldruckpegel (mind. 30 Sekunden) ermittelt und daraus der Schalldruckpegel und der Schallleistungspegel abgeleitet.

2.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen

2.2.1 Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die Speisenzubereitung ist ein essentieller Bestandteil des typischen Wohnverhaltens. Die Freisetzung von Gerüchen und Wasserdampf (z.B. beim Kochen als Kochwrasen) in unterschiedlichem Maße ist abhängig vom kulturellen bzw. sozialen Hintergrund und von individuellen Lebensgewohnheiten. Für die definierte Funktionalität der Gebäude ist die Abführung dieser Geruchs- und Feuchtebelastungen zwingend erforderlich – es existieren folgende Möglichkeiten:

- Fensterlüftung durch gezieltes Fensteröffnen während des Kochvorgangs
- Einbindung der Küchenabluft in ein ventilatorgestütztes Lüftungssystem
- Nutzung einer Dunstabzugshaube oder anderen Absaugeinrichtungen für Küchendunst

Die Fensterlüftung ist in starkem Maße von den Nutzergewohnheiten und den konkreten Umgebungsbedingungen (Lage des Gebäudes, Wetterverhältnisse) abhängig. Ein zur Lastabfuhr ausreichendes und gleichzeitig energieeffizientes Fensterlüften kann nicht sicher gewährleistet werden.

Die Einbindung der Küchenluft in ein ventilatorgestütztes Lüftungssystem erfordert ein unter Beachtung der Küchenabluft größer als sonst üblich dimensioniertes Lüftungssystem. Die fetthaltige Küchenabluft kann Schwierigkeiten bei der Anlagenhygiene (Reinhaltung der Luftleitungen) bereiten.

Die Nutzung einer Dunstabzugshaube oder anderer Absaugeinrichtungen für Küchendunst stellt eine für Küchen optimierte Möglichkeit der Luftabführung dar. Mit dem Ziel einer guten Erfassung der Geruchs- und Feuchtebelastungen werden möglichst nahe am Entstehungsort (Küchenherd) hohe Luftvolumenströme realisiert.

Diese hohen Luftvolumenströme sind allerdings im Regelfall nur im Zusammenhang mit Kochvorgängen erforderlich. Die energetische Optimierung wird durch das Energielabel für Dunstabzugshauben vorangetrieben.

Dunstabzugshauben können als wichtige Komponente der Anlagentechnik in Wohngebäuden angesehen werden, einerseits durch die Notwendigkeit der Abfuhr der bei Kochvorgängen entstehenden Geruchs- und Feuchtebelastungen und andererseits durch die Limitierung der alternativen Lüftungslösungen (Fensterlüftung bzw. Einbindung in ventilatorgestützte Lüftungssysteme). Unabhängig vom Wärmedämmstandard gilt dies für gegenwärtig oder zukünftig errichtete hochwärmegeämmte Wohngebäude.

Offensichtlich wird vom Gesetzgeber auch die „Einsicht in die Notwendigkeit“ geteilt. In den aktuellen Fassungen von [EnEV] und [EEWärmeG] finden sich keine Hinweise, die die Dunstabzugshauben oder gar deren Verbot betreffen. Gegenwärtig erfolgt keinerlei Berücksichtigung des Strombedarfs der Dunstabzugshauben bei der Energiebilanzierung im Energieausweis. Möglicher Grund könnte die offensichtlich sehr geringe tägliche Betriebszeit sein, die außerdem stark von den Nutzergewohnheiten abhängt.

2.2.2 Entwurf Gebäude-Energie-Gesetz (GEG)

Das „Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – [GEG])“ soll zukünftig unterschiedliche Vorschriften im deutschen Energieeinsparrecht vereinigen. Das Gebäudeenergiegesetz führt das Energieeinsparungsgesetz (EnEG), die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) zusammen. Wie in der aktuellen Fassung der EnEV und EEWärmeG finden sich im Referentenentwurf zum Gebäude-Energie-Gesetz keine Hinweise wieder, die sich auf Dunstabzugshauben oder gar deren Verbot beziehen.

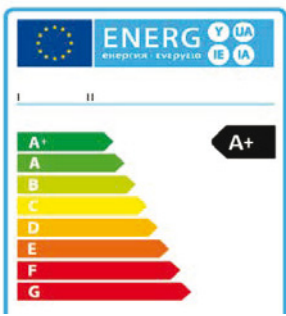
Hinweis: Änderungen sind im weiteren Gesetzgebungsverfahren wahrscheinlich.

2.2.3 ErP-Richtlinie und Energieeffizienzkennzeichnung

Im Januar 2014 wurden die EU-Verordnungen Nr. [65/2014] und [66/2014] veröffentlicht. Sie bilden die rechtliche Grundlage für die Einführung der Energieeffizienzkennzeichnung (65/2014) sowie die Ökodesign-Anforderungen (66/2014) bei Dunstabzugshauben. Die Energieeffizienzkennzeichnung ist schon länger bei anderen Produkten wie z.B. der Waschmaschine oder Kühlschränken bei den Verbrauchern bekannt. Das Energielabel gibt dabei durch eine Farbskala von Grün bis Rot und einer Energieeffizienzklasse Auskunft über den Energieverbrauch der Produkte. Die Berechnungsverfahren sind in den beiden EU-Verordnungen, in begleitenden Mitteilungen der EU-Kommission und in harmonisierten europäischen Normen zu finden. Die Ökodesign-Anforderungen sehen eine Kennzeichnungspflicht hinsichtlich der Produkte, die eine umweltgerechte Gestaltung erfüllen z.B. durch Vorgaben an Energieeffizienz.

Tabelle 2 zeigt eine Übersicht zur Energiekennzeichnung und den Ökodesign-Anforderungen von Dunstabzugshauben.

Tabelle 2: Übersicht Energiekennzeichnung und Ökodesign-Anforderungen

	Energiekennzeichnung	Ökodesign-Anforderungen
Label		
Anforderungen	• Klassifizierung nach Energieeffizienz • Erfüllung der Mindestanforderungen der schlechtesten Klasse	• Erfüllung von Mindesteffizienz- und Fluiiddynamischen Eigenschaften

Die einzelnen technischen Anforderungen werden zum 20. Februar 2017 bzw. 2019 verschärft (Ökodesign-Anforderungen), siehe Tabelle 3.

Tabelle 3: Mindestanforderungen der Ökodesign-Anforderungen

	Inkrafttreten		
	Ab 20.02.2015	Ab 20.02.2017	Ab 20.02.2019
Energieeffizienzindex EEI (Mindestanforderung)	EEI < 120	EEI < 110	EEI < 100
Fluiddynamische Effizienz FDE (Mindestanforderung)	FDE > 3	FDE > 5	FDE > 8

Außerdem gelten folgende Anforderungen:

- Beleuchtung (durchschnittliche Beleuchtungsstärke auf der Kochoberfläche > 40 Lux)
- Luftstrom (bei Dunstabzugshauben mit maximalem Luftstrom von > 650 m³/h muss nach einer festgelegten Zeit automatisch der Luftstrom auf maximal 650 m³/h reduziert werden)
- Niedrigverbrauchsmodi (ab 20.08.2015: $p_{el} < 1 \text{ W}$ im AUS-Zustand und im Bereitschaftszustand, $p_{el} < 2 \text{ W}$ Bereitschaftszustand mit Informations- oder Statusanzeige; ab 20.08.2017: $p_{el} < 0,5 \text{ W}$ im AUS-Zustand und im Bereitschaftszustand, $p_{el} < 1 \text{ W}$ Bereitschaftszustand mit Informations- oder Statusanzeige, aktivierte Verbrauchsminimierungsfunktion bei Auslieferung, Verbrauchsminimierungsfunktion greift automatisch eine Minute, nachdem der Motor oder die Beleuchtung abgeschaltet wurde (automatisch oder manuell).)

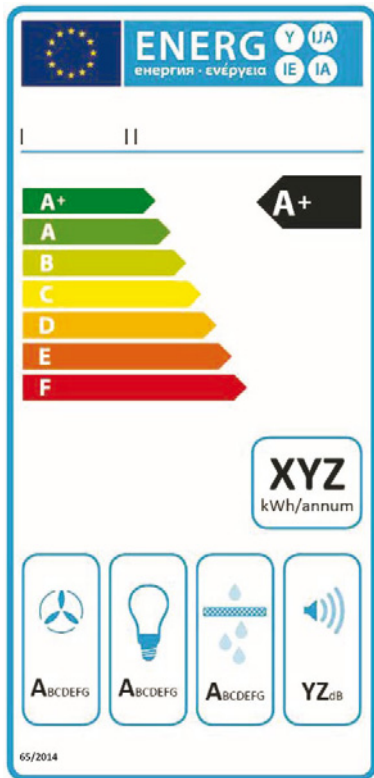


Abbildung 1: Energielabel für Dunstabzugshauben

Das Label (siehe Abbildung 1) macht Angaben zu:

- Energieeffizienzklasse
- Jährlicher Energieverbrauch in kWh (Berücksichtigt wird eine durchschnittliche Betriebszeit von 60 Minuten/Tag, eine durchschnittliche Beleuchtungszeit von 120 Minuten/Tag, Energieverbrauch im OFF-Modus und im Standby-Modus)
- Fluidynamische Effizienz (Luftführungs-Effizienz)
- Beleuchtungseffizienz
- Fettabscheidegrad
- Geräuschemission

Tabelle 4: Mindestanforderungen für Energiekennzeichnung – Energieeffizienzindex

	Energieeffizienzindex EEI in %			
	Pflicht ab 01.01.2015	Pflicht ab 01.01.2016	Pflicht ab 01.01.2018	Pflicht ab 01.01.2020
A+++				EEI < 30
A++			EEI < 37	$30 \leq \text{EEI} < 37$
A+		EEI < 45	$37 \leq \text{EEI} < 45$	$37 \leq \text{EEI} < 45$
A	EEI < 55	$45 \leq \text{EEI} < 55$	$45 \leq \text{EEI} < 55$	$45 \leq \text{EEI} < 55$
B	$55 \leq \text{EEI} < 70$	$55 \leq \text{EEI} < 70$	$55 \leq \text{EEI} < 70$	$55 \leq \text{EEI} < 70$
C	$70 \leq \text{EEI} < 85$	$70 \leq \text{EEI} < 85$	$70 \leq \text{EEI} < 85$	$70 \leq \text{EEI} < 85$
D	$85 \leq \text{EEI} < 100$	$85 \leq \text{EEI} < 100$	$85 \leq \text{EEI} < 100$	EEI < 85
E	$100 \leq \text{EEI} < 110$	$100 \leq \text{EEI} < 110$	EEI < 100	
F	$110 \leq \text{EEI} < 120$	EEI < 110		
G	EEI < 120			

Tabelle 5: Mindestanforderungen für Energiekennzeichnung – Fluidynamische Effizienz, Beleuchtungseffizienz und Fettabscheidegrad

	Fluidynamische Effizienz In $((\text{m}^3/\text{h}) \cdot \text{Pa})/\text{W}$	Beleuchtungseffizienz In lx/W	Fettabscheidegrad In %
A	FDE > 28	LE > 28	GFE > 95
B	$23 < \text{FDE} \leq 28$	$20 < \text{LE} \leq 28$	$85 < \text{GFE} \leq 95$
C	$18 < \text{FDE} \leq 23$	$16 < \text{LE} \leq 20$	$75 < \text{GFE} \leq 85$
D	$13 < \text{FDE} \leq 18$	$12 < \text{LE} \leq 16$	$65 < \text{GFE} \leq 75$
E	$8 < \text{FDE} \leq 13$	$8 < \text{LE} \leq 12$	$55 < \text{GFE} \leq 65$
F	$4 < \text{FDE} \leq 8$	$4 < \text{LE} \leq 8$	$45 < \text{GFE} \leq 55$
G	$\text{FDE} \leq 4$	$\text{LE} \leq 4$	$\text{GFE} \leq 45$

2.2.4 Muster-Feuerungsverordnung (MFeuV)

Die Feuerungsverordnung ist rechtlich bindend für das Aufstellen und Betreiben von Feuerungsanlagen. Feuerungsanlagen im Sinne der Muster-Feuerungsverordnung [MFeuV] sind Feuerstätten, Wärmepumpen und Blockheizkraftwerke, die zur Beheizung von Räumen und/oder zur Warmwasserbereitung dienen sowie Gas-Haushalts-Kochgeräte. Die einzelnen Bundesländer geben entsprechend ihrer Bauordnung die für das Bundesland geltende Feuerungsverordnung heraus. Die

Einhaltung der Vorschriften wird dabei von den Bezirksschornsteinfegern überwacht und kontrolliert.

Wird eine Dunstabzugshaube im Abluftmodus in Kombination mit einer raumluftabhängigen Feuerstätte betrieben, dann müssen die Anforderungen der Muster-Feuerungsverordnung erfüllt sein.

Die zur Verbrennung benötigte Luft kann durch die Dunstabzugsanlage abgesaugt werden und ein kritischer Unterdruck im Aufstellraum der Feuerstätte kann entstehen (≤ 4 Pa). Dies kann zum Austritt von Verbrennungsgasen in den Aufstellraum der Feuerstätte führen und Schädigungen oder Vergiftungen bei den Bewohnern hervorrufen. Die Betriebssicherheit von raumluftabhängigen Feuerstätten darf durch den Betrieb von Dunstabzugshauben nicht beeinträchtigt werden. Laut Muster-Feuerungsverordnung ist dies erfüllt, wenn:

- „ein gleichzeitiger Betrieb der Feuerstätten und der Luft absaugenden Anlagen durch Sicherheitseinrichtungen verhindert wird,
- die Abgasabführung durch besondere Sicherheitseinrichtungen überwacht wird,
- die Abgase der Feuerstätten über die Luft absaugenden Anlagen abgeführt werden oder
- anlagentechnisch sichergestellt ist, dass während des Betriebes der Feuerstätten kein gefährlicher Unterdruck entstehen kann.“

Technische Lösungen zur Einhaltung der Anforderungen der Muster-Feuerungsverordnung sind z.B.:

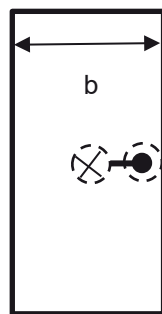
- Differenzdrucküberwachung: Kopplung der Dunstabzugshaube (Abluftbetrieb) mit Differenzdrucküberwachung. Ist der Differenzdruck im Aufstellraum der Feuerstätte gegenüber dem Freien bzw. Abgas im Verbindungsstück ≥ 4 Pa, dann wird durch die Sicherheitseinrichtung Differenzdruckwächter (DIBt-geprüft) die Stromversorgung der Dunstabzugshaube unterbrochen.
- Positionsüberwachung: Kopplung der Dunstabzugshaube (Abluftbetrieb) mit Positionsüberwachung. Die Sicherheitseinrichtung Positionsüberwachung (DIBt-geprüft) gibt den Betrieb der Dunstabzugshaube nur frei, wenn die überwachte Zuluftöffnung geöffnet ist (z.B. Fenster, motorische Zuluftöffnung,...).

Dunstabzugshauben im Umluftbetrieb sowie raumluftunabhängige Feuerstätten unterliegen nicht den oben genannten Vorschriften der Muster-Feuerungsverordnung.

2.2.5 Sicherheitsaspekte nach Landesbauordnungen

In Deutschland sind in bauaufsichtlichen Regelungen die sicherheitstechnischen Anforderungen an eine Fluchttür für druckbelüftete Treppenräume festgehalten. Unter sicherheitstechnischen Anforderungen wird allgemein das mögliche Öffnen einer Fluchttür gegen die einwirkende Druckdifferenz verstanden. Die Angaben der Landesbauordnungen bzw. Hochhausverordnungen der einzelnen Bundesländer unterscheiden sich nur geringfügig. Beispielsweise ist unter Position 37.4322 der Verwaltungsvorschrift zur Landesbauordnung von Nordrhein-Westfalen (VV BauO NRW) folgendes ausgeführt: „Der Überdruck im notwendigen Treppenraum oder in der Sicherheitsschleuse darf bei geschlossenen Türen 100 N je 2 m² Türfläche nicht überschreiten.“ (Quelle: <https://recht.nrw.de>) Daraus lässt sich zunächst überschlägig eine maximal zulässige Druckdifferenz von 50 Pa (1 Pa = 1 N/m²) ableiten.

Die Kraft, die benötigt wird, um eine Tür zu öffnen, hängt neben der Druckdifferenz auch von der Hebellänge zwischen Türscharnier und Türgriff ab. Unter der Annahme, dass die Hebellänge ca. 90% der Türbreite beträgt und der Angriffspunkt der Druckbelastung in der Türmitte liegt, ergibt sich die Türöffnungskraft F_T zu:



$$0,5 \cdot b \cdot \Delta p \cdot A_T = 0,9 \cdot b \cdot F_T$$

$$0,5 \cdot 50 \text{ Pa} \cdot 2 \text{ m}^2 = 0,9 \cdot F_T$$

$$F_T = \frac{0,5 \cdot 50 \text{ Pa} \cdot 2 \text{ m}^2}{0,9} = 56 \text{ N} \approx 5,7 \text{ kg}$$

Kritische Türöffnungskräfte von ca. 100 N finden sich in der Literatur, z.B. in [DIN EN 12101-6]: 2005 „Rauch- und Wärmefreihaltung - Teil 6: Festlegungen für Differenzdrucksysteme, Bausätze“ sowie in den bauaufsichtlichen Regelungen. Unter Berücksichtigung der Hebellängen ergibt sich damit eine zulässige Druckdifferenz von:

$$\Delta p = \frac{0,9 \cdot b \cdot F_T}{0,5 \cdot b \cdot A_T} = \frac{0,9 \cdot F_T}{0,5 \cdot A_T} = \frac{0,9 \cdot 100 \text{ N}}{0,5 \cdot 2 \text{ m}^2} = 90 \text{ Pa}$$

Differenzdrücke von 50 bis 75 Pa (bzw. Türöffnungskräfte von 56 bis 83 N bzw. 5,7 bis 8,5 kg) sollen nachfolgend im Sinne einer sicherheitsorientierten Betrachtung als zulässig an Innentüren in Wohnungen betrachtet werden. So lange nicht weitergehende Anforderungen, z.B. durch die Kombination mit Feuerstätten (siehe Kapitel 2.1.3) bestehen, können die zulässigen Differenzdrücke als Anforderungskriterium betrachtet werden.

2.3 Sonstige Rahmenbedingungen

2.3.1 Passivhaus Institut

Das Passivhaus ist ein Baukonzept, bei dem die Wärmeverluste derart stark verringert werden, dass Vereinfachungen gegenüber konventionellen Heizungsanlagen möglich sind. Dass Passivhäuser die hohe Energieeinsparung nachweislich auch in der Praxis erzielen, belegen zahlreiche Feldstudien (vgl. [Feist et al. 2000], [Schnieders et al. 2001], [Reiß/Erhorn 2003]). Das Passivhaus Institut hat Anforderungen für Passivhäuser entwickelt und bietet darauf basierend Zertifizierungen für energieeffiziente Gebäude als auch für Komponenten an.

Wesentliche Passivhaus-Kriterien sind (vgl. www.passiv.de):

- Jahresheizwärmebedarf $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Jahresprimärenergiebedarf (für alle Anwendungen im Gebäude inkl. Haushaltsstrom) $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Luftdichtheit der Gebäudehülle $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$

(Bezugsfläche ist in Wohngebäuden die Wohnfläche. Die Kennwerte beziehen sich auf die Berechnung mit dem Planungstoll [PHPP])

Das funktionale Ziel eines energieeffizienten Gebäudes kann hierbei oftmals mit unterschiedlichen technischen Lösungen erreicht werden.

Empfehlungen für energieeffiziente Gebäude mit sehr geringem Heizwärmebedarf wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens erarbeitet (vgl. u.a. Abschnitt 4.3 und 6.5).

2.3.2 KfW-Förderung

Hinweise zur Nutzung von Dunstabzugshauben sind in den Förderprogrammen für KfW-Effizienzhäuser gegenwärtig nicht enthalten.

2.3.3 Bauliche Maßnahmen

Insbesondere bei der Installation einer Abluft-Dunstabzugshaube sollten die baulichen Maßnahmen vorher mit dem Hauseigentümer, den örtlichen Bauvorschriften bzw. den Nachbarn abgestimmt werden. Bevor eine Kernlochbohrung in die Fassade gesetzt wird, sollte bei einer Mietwohnung die Erlaubnis des Hauseigentümers eingeholt werden. Örtlich können zudem Bauvorschriften gelten, die eine Änderung der Fassade untersagen bzw. eine Genehmigung erfordern. Neben der optischen Änderung können auch Gerüche und Geräusche des Gebläses an unmittelbare Nachbarn getragen werden. In diesem Fall ist eine vorherige Absprache während der Planung und ein frühzeitiges in Kenntnis setzen nur von Vorteil.

2.3.4 CE-Kennzeichnung

Die [CE-Kennzeichnung] ist das äußere Zeichen für ein Produkt, mit dem der Hersteller in eigener Verantwortung bestätigt, dass sein Produkt den Anforderungen der Europäischen Union zur Gewährleistung von Gesundheitsschutz, Sicherheit und Umweltschutz entspricht. Die CE-Kennzeichnung gewährleistet unter der Voraussetzung der Einhaltung aller gesetzlich vorgeschriebenen Bedingungen, dass das Produkt innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR - Mitgliedsstaaten der EU und der EFTA-Mitgliedsländer (Island, Norwegen und Liechtenstein) sowie der Türkei) verkauft werden darf. Mit der CE-Kennzeichnung erklärt der Hersteller, dass das Produkt allen anzuwendenden Gemeinschaftsvorschriften entspricht und dass alle vorgeschriebenen Konformitätsbewertungsverfahren (entweder vom Hersteller selbst oder wenn gefordert von einer benannten Stelle) durchgeführt wurden. Sie ist kein Normenkonformitätszeichen (Prüfzeichen) und wird nicht von der DIN betreut, vielmehr ist sie ein EU-Richtlinien-Konformitätszeichen (Verwaltungszeichen),

welches den Aufsichtsbehörden der EWR-Ländern die Kontrolle der zulässigen Vermarktung erleichtern soll.

Allein der Verantwortung des Herstellers unterliegt demnach:

- die Durchführung der Konformitätsprüfung
- das Zusammenstellen technischer Begleitunterlagen
- das Ausstellen der EU-Konformitätserklärung
- das Anbringen der CE-Kennzeichnung am Produkt.

Siehe hierzu auch Abschnitt 2.2.3.

2.3.5 VDE-Zeichen

Das [VDE-Zeichen] wird vom VDE-Institut (Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik e.V.) für Produkte vergeben, die die Schutzanforderungen der zutreffenden Richtlinien („VDE-/EN-/IEC-Normen, sonstige technische Bestimmungen sowie etwaige Rechtsvorschriften hinsichtlich Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen“) einhalten. Produkte mit dem VDE-Zeichen sind somit konform mit den nationalen und internationalen Normen und erfüllen gesetzliche Schutzanforderungen.



Abbildung 2: VDE-Zeichen

2.3.6 GS-Zeichen

Das [GS-Zeichen] steht für „Geprüfte Sicherheit“ und ist ein deutsches freiwilliges Sicherheitszeichen. Es zeigt, dass ein Produkt die technischen Anforderungen an die Sicherheit und die Gesundheit erfüllt und von einem unabhängigen Prüflabor wie z.B. TÜV, VDE, DEKRA, etc. anhand der Baumusterprüfung kontrolliert wird. Die Vergabe des GS-Zeichen ist im Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) geregelt und auf maximal

fünf Jahre befristet. Zur Aufrechterhaltung des Zertifikats wird jährlich eine Kontrolle durchgeführt, die prüft, ob das Produkt aus der aktuellen Produktion (Serienfertigung) noch dem geprüften Muster entspricht und somit die Sicherheitsanforderungen an das Produkt weiterhin gewährleistet ist.



Abbildung 3: GS-Zeichen

2.3.7 WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment)

Die [WEEE]-Richtlinie 2012/19/EU (Elektro- und Elektronikgeräte-Abfall – Richtlinie) hat zum Ziel das Abfallaufkommen von Elektro- und Elektronikgeräten zu reduzieren durch die Förderung von Recycling. Altgeräte wie Dunstabzugshauben dürfen demnach nicht mehr über den Hausmüll entsorgt werden, sondern müssen fachgerecht entsorgt werden über:

- Kommunale Sammelstellen wie Wertstoffhöfe, Abholungen
- Rücknahme durch den Fachhandel
- Rücknahme durch den Hersteller.



Abbildung 4: WEEE-Zeichen

2.3.8 Blauer Engel

Der [Blaue Engel] wird seit 1978 als Umweltzeichen für umweltfreundlichere Produkte und Dienstleistungen als vergleichbare, konventionelle Produkte und Dienstleistungen in Deutschland vergeben. Auch Dunstabzugshauben können mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ von der Jury Umweltzeichen, dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, dem Umweltbundesamt und der RAL gGmbH ausgezeichnet werden. Aktuell trägt nur eine Dunstabzugshaube dieses Umweltzeichen.

Kriterien für die Vergabe (Quelle: Dunstabzugshauben für den Hausgebrauch, RAL-ZU 147, Ausgabe Januar 2010):

- Vergabegrundlage gilt für Dunstabzugshauben für den Hausgebrauch mit einem eingebauten Gebläse für den Umluft- oder Abluftbetrieb, die ein maximales Luft-Fördervolumen von 800 m³/h bei der höchsten Dauerbetriebsstufe aufweisen.
- Energieeffizienz des Ventilators (Messung gemäß DIN EN 61591, SFP: englisch für specific fan power [spezifische Ventilatorleistung]):
 - Abluftbetrieb: $SFP < 0,4 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$
 - Umluftbetrieb bei eingebautem Geruchsfilter: $SFP < 0,45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$
- Energieeffiziente Beleuchtung (Messung gemäß DIN EN 61591): „Quotient aus der Summe der elektrischen Leistungsaufnahme aller Leuchtkörper für die Kochstellenbeleuchtung und der durchschnittlichen nach DIN EN 61591 ermittelten Beleuchtungsstärke darf maximal 0,15 W/lux betragen.“
- Leistungsaufnahme im Aus- und Bereitschaftszustand: $p_{el} \leq 0,5 \text{ W}$ im AUS-Zustand und im Standby-Zustand
- Automatische Rücksetzung: Rücksetzung der Haube mit maximalem Fördervolumen von mehr als 350 m³/h von Intensivstufe nach Zeitintervall von maximal 10 Minuten auf eine niedrigere Betriebsstufe.
- Geruchs- und Fettabscheidung nach DIN EN 61591:
 - Abluftbetrieb: Fettabscheidegrad $\geq 85 \%$ und Geruchsreduzierungsgrad $\geq 92 \%$
 - Umluftbetrieb: Fettabscheidegrad $\geq 85 \%$ und Geruchsreduzierungsgrad $\geq 70 \%$
- Geräuschemissionen: Angabe des deklarierten A-bewerteten Schallleistungspegels in Dezibel (dB(A)) nach DIN EN 60704-1, DIN EN 60704-2-13 und DIN EN 60704-3,
 - Abluftbetrieb: $L_{WAd} \leq 62,0 \text{ dB(A)}$

- Umluftbetrieb: $L_{WAd} \leq 67,0 \text{ dB(A)}$
- Bereitstellung von Ersatzteilen: Ersatzteilversorgung für mindestens 10 Jahre ab Produkteinstellung
- Materialanforderungen an die Kunststoffe der äußeren Gehäuseteile (Haubenkorpus, Kanäle): Die eingesetzten Kunststoffe bzw. deren Zusatzstoffe dürfen nicht eingestuft sein als:
 - „krebserzeugend der Kategorien 1 oder 2 nach Tabelle 3.2 des Anhangs VI der EG-Verordnung 1272/2008
 - erbgutverändernd der Kategorien 1 oder 2 nach Tabelle 3.2 des Anhangs VI der EG-Verordnung 1272/2008
 - fortpflanzungsgefährdend der Kategorien 1 oder 2 nach Tabelle 3.2 des Anhangs VI der EG-Verordnung 1272/2008
 - persistent, bioakkumulierbar und toxisch (PBT-Stoffe) oder sehr persistent und sehr bioakkumulierbar (vPvB-Stoffe) nach den Kriterien des Anhang XIII der REACH-Verordnung oder besonders besorgniserregend aus anderen Gründen und die in die gemäß REACH Artikel 59 Absatz 1 erstellte Liste (sog. Kandidatenliste) aufgenommen wurden.

Halogenhaltige Polymere sind nicht zulässig. Ebenso dürfen halogenorganische Verbindungen nicht als Flammschutzmittel zugesetzt werden. Zudem dürfen keine Flammschutzmittel zugesetzt werden, die gemäß Tabelle 3.2 des Anhang VI der EG-Verordnung 1272/2008 mit dem R-Satz R 50/53 gekennzeichnet sind. Von dieser Regelung ausgenommen sind:

- prozessbedingte, technisch unvermeidbare Verunreinigungen;
 - fluororganische Additive (wie z.B. Anti-Dripping-Reagenzien), die zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften der Kunststoffe eingesetzt werden, sofern sie einen Gehalt von 0,5 Gew.-% nicht überschreiten;
 - Kunststoffteile, die weniger als 25 g wiegen.“
 - Demontagegerechte Konstruktion: Demontage mit möglichst hohem Recyclinganteil mit Hilfe von handelsüblichem Werkzeug
 - Verbraucherinformation: Verständliche und ausführliche Bedienungsanleitung und Produktinformation mit Hinweisen zur:
 - energieeffizienten Nutzung der Dunstabzugshaube,
 - zeitnahe Umschalten auf niedrigere Stufe, wenn geringere Belastung mit Geruch, Fett und Wasserdampf besteht,
 - Speisebereitung im geschlossenen Topf, um Geruch-, Fett- und Wasserdampfabgabe zu reduzieren
- neben der Angabe zu Energieverbrauch und Fördervolumina.

2.3.9 AMK-Richtlinie

Eine vom [AMK] – Arbeitsgemeinschaft Die Moderne Küche e.V. - veröffentlichte Richtlinie aus dem Jahr 2014 beschäftigt sich ebenfalls mit dem Thema Dunstabzugshaube. Die Richtlinie „Küchenmöbel – Kochumfeld und Raumbelüftung“ (AMK-MB-008) beinhaltet beispielsweise:

- Hinweise zur Fragestellung „Abluft oder Umluft?“
- Gesetzliche Bestimmungen (bei Abluftführungen): Landesbauverordnung und Feuerungsverordnung
- Luftförderleistung/Luftwechsel: Ermittlung der minimalen und maximalen Luftförderleistung einer Dunstabzugshaube für eine entsprechende Küchengröße
- Zuluftförderung: Möglichkeiten und Hinweise zur Zuluftförderung
- Abluftförderung: Empfehlungen für die Planung der Abluftförderung, Kondenswasserproblematik
- Verluste im Abluftkanal: Veranschaulichung und Empfehlungen für Kanäle mit niedrigem Druckverlust
- Anordnung und Breite der Kochfelder: Empfehlungen zu Haubenbreite in Abhängigkeit des Kochfeldes, Überstand in Abhängigkeit des Haubentyps, Herstellerangaben
- Geräuscentwicklung: Hinweise zur Vermeidung von Geräuscentwicklung z.B. möglichst wenige Widerstände in Form von Winkel und Bögen
- Einbausituation: Einhaltung des erforderlichen Mindestabstands zum Kochfeld (Herstellerangaben)
- Dunstabzugshauben in hochwärmegedämmten Gebäuden: Klarstellung des nicht vorhandenen gesetzlichen Verbots von Ablufthauben in Passiv- oder Niedrigenergiehäusern.

Die AMK-Richtlinie gibt einen guten Überblick zu den wichtigsten Punkten, die für Dunstabzugshauben beachtet werden sollten.

3 Technische Bewertung von Dunstabzugshauben

3.1 Auswertung der Literatur

3.1.1 Erfassungsgrad von Dunstabzugshauben

Kochen stellt eine Hauptquelle von Raumlufbelastungen in Wohnungsküchen dar. Beim Kochen und Braten werden Dünste und feinste Partikel freigesetzt. Idealerweise sollten diese Kuchendünste von Dunstanzugshauben erfasst werden, bevor sie sich in der Küche und der Wohnung ausbreiten können.

Eine gute Erfassung der Kuchendünste ist daher maßgeblich für eine wirksame Reduzierung der Raumlufbelastung durch Kochprozesse.

Die Prüfungen gemäß DIN EN 61591 sehen bisher noch kein Verfahren vor, um diese Eigenschaft unter standardisierten Bedingungen zu überprüfen. In der Literatur finden sich jedoch Definitionen und Untersuchungen zur Erfassung der Kuchendünste durch Dunstabzugssysteme.

Der Erfassungsgrad ε_c ist gemäß [Li/Delsante 1996] definiert als das Verhältnis der vom Dunstabzugssystem erfassten Raumlufbelastung q_f (in kg/s) zur gesamten freigesetzten Raumlufbelastung $q_f + q_e$ (in kg/s, mit q_e als nicht vom Dunsthaubensystem erfassten Massenstrom).

$$\varepsilon_c = q_f / (q_f + q_e)$$

3.1.1.1 Untersuchungen zum Erfassungsgrad

In [Li/Delsante 1996] wird ein Messverfahren beschrieben und eine Auswertung hergeleitet. Der Ansatz beruht auf einem einfachen Zwei-Zonen-Modell von Kochzone (Zone punktiert) und Raumzone (vgl. Abbildung 5). Über die Zonengrenze findet ein Luftaustausch statt und es wird ein gute Durchmischung innerhalb der Kochzone angenommen.

Mit:

C_c : Konzentration in der Kochzone (in kg/m³)

C_R : Konzentration in der Raumzone (in kg/m³)

C_0 : Konzentration in der Außenluft (in kg/m^3)

q_e : nicht erfasster Luftstrom aus der Kochzone (in m^3/s)

q_f : erfasster Abluftstrom aus der Kochzone (in m^3/s)

q_v : Grundlüftung in Raumzone (in m^3/s)

S_0 : Quellstärke der Raumluftbelastung (in kg/s)

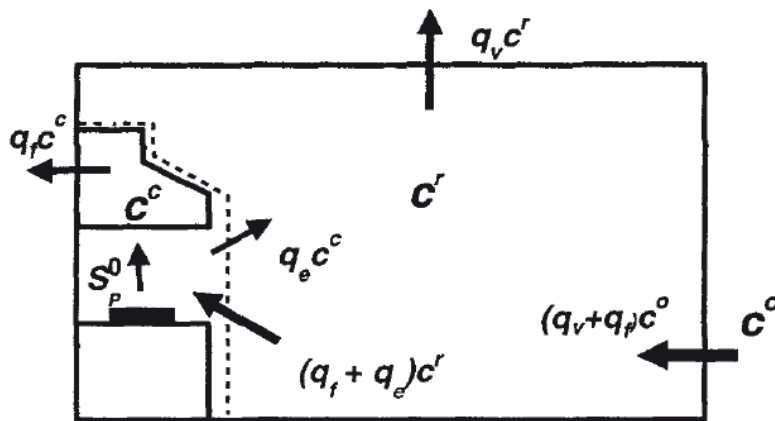


Abbildung 5: Messverfahren zur Bestimmung des Erfassungsgrades ε_c gemäß [Li/Delsante 1996] bei Abluft-Dunstabzugssystemen. Der Tracer wird auf der Kochstelle freigesetzt. Anschließend wird die Konzentration des Tracers in der Raumluft (C_R), der Zuluft (C_0) und in dem Dunstabzugssystem (C_C) gemessen. Quelle: [Li et al. 1997].

Durch Umformung der Massenbilanz gelangt [Li/Delsante 1996] zu nachfolgender Berechnungsvorschrift zur Bestimmung des Erfassungsgrades eines Dunstabzugssystem (Abluftbetrieb):

$$\varepsilon_c = 1 - (C_R - C_0) / (C_C - C_0)$$

Der Erfassungsgrad von Küchenhauben wurde mit verschiedenen Tracern bereits messtechnisch ermittelt. Z.B. wurden Kohlendioxid und auch beim Braten freigesetzte Feinstäube als Tracer verwendet (vgl. [Lunden et al. 2014], [Walker et al. 2016]). Aus dem Verhältnis von freigesetztem zu erfasstem Tracer konnte der Erfassungsgrad bestimmt werden.

Die ermittelten Werte erreichten unter günstigen Bedingungen um 90% und lagen für die beiden untersuchten Raumluftverunreinigungen (Kohlendioxid sowie freigesetzte Feinstäube) im vergleichbaren Bereich. In [Lunden et al. 2014] wurde zudem der Einfluss der Position auf dem Kochfeld untersucht. Wurden die vorderen Kochfelder

verwendet, fiel der Erfassungsgrad selbst bei hoher Lüfterstufe auf nur noch 40% bis 30% ab.

In anderen Studien wurde die Erfassung durch ein qualitatives Verfahren bewertet. Hierfür wurde die Wirksamkeit des Dunstabzugssystems anhand sogenannter Schlierenbilder der aufsteigenden Küchendünste ermittelt (vgl. auch Abschnitt 3.2.3).

3.1.1.2 Vergleichende Untersuchung Erfassungsgrad und Geruchsreduzierungsgrad

Die zentrale Funktion von Dunstabzugshauben besteht darin, die Küchendünste möglichst wirksam zu reduzieren. Im Abschnitt 3.1.1 zuvor wurde hierfür die Kenngröße Erfassungsgrad vorgestellt, die bewertet, welcher Anteil der freigesetzten Küchendünste tatsächlich in die Dunstabzugshauben gelangt.

$$\text{Erfassungsgrad } \varepsilon = \frac{\text{erfasster Massenstrom } m_e}{\text{freigesetzter Massenstrom } m_f}$$

Die Normung sieht gemäß DIN EN 61591 ein anderes Verfahren für die Bewertung von Dunstabzugshauben vor. Der Geruchsreduzierungsgrad O_f spiegelt demnach die Wirksamkeit der Dunstabzugshaube wieder (vgl. Abschnitt 0). Mit diesem Verfahren wird ermittelt, wie weit ein über 30 min freigesetzter Geruchsstoff im Vergleich zur Situation ohne Küchenhaube reduziert wird. Hierfür wird MEK (Methyl-Ethyl-Keton) unter standardisierten Bedingungen in einer Testküche mit einem Raumvolumen von 22 m³ kontinuierlich über 30 min freigesetzt. Aus dem Konzentrationsverhältnis des Geruchsstoffs im Testraum nach 30 min mit eingeschalteter und mit deaktivierter Dunstabzugshaube kann anschließend der Geruchsreduzierungsgrad O_f wie folgt berechnet werden:

$$O_f = \frac{C_{r,30min,aus} - C_{r,30min,ein}}{C_{r,30min,aus}}$$

Ob sich mit beiden Kenngrößen vergleichbare Bewertungen von Dunstabzugshaube ergeben bzw. welche Abhängigkeit zwischen den Kenngrößen besteht, soll im Folgenden anhand von Simulationsrechnungen geklärt werden. Mit einem vereinfachten Zwei-Zonen-Modell der Testküche (nach [Li/Delsante 1996]) werden hierfür bei definierter Quellstärke eines Tracers die resultierenden Konzentrationen im

Testraum und in der Dunstabzugshaube ermittelt. Die Verhältnisse werden anschließend für unterschiedliche Erfassungsgraden von Haubensystemen berechnet und gleichzeitig der Geruchsreduzierungsgrad O_f ausgewertet.

Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse der Simulationsrechnung für eine Abluft-Dunstabzugshaube mit einem Luftstrom von $400 \text{ m}^3/\text{h}$ (dies ist eine übliche Größenordnung des Luftstroms). Hierbei ist überraschend festzustellen, dass nahezu unabhängig vom Wert des Erfassungsgrades der Abluft-Dunstabzugshaube durchgängig hohe Werte ($\geq 0,9$) bzgl. der Geruchsreduzierung erreicht werden.

Wie ist das zu erklären? Mit dem Abluftvolumenstrom von $400 \text{ m}^3/\text{h}$ wird die Raumluft in der Testküche während der Messzeit von 30 min etwa 9 mal ausgetauscht (etwa 18-facher Luftwechsel). Wird die freigesetzte Raumluftbelastung nun nicht direkt von der Dunstabzugshaube erfasst, besteht durch den hohen Luftwechsel noch mehrfach die Chance, dass die freigesetzte Raumluftbelastung dann mit der Raumluft im Testraum in die Haube gelangt. Die direkte Erfassung der am Kochfeld freigesetzten Raumluftbelastung, die mit der Kenngröße Erfassungsgrad bewertet wird, spielt unter diesen Bedingungen eine geringere Rolle.

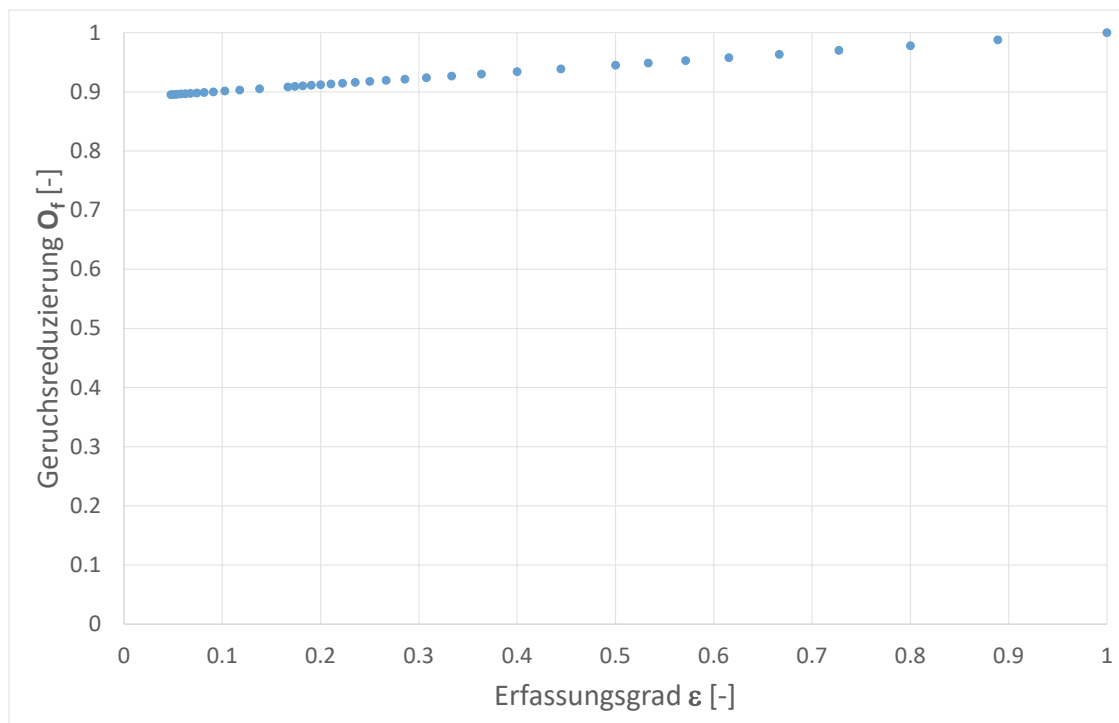


Abbildung 6: Berechnungsergebnis zur Geruchsreduzierung (nach DIN EN 61591) für Abluft-Dunstabzugssystemen in Abhängigkeit des Erfassungsgrades der Dunstabzugssysteme für einen Luftstrom von $400 \text{ m}^3/\text{h}$.

Randbedingung: Volumen des Testraum 22 m^3 , Ergebnis einer Simulationsrechnung.

Abbildung 7 zeigt die Ergebnisse eines weiteren Berechnungsgangs bei einem Abluftstrom von $200 \text{ m}^3/\text{h}$. Bei geringerem Luftstrom stellt sich ein kleinerer Luftwechsel in der Testküche ein und die direkte Erfassung der Raumluftbelastung gewinnt an Bedeutung. Daher zeigt sich bei kleinerem Abluftstrom eine stärkere Abhängigkeit des Geruchsreduzierungsgrades vom Erfassungsgrad.

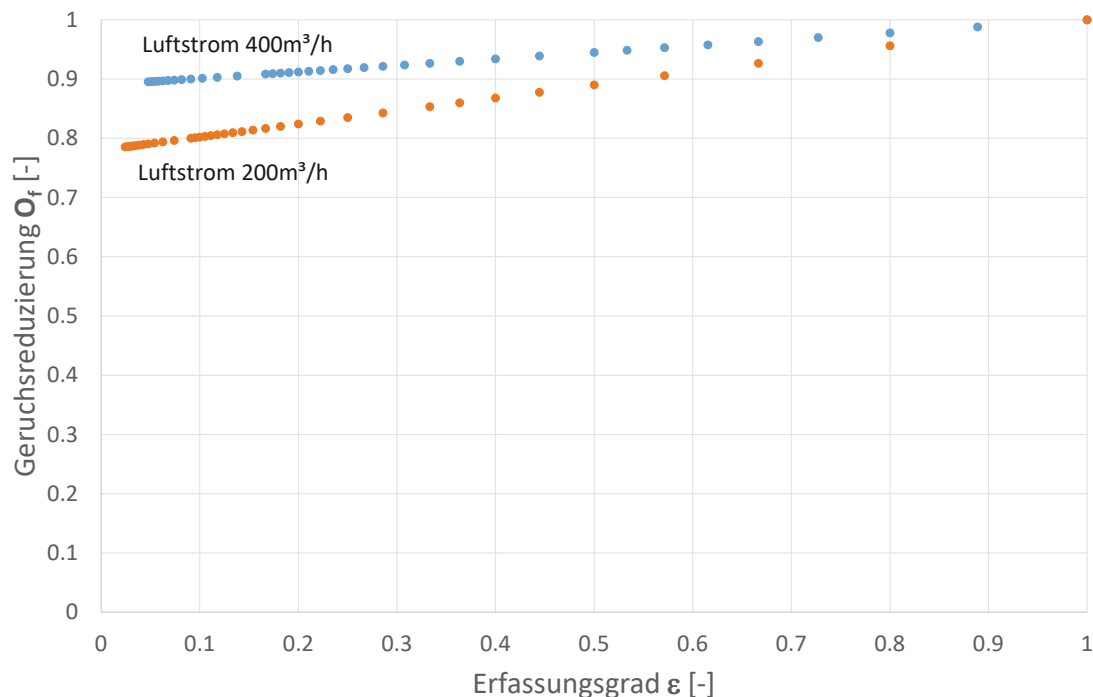


Abbildung 7: Berechnungsergebnis zur Geruchsreduzierung (nach DIN EN 61591) für Abluft-Dunstabzugssystemen in Abhängigkeit des Erfassungsgrades der Dunstabzugssysteme für einen Luftstrom von 200 bzw. $400 \text{ m}^3/\text{h}$.

Randbedingung: Volumen des Testraum 22 m^3 , Ergebnis einer Simulationsrechnung.

Im Normversuch hat die Testküche ein Raumvolumen von 22 m^3 , das entspricht einer kleinen Küche mit einer Grundfläche von etwa $8,8 \text{ m}^2$. Aktuell dominieren im Wohnbau jedoch Wohnküchen mit deutlich größerer Grundfläche. Daher soll untersucht werden, welchen Einfluss die Größe des betrachteten Testraums auf das Ergebnis hat. In Abbildung 8 sind die Ergebnisse zum berechneten Geruchsreduzierungsgrad für verschieden große (Wohn-)Küchenräume dargestellt. Demnach werden bei heute üblichen Raumgrößen deutlich geringere Geruchsreduzierungsgrade erzielt als im Normtest (im kleinen Testraum), der auch Bestandteil der Geräte-Kennzeichnung ist. Ferner erzielen Küchenhauben, die sich im Erfassungsgrad unterscheiden, unter Normbedingungen nahezu gleiche Geruchsreduzierungsgrade, in der Praxis in größeren (Wohn-)Küchen sind hingegen signifikante Unterschiede im

Geruchreduziergrad zu erwarten. Unter den Testbedingungen gemäß DIN EN 61591 (kleiner Testraum) werden diese Unterschiede nicht aufgelöst.

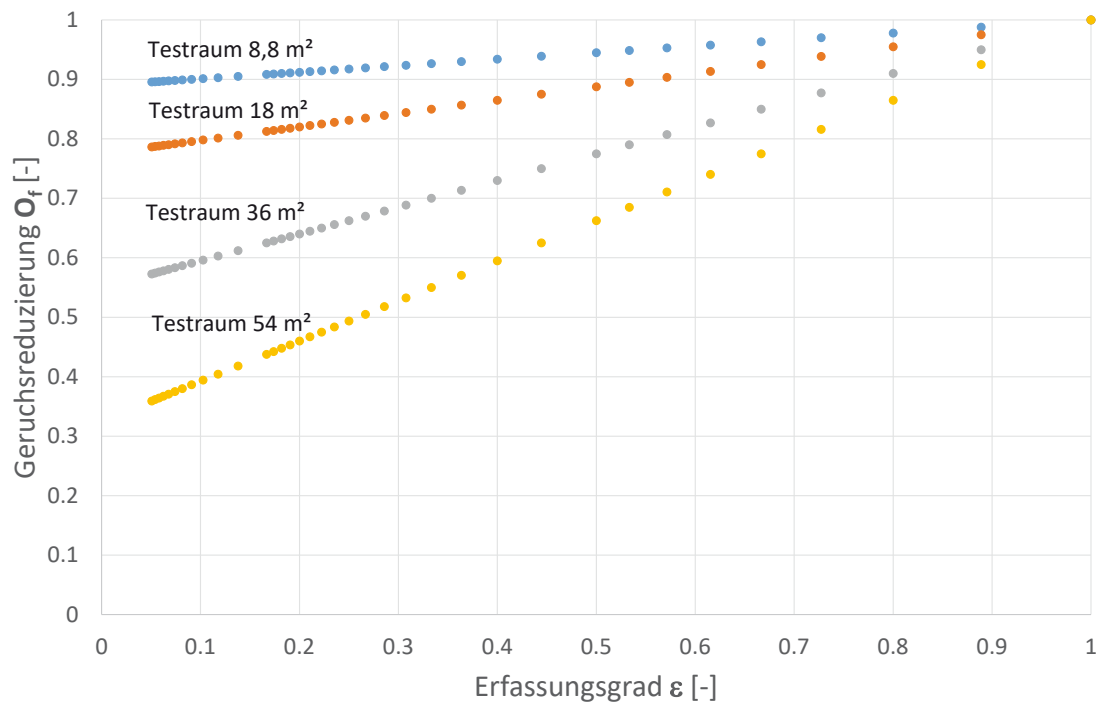


Abbildung 8: Berechnungsergebnis zur Geruchsreduzierung (nach DIN EN 61591) für Abluft-Dunstabzugssystemen in Abhängigkeit des Erfassungsgrades der Dunstabzugssysteme für einen Luftstrom von 400 m³/h und verschieden große Testräume.
Randbedingung: Ergebnis einer Simulationsrechnung.

Fazit: Vergleich Erfassungsgrad – Geruchsreduzierungsgrad

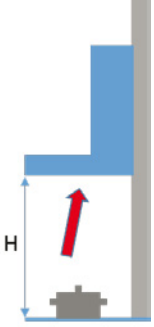
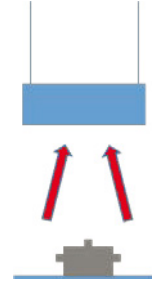
Die Ergebnisse der Simulationsrechnung deuten darauf hin, dass unter den Normbedingungen nach DIN EN 61591 Unterschiede in der Erfassung von Abluft-Dunstabzugshauben mit der Prüfung des Geruchsreduzierungsgrads nicht abgebildet werden. Alternative Prüfverfahren könnten diese Lücke in der Bewertung schließen (vgl. z.B. Abschnitt 3.2.3).

Weiterhin zeigt sich, dass das Ergebnis zum Geruchsreduzierungsgrad von der Raumgröße abhängt. Die günstigsten Ergebnisse werden in kleinen Räumen, wie beispielweise dem normgemäßen Testraum erzielt. Wird die Dunstabzugshaube jedoch in einer Wohnküche verwendet, werden geringere Kennwerte erreicht. Es wird daher empfohlen den Geruchsreduzierungsgrad zusätzlich für größere Raumgrößen entsprechend des aktuellen Baugeschehens auszuweisen.

3.1.1.3 Parameterstudie zu Einflüssen auf Erfassungsvolumenstrom

Ein theoretischer Ansatz zum erforderlichen Erfassungsvolumenstrom (in gewerblichen Küchen) wird in der Richtlinie VDI 2051 beschrieben. Demnach werden die Küchendünste und –partikel vom Thermikluftstrom am Kochfeld nach oben getragen. Der Erfassungsluftstrom des Dunstabzugssystems sollte daher mindestens dem Thermikluftstrom zzgl. eines Anteils von beigemischter Raumluft entsprechen. Wie die Beispielrechnung anhand einer kopfabsaugenden Haube zeigt, kann die Gesamtkonstellation aus Wärmeleistung und Art der Kochstelle sowie die Anordnung der Haube erheblichen Einfluss auf den erforderlichen Erfassungsvolumenstrom haben. Die folgende Tabelle verdeutlicht den Einfluss auf den erforderlichen Erfassungsvolumenstrom.

Tabelle 6: Relative Abschätzung bezüglich des erforderlichen Erfassungsvolumenstroms in Abhängigkeit der Anordnung der Haube im Raum und des Kochfeldes in Anlehnung an [VDI 2052]

Kochfeld	Anordnung der Haube			Erforderlicher Erfassungsluftstrom in Prozentanteilen vom Referenzwert ¹⁾
	Höhe H über Kochfeld [cm]	Wandhängend 	Frei hängend (Insellösung) 	
Gas/ Elektro	80		X	100%
	60		X	80%
	80	X		65%
	60	x		50%
Induktionskochfeld	80		X	67%
	60		X	52%
	80	X		42%
	60	x		33%

1) Referenzwert für den erforderlichen Erfassungsvolumenstrom = 350 m³/h für Gasherd: 2 Kochfelder in Betrieb mit 2 x 2kW Leistung, Höhe H über Kochfeld 80 cm, freihängend, Erfassungsgrad 100%, keine Querströmung

3.1.2 Plasmafilter

Auf dem Gebiet der Wohnküchenlüftung gibt es aktuell einen Trend, zusätzlich zu den handelsüblichen Filtern (z.B. Luftfilter, Aktivkohlefilter) Plasmafilter zum Einsatz zu bringen. Plasma wird neben den klassischen Aggregatzuständen (fest, flüssig, gasförmig) oft als „vierter“ Aggregatzustand bezeichnet, da es im Vergleich zu den klassischen Zuständen deutlich andere Eigenschaften aufweist. Plasma ist ein stark ionisiertes Gas, das ein von üblichen Gasen abweichendes Verhalten zeigt. Im Plasma befindet sich neben den neutralen Teilchen (Atome, Moleküle, Radikale) bewegliche Ladungsträger in Form von Elektronen und Ionen. Nach außen hin ist das Plasma elektrisch neutral. Hinsichtlich der Temperatur- und Druckverhältnisse wird zwischen thermischen und nichtthermischen sowie zwischen Niederdruck- und Normaldruck-Plasma unterschieden. In Tabelle 7 sind die Begriffsdefinitionen für das Plasma hinsichtlich der Temperatur und des Druckes im Entladerraum zusammengefasst.

Tabelle 7: Zusammenfassung der Begriffsdefinition für Plasma hinsichtlich Temperatur und Druck

Temperatur		Druck	
Thermisches Plasma	Nichtthermisches Plasma	Niederdruck-plasma	Normaldruckplasma Atmosphärendruckplasma
10 ³ K bis 10 ⁴ K	Temperatur des Neutralgases z.B. Raumtemperatur 300 K	< 100 Pa	ca. 100 kPa

Für das Einsatzgebiet der Küchenabluft wird in der Regel ein nichtthermisches Plasma bei Normaldruck verwendet.

Plasmafilter werden in der Regel in Kombination mit Vorfilter und Aktivkohlefilter betrieben. Der Vorfilter entfernt Partikel und Stäube aus dem zu reinigenden Abluftstrom. Anschließend wird dieser Abluftstrom im Plasmafilter durch Zufuhr elektrischer Energie in den Plasmazustand versetzt. Es wird ein Oxidationsprozess in Gang gesetzt, die schädlichen oder geruchsintensiven Moleküle im Plasma werden zersetzt oder zu chemisch stabilen Verbindungen umgewandelt. Der nachgeschaltete Aktivkohlefilter beendet zum einen die plasmachemische Reaktion und entfernt zum

anderen Ozon aus dem Abluftstrom. Dabei bestehen Wechselwirkungen mit dem Filterzustand und mit der Verweildauer des Ozons.

International und national existiert eine Vielzahl von Hinweisen zu Ozon-Grenzwerten (siehe Tabelle 8), rechtsverbindlichen Charakter in Deutschland hat u.a. die EU-Richtlinie [2008/50/EG]. Laut dieser Richtlinie darf der höchste Ozon-Zielwert maximal $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages) betragen, der höchstens 25 Tage im Jahr überschritten werden darf.

Tabelle 8: Zusammenfassung Ozonwerte aus gesetzlichen und normativen Rahmenbedingungen nach [DGUV]

Ozonwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bezugszeitraum	Bemerkung	Quelle
100	8-h-Mittelwert	- Außen- und Innenluft - Leitwert	[WHO] Air Quality Guidelines
100	8-h-Mittelwert	- Außenluft - Max. Immissionskonzentration	[VDI 2310] Blatt 15
120	$\frac{1}{2}$ -h-Mittelwert	- Außenluft - Max. Immissionskonzentration	VDI 2310 Blatt 15
120	Höchster 8-h-Mittelwert pro Tag innerhalb eines Kalenderjahres	- Außenluft - Langfristiger Zielwert	2008/50/EG / 39. [BImSchV]
120	Höchster 8-h-Mittelwert eines Tages	- Außenluft - Überschreitung an max. 25 Tagen pro Jahr, gemittelt über 3 Jahre - Zielwert	2008/50/EG / 39. BImSchV
180	1-h-Mittelwert	- Außenluft - Informationsschwelle	2008/50/EG / 39. BImSchV
200	8-h-Mittelwert	- Zurückgezogener MAK-Wert	[Rietschel]
240	1 h (Mittelwert)	- Außenluft - Alarmschwelle	2008/50/EG / 39. BImSchV

Für die Plasmafilterung mit nichtthermischem Plasma gibt es viele Einsatzgebiete, u.a. in der Automobil-, Pharma- und Lebensmittelindustrie. Während für diese anderen Einsatzfälle die Funktionalität nachgewiesen ist und dokumentierte Messergebnisse z.B. zum Geruchsminderungsgrad vorliegen (siehe Tabelle 9), sind gegenwärtig keine Messungen für den Einsatz in Wohnküchen nach der einschlägigen Prüfnorm für Dunstabzugshauben [DIN EN 61591] bekannt.

Tabelle 9: Zusammenstellung der Messdaten für das Fallbeispiel der Abgasreinigung bei der Tabaktrocknung und für das Fallbeispiel Geruchsminderung von Abgas aus der Herstellung von Hunde- und Katzenfutter, nach [VDI 2441]

Rohgas in GE/m ³	Reingas in GE/m ³	Geruchsminderungsgrad in %
Abgasreinigung bei der Tabaktrocknung (180 m ³ /h)		
540	170	69
2400	95	96
910	140	85
540	150	72
Geruchsminderung von Abgas aus der Herstellung von Hunde- und Katzenfutter (200 m ³ /h, 52 °C, 70 % rel. Feuchte)		
26000	2970	89
15500	2180	86
17700	4700	73
17400	3100	82

Für die Funktion der Plasmafilter in Dunstabzugshauben in Wohnküchen (vor allem im Umluftbetrieb) ist für die Vermeidung bzw. Verminderung des Ozonausstoßes die Kombination mit einem nachgeschalteten Aktivkohlefilter entscheidend. Dazu existieren durch die Hersteller durchgeführte bzw. initiierte Messungen, die eine Unterschreitung der Ozon-Grenzwerte zeigen, siehe Tabelle 10.

Tabelle 10: Vergleich gemessener Ozonkonzentrationen verschiedener Hersteller mit dem Grenzwert

Hersteller	Ozонаusstoß (gemessen) in ppm	Ozon- konzentration in µg/m³	½-Stunden-Grenzwert der Ozon- konzentration nach VDI 2310-15 in µg/m³
[PlasmaNorm] ^{a)}	0,015	29,93	120
[PlasmaMade] ^{b)}	< 0,05	>99,77	
[Domaplasma] ^{c)}	< 0,01	< 19,95	
[PurePlasma] ^{d)}	0,00017	0,339	
a) Testdauer: 8h, Testraumgröße: 34 m³, trockener Zustand, höchste Lüfterstufe, eigenes Testlabor b) Testdauer: 24 h, Testraumgröße: 9 m³, jeweils bei trockenem Zustand und Wasserdampfbildung, 2 Lüfterstufen, eigens Testlabor und Technische Universität Antwerpen c) Testdauer: 24 h, Testraumgröße: 30 m³, jeweils bei trockenem Zustand und Wasserdampfbildung, 2 Lüfterstufen, Testlabor: VDE Offenbach d) Mehrfache Testmessungen nach jeweils 60 min über mehrere Tage, Testraumgröße: 30 m³, Luftfeuchte: 50 %, Raumtemperatur: 23 °C, Testlabor: Fraunhofer-Institut WKI Braunschweig			

Aus den Veröffentlichungen lässt sich jedoch nicht eindeutig ablesen, welche Ozonkonzentration (im Abluftstrom oder im Raum) gemessen worden ist und welche weiteren Randbedingungen (z.B. Luftvolumenströme und Luftfeuchten) vorliegen. Insbesondere eine hohe Luftfeuchte beeinflusst die plasmachemische Reaktion und sorgt für höheren O₃-Ausstoß.

Für eine gesicherte Bewertung des Einsatzes von (nichtthermischen Normaldruck-) Plasmafiltern in Dunstabzugshauben für Wohnküchen lassen sich für die marktgängigen Produkte

- die Prüfung u.a. der Fettabscheidung und der Geruchsminderung nach DIN EN 61591 und
- die Messung des Ozonausstoßes unter praxisüblichen Bedingungen (Feuchte, Temperatur, Zustand des Aktivkohlefilters) unter Dokumentation der weiteren maßgeblichen Randbedingungen (Raumgröße, Luftvolumenstrom Dunstabzugshaube, Luftvolumenstrom Raumlüftung)

empfehlen.

3.2 Messtechnische Untersuchungen von Lüftungseffektivität und Schadstoffabfuhr

3.2.1 Bestimmung Fettabscheidegrad

Dunstabzugssysteme scheiden aus dem Kochwrasen in erster Stufe das enthaltene Fett und nachfolgend mittels meist Aktivkohlefilter die Geruchsträger ab. Eine Reduzierung der Feuchte erfolgt nicht. Dies wird bei Abluftsystemen nach außen geleitet und bei Umluftsystemen an die Raumluft abgegeben, wo es über die Zeit zu einer Anreicherung der Feuchte (Erhöhung Luftfeuchte) kommt. Die Abscheidung von Fett erfolgt meist an Metallgittern infolge des Temperaturdifferenz Gitter zu Kochwrasen. Der Fettabscheidegrad wird durch ein definiertes Verkochen von Maiskeimöl bestimmt, indem das im Filter enthaltene Öl gravimetrisch ausgewogen wird und mit der verkochten Menge ins Verhältnis gesetzt wird [DIN EN 61591_2016-03]. Seitens des begleitenden Industriekonsortiums wurde das Messverfahren am 12.10.2017 bei einer Beratung in Dresden als sehr aufwendig bzgl. seiner Anforderungen bei der Untersuchungsdurchführung benannt und vor dem Hintergrund der konzipierten Kosten und Kapazitäten von einer Umsetzung abgeraten. Darüber hinaus zählt dieses Verfahren zu den Normverfahren, welches von Herstellern (intern oder extern durchgeführt) werden. Da hier für das Projekt keine zusätzlichen Erkenntnisse erwartet werden, wurde zu Gunsten des Prüfumfanges in Bezug auf die Geruchsminderung entschieden, diese Prüfungen nicht durchzuführen.

3.2.2 Vergleichende Bestimmung der Geruchsreduzierung und Modifikation der Versuchsanordnung

3.2.2.1 Einleitung

Die Ermittlung von Geruchsreduzierungsgrad und Geruchsabklingdauer erfolgt nach DIN EN 61591 in einem luftdichten Raum. Ermittelt wird die Luftdichtigkeit, indem das für den Versuch einzusetzende Methylethylketon-Wasser-Gemisch (12 g MEK in 300 g Wasser) im Raum verdampft wird. Die Konzentration an MEK in der Raumluft darf in den 60 min nach dessen Verdampfen maximal 5 % abnehmen.

Prüfumgebung:

- Volumen Prüfraum: 29 m³
- Messinstrument für MEK: Flammenionisationsdetektor Bernath Atomic 3006; Kalibrierung mit 80 ppm Propan
- Messdatenerfassung: ALMEMO 2590
- Kochfeld: Rommelsbacher CT1810 mit externer Temperaturregelung über einen NiCr-Ni Fühler im Topfboden
- Dosierung MEK-Wasser-Gemisch: Schlauchpumpe Ismatec SM933
- Konditionierung der Aktivkohlefilter: Ablufttrockenschrank Thermo LUT6050 (50 °C)

Abbildung 9 zeigt den komplett ausgestatteten Versuchsraum mit Möbelementen, Kochfeld und Dunstabzugshaube. Die Prüfpfanne sowie die Dosiereinrichtung für die MEK-Lösung befinden sich auf bzw. neben dem Kochfeld. Rechts sind die Messstellen für die FID-Messung angeordnet. Das Messgerät für die Bestimmung von MEK (Geruchssubstanz) befindet im Nebenraum.



Abbildung 9: Versuchsraum mit Versuchsaufbau zur Bestimmung der Geruchsreduzierung

3.2.2.2 Versuchsdurchführung

Um die Geruchsreduzierungsfilter zu konditionieren, wurden diese mindestens 16 h in einem Ablufttrockenschrank gelagert. Im Anschluss wurden diese in die Umlufthaube integriert und in der zu testenden Leistungsstufe 30 min bei Raumklima konditioniert.

Die Verwendung eines temperaturgeregelten Kochfeldes war für die Versuche zur Geruchsreduzierung essentiell. Entsprechend DIN EN 61591 soll die Temperatur im Topfboden $170\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$ betragen. Mit einem normalen Einbaukochfeld konnte durch Wahl einer geeigneten Leistungsstufe allerdings nur eine Temperatur von $170\text{ °C} \pm 40\text{ °C}$ erreicht werden. Infolgedessen kam es durch eine zu geringe Temperatur zu einer zu geringen Verdampfungsleistung, das MEK-Wasser-Gemisch konnte nicht innerhalb von 30 min verdampft werden. Stieg die Temperatur über 190 °C , kam es durch den Leidenfrost-Effekt ebenfalls zu einer reduzierten Verdampfung.

Mittels einer Schlauchpumpe wurde eine Lösung aus 12 g MEK und 300 g entionisiertem Wasser in die Topfbodenmitte dosiert. Die Pumpleistung war so gewählt, dass die Dosierung nach 30 min beendet war. Der Topf war während des Versuches auf der vorderen linken Kochplatte positioniert.

Beginnend mit der Zudosierung von MEK-Wasser in den heißen Topf erfolgte die Detektion der MEK-Raumluftkonzentration mittels Flammenionisationsdetektor (FID). Hierzu wurde Raumluft an vier Probenahmestellen angesaugt und vereinigt über einen PTFE-Schlauch zu dem FID außerhalb des Prüfraum geführt. Die Messdatenerfassung erfolgte halbminütig, so lange bis die MEK-Konzentration kleiner als 15 % der Ausgangskonzentration war.

Für die Untersuchung gebrauchter Filter wurden diese in der Umlufthaube belassen und durch Spülen mit unbelasteter Raumluft bei aktiver Lüftungsstufe 2 konditioniert. Die Spüldauer betrug dabei 500 Minuten. Die Raumluft wurde während der Konditionierung durch ein Belüftungssystem ausgetauscht.

Tabelle 11: Versuchsmatrix. Geruchsfiler neu

Hersteller	wandhängende Haube, 60cm breit; Hängeschränke anliegend	Kopffreihaube, 90 cm breit, beidseitig 10 cm Abstand zu Hängeschränken	Kochfeldabsaugung
A	A1	A2	A3*
B	B1	B2	B3
C	C1	C2	

Tabelle 12: Versuchsmatrix. Geruchsfilter gebraucht

Hersteller	wandhängende Haube, 60cm breit; Hängeschränke anliegend	Kopffreihaube, 90 cm breit, beidseitig 10 cm Abstand zu Hängeschränken	Kochfeldabsaugung
A	A1G	A2G	A3G*
B	B1G	B2G	B3G
C	C1G	C2G	

* Versuch ist in Planung

Modifikation der Versuchsanordnung

Um die Situation in einer Wohnung mit kontrollierter Lüftung näher abzubilden, wurde eine Modifikation des Versuchsaufbaus nach DIN EN 61591 vorgenommen. Anders als in der Norm gefordert, wurde nicht von einem luftdichten Raum ausgegangen, sondern mittels eines Hilfsgebläses ein Abluftvolumenstrom gemäß DIN 1946-6 in der Testküche erzeugt (Abluftstrom $45\text{m}^3/\text{h}$). Die Frischluft-Einströmung erfolgt dabei an der dem Kochfeld gegenüberliegenden Wand.

3.2.2.3 Ergebnisse

Erfassungsgrad

Der Erfassungsgrad gibt an, wie vollständig die Erfassung der Kochdünste erfolgt. Um hierzu eine quantitative Aussage tätigen zu können, wurde die MEK-Konzentration außerhalb der Ablufthaubenumgebung und im Abluftsystem ermittelt. Die Ermittlung des Erfassungsgrad im Umluftbetrieb war nicht zielführend, da je nach Leistung des Geruchsreduzierungsfilters eine Anreicherung von MEK in der Raumluft erfolgt.

Als Erfassungspunkt in der Hauben-Umgebung wurde ein Punkt 10 cm über der Haubenunterkante, 10 cm vor der Haubenvorderkante, in Höhe der Eintropfstelle ermittelt. Diese Position hatte sich in Vorversuchen als vorteilhaft erwiesen, da in dieser Zone gewährleistet war, dass die Wrasen von der Haube nicht erfasst worden sind. Für die wandhängende Haube A1 sind die Messungen in Abbildung 10 aufgeführt. Mit abnehmender Lüfterstufe gelangte mehr MEK aus dem Erfassungsbereich der Haube, der Erfassungsgrad nahm ab. Die Ermittlung des Erfassungsgrades durch Messen der MEK-Konzentration in der Haubenumgebung

war jedoch nicht zielführend. Die punktuelle Messung der MEK-Konzentration ohne Berücksichtigung des Wrasenvolumens ließ keine Quantifizierung zu. Der Einfluss von zunehmender Lüfterstufe auf die Reduzierung von MEK in der Raumluft war dennoch erkennbar.

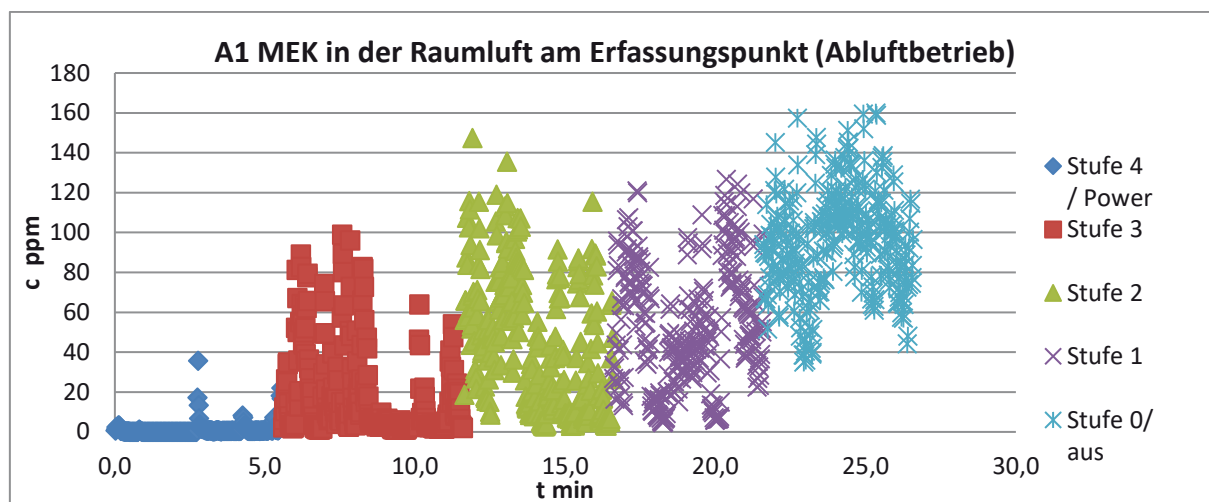


Abbildung 10: MEK-Konzentration in der Raumluft, während der Zudosierung

Für die Ermittlung des Erfassungsgrad im Abluftsystem muss berücksichtigt werden, dass mit zunehmender Lüfterstufe eine größere Verdünnung der Wrasen in der Abluft erfolgt. Entsprechend ist die Angabe der MEK-Konzentration mit dem Volumenstrom zu multiplizieren und wie in Tabelle 13 als Erfassungsrate in mg MEK je Sekunde anzugeben. Für die Verdampfung von 12 g MEK in 30 Minuten ergibt sich eine durchschnittliche Emissionsrate von 6,7 mg MEK pro Sekunde. Werden in der Abluft 6,7 mg MEK pro Sekunde gemessen, entspricht dies einem Erfassungsgrad von 100 %.

In Abbildung 11 sind die Erfassungsgrade für Haube A1 aufgeführt. Aufgrund der Messunsicherheit bei der Messung von MEK-Konzentration und Luftgeschwindigkeit in der Abluftleitung ergaben sich Erfassungsgrade bis zu 126 % in der Lüfterstufe 4. Um diese Messunsicherheiten zu kompensieren, wurde die Erfassung bei Lüfterstufe 4 auf 100 % nivelliert. Mit zunehmender Lüfterstufe stieg dabei der Erfassungsgrad, von 65 % in Stufe 1 bis 96 % in Stufe 3. Die Stufe 4 führte demnach nur zu einer geringfügig besseren Erfassung.

Der Erfassungsgrad kann demnach durch die Messung der MEK-Konzentration im Abluftstrom ermittelt werden. Eine absolute Angabe des Erfassungsgrades ist allerdings nicht möglich, nur dessen relative Angabe durch Nivellierung auf 100 %.

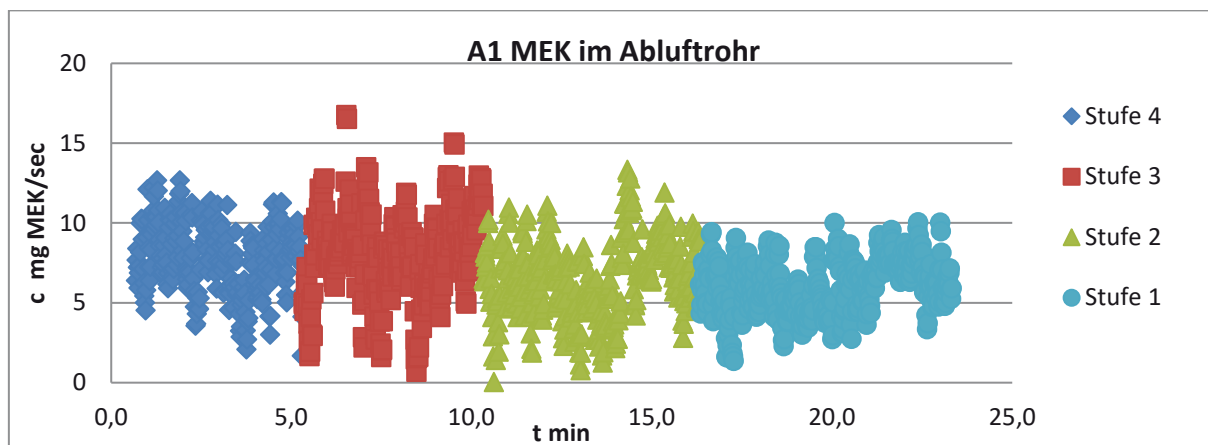


Abbildung 11: MEK-Konzentration in der Abluft während der Zudosierung

Tabelle 13: Errechnete Erfassungsgrade bei einer Emissionsrate von 6,7 mg MEK/sec (100 %). Zusätzlich wurden die Erfassungsraten nivelliert, da Werte oberhalb der Emissionsrate nicht plausibel sind.

Leistung A1	Erfassungsgrad %		Erfassungsgrad % nivelliert
Stufe 1	82		65
Stufe 2	92		73
Stufe 3	121		96
Stufe 4 / Power	126		100

Vergleich Prüfraum nach DIN EN 61591 mit dem modifizierten Prüfraum

In dem entsprechend der Norm luftdichten Raum stellte sich nach Beendigung der Zudosierung des MEK-Wasser-Gemischs eine MEK-Konzentration von 111 ppm. ein

Um einen Luftwechsel von $1,5 \text{ h}^{-1}$ zu gewährleisten wurde ein Hilfsgebläse verwendet. Da zwischen der Absaugung von Raumluft und dem Einblasen von Raumluft kein signifikanter Unterschied erkennbar war, wurden aus praktischen Gründen die Untersuchungen der Hauben im Absaug-Betrieb durchgeführt (Abbildung 12).

Bei der Berechnung von Geruchsreduzierungsgrad und Abklingdauer für die untersuchten Hauben wurde von einer maximalen Ausgangskonzentration von 111 ppm ausgegangen. Die Verminderung von MEK durch das Hilfsgebläse auf maximal 75 ppm im Absaugbetrieb wurde bei der Bewertung der Hauben nicht berücksichtigt, da die Raumbelüftung für alle Hauben den gleichen Einfluss hatte.

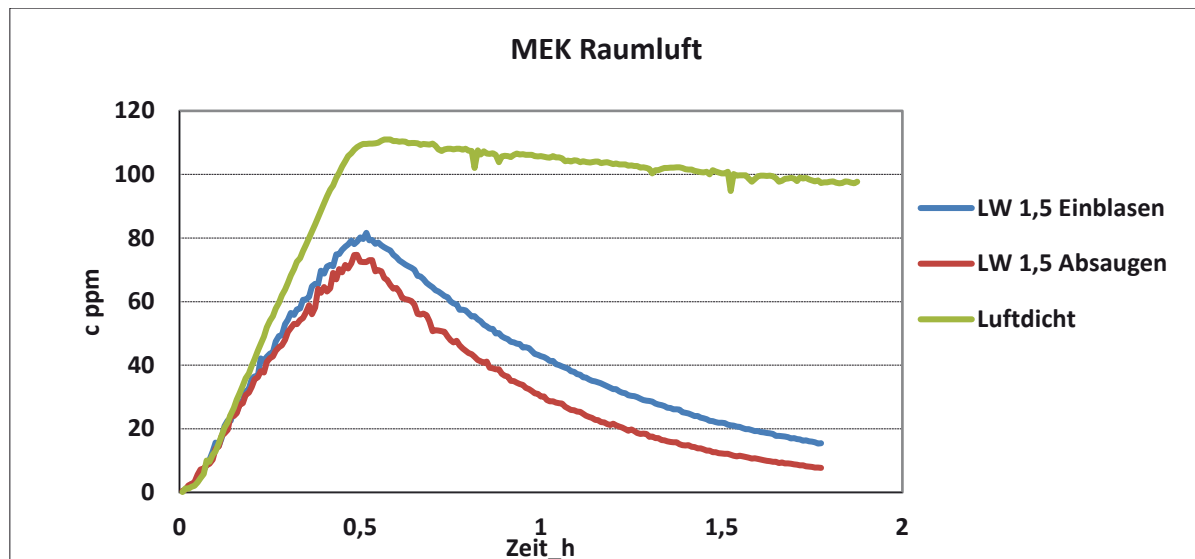


Abbildung 12: Ausgangskonzentration MEK in der Raumluft in Abhängigkeit vom Luftwechsel im Raum. LW 1,5: Luftwechsel 1,5 h⁻¹

Die Verringerung der MEK-Raumluftkonzentration durch das Hilfsgebläse wurde besonders im Umluftbetrieb der Hauben deutlich (Abbildung 13). Während ohne Hilfsgebläse die Abklingdauer, also die Verminderung der MEK-Konzentration auf 16,6 ppm (entspricht 15 % der maximalen Raumluftkonzentration von 111 ppm), bei Haube A1 45 Minuten betrug, lag diese mit Hilfsgebläse nur bei 9 Minuten. Auf den Abluftbetrieb hatte das Hilfsgebläse wiederum keinen erkennbaren Einfluss, da in Lüfterstufe 3 die Absaugleistung der Haube A1 405 m³/h betrug, während das Hilfsgebläse nur ca. 43,5 m³/h Luft aus dem Raum förderte. Die Abklingdauer war mit und ohne Raumluftwechsel 0 Minuten, da die MEK-Konzentration im Raum 16,6 ppm zu keinem Zeitpunkt erreichte.

Neben der Abklingdauer wurde durch das Hilfsgebläse im Umluftbetrieb von A1 auch der Geruchsreduzierungsgrad verbessert, von 61 % auf 73 %. Der Geruchsreduzierungsgrad gibt an, um wieviel Prozent die maximale MEK-

Raumluftkonzentration vermindert wurde. Im Abluftbetrieb hatte das Hilfsgebläse keinen Einfluss auf den Geruchsreduzierungsgrad von A1, der jeweils 95 % betrug.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Gewährleistung eines Luftwechsels von $1,5 \text{ h}^{-1}$ einen sehr günstigen Einfluss auf die Verwendung von Umluftsystemen hatte. Sowohl der Geruchsreduzierungsgrad als auch die Abklingdauer verbesserten sich deutlich. Insbesondere bei eintretender Sättigung des Geruchsfilters bewirkte der Luftwechsel eine erheblich kürzere Abklingdauer. Die energetisch sinnvolle Verwendung eines Umluftsystems kann auf diese Weise zudem mit der Verminderung der Luftfeuchtigkeit im Raum kombiniert werden.

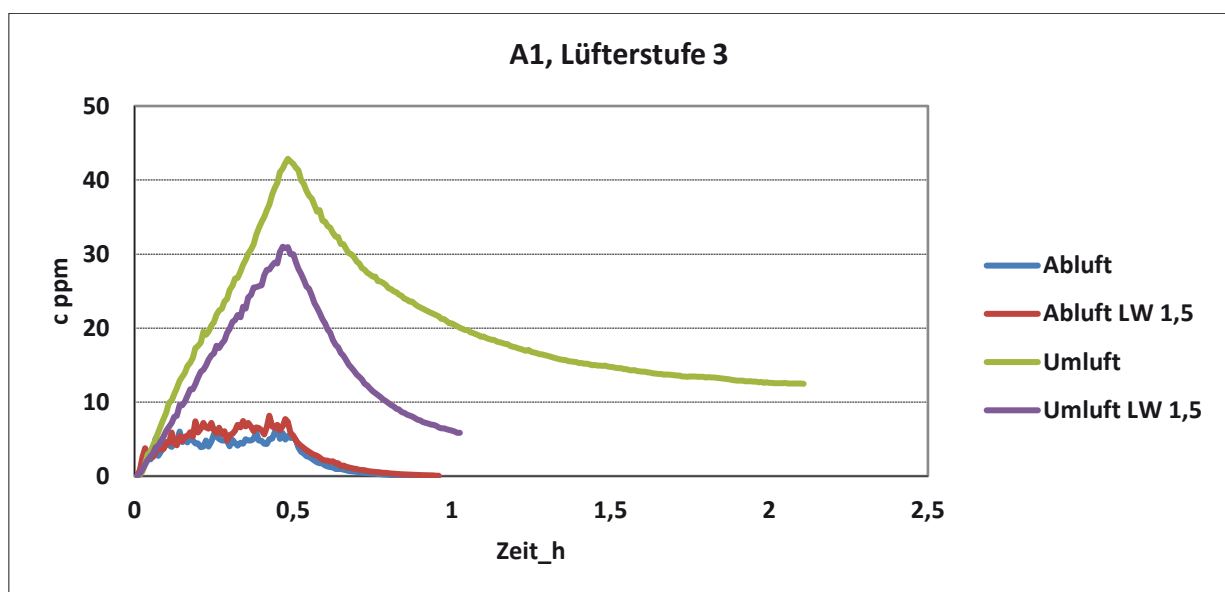


Abbildung 13: Geruchsreduzierung der Haube A1 bei Umluft- und Abluftbetrieb ohne und mit Hilfsgebläse (LW $1,5 \text{ h}^{-1}$)

MEK-Konzentrationskurven

Die folgenden Abbildungen zeigen exemplarisch MEK- Konzentrationskurven für den Versuch A1 in Abhängigkeit von der Lüfterstufe und Zeit.

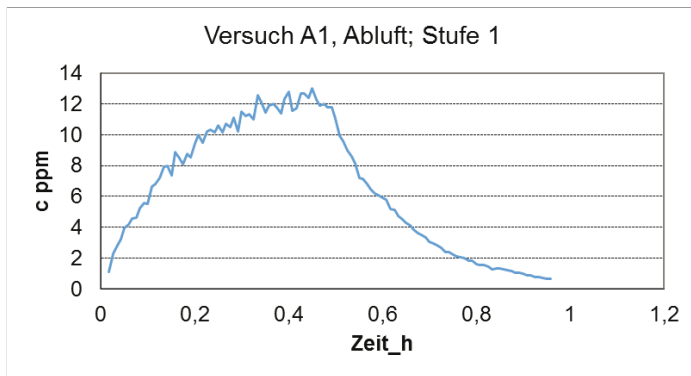


Abbildung 14: MEK-Konzentrationskurve Versuch A1, Abluftbetrieb, Stufe 1

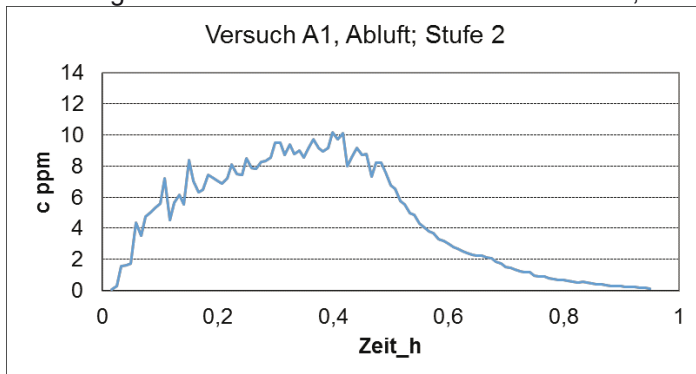


Abbildung 15: MEK-Konzentrationskurve Versuch A1, Abluftbetrieb, Stufe 2

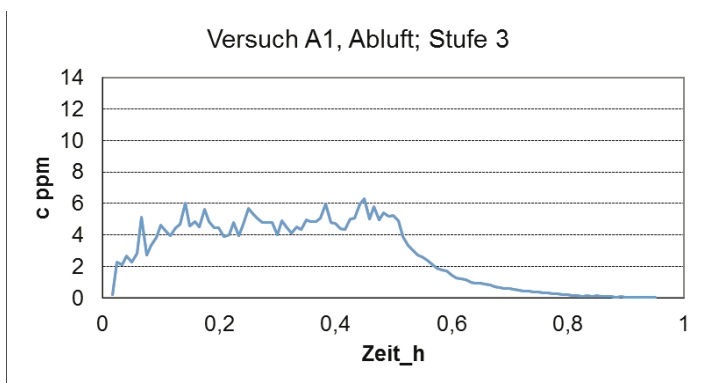


Abbildung 16: MEK-Konzentrationskurve Versuch A1, Abluftbetrieb, Stufe 3

Die gemessenen Konzentrationen zeigen typische Verläufe mit einem Anstieg bis 0,5 Stunden und einem Absinken nach Ende der Zudosierung des MEK-Wasser-Gemischs.

Diese Kurven wurden für alle Versuche aufgenommen und ausgewertet. Im folgenden Text werden nur die Geruchsminderungsgrade aufgeführt und bewertet.

Versuche mit Abluft- und Umluftbetrieb ohne Lüftungsanlage

Die folgenden Abbildungen zeigen Ergebnisse für den Abluft- und Umluftbetrieb von Hauben ohne Lüftungsanlage.

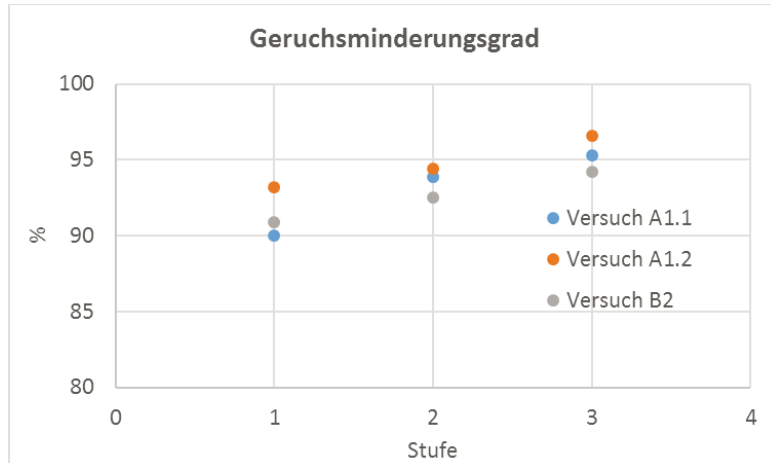


Abbildung 17: Geruchsminderungsgrad für verschiedene Hauben im Abluftbetrieb in Abhängigkeit von der Lüfterstufe

Der Versuch A1 wurde im Abluftbetrieb wiederholt. Die Ergebnisse zeigen vergleichbare Werte. Zwischen Wandhaube und Kopffreihaube konnte im Abluftbetrieb kein signifikanter Unterschied gefunden werden.

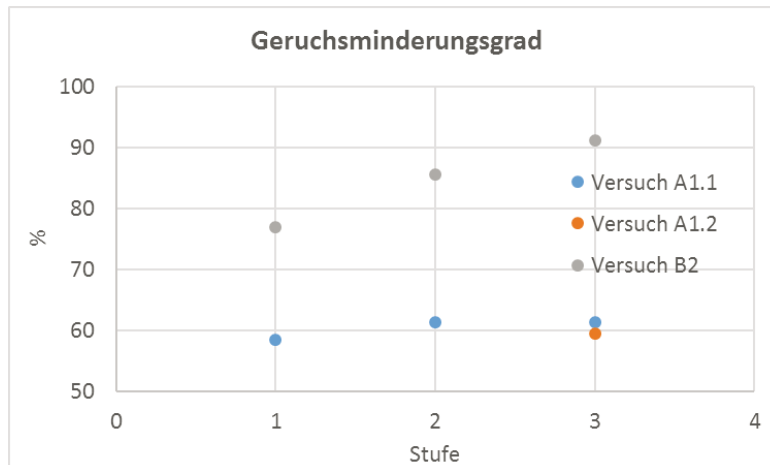


Abbildung 18: Geruchsminderungsgrad für verschiedene Hauben im Umluftbetrieb in Abhängigkeit von der Lüfterstufe

Der Versuch A1 wurde für Lüfterstufe 3 wiederholt. Die Ergebnisse sind vergleichbar. Die Kopffreihaube von Hersteller B zeigte gegenüber der Wandhaube von Hersteller A im Umluftbetrieb bessere Ergebnisse.

Versuche im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage

Die folgende Tabelle 14 sowie Abbildung 19, Abbildung 20 und Abbildung 21 zeigen die Ergebnisse für den Umluftbetrieb von Hauben mit Lüftungsanlage.

Tabelle 14: Geruchsminderungsgrad für unterschiedliche Haubensysteme/Hersteller

	Geruchsminderungsgrad in %								
Stufe	A1	B1	C1	A2	B2	C2	A3*	B3	C3
1	70,1	92,9	82,3	79,1	83,6	88,0		83,2	-
2								92,1	-
3	73,0	96,5	87,6	89,9	93	88,0		96,2	-

* Versuch ist in Planung

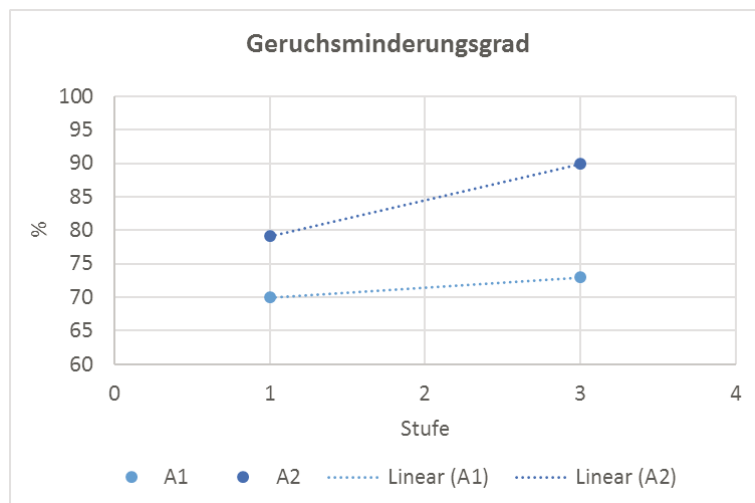


Abbildung 19: Geruchsminderungsgrad für verschiedene Hauben des Herstellers A im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage in Abhängigkeit von der Lüfterstufe

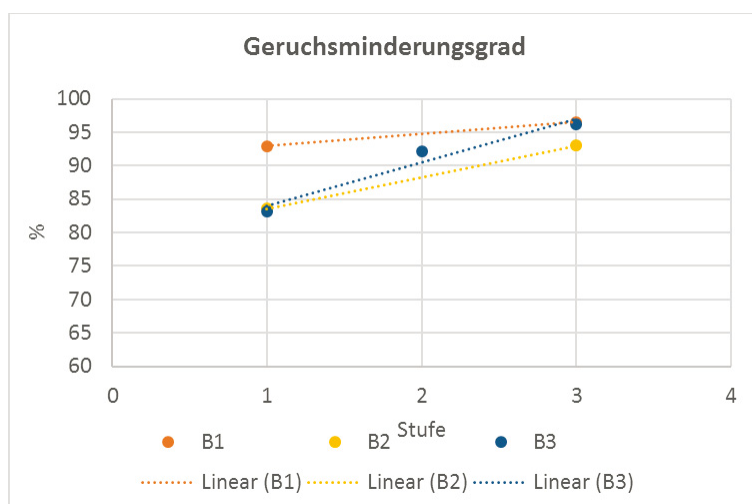


Abbildung 20: Geruchsminderungsgrad für verschiedene Hauben des Herstellers B im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage in Abhängigkeit von der Lüfterstufe

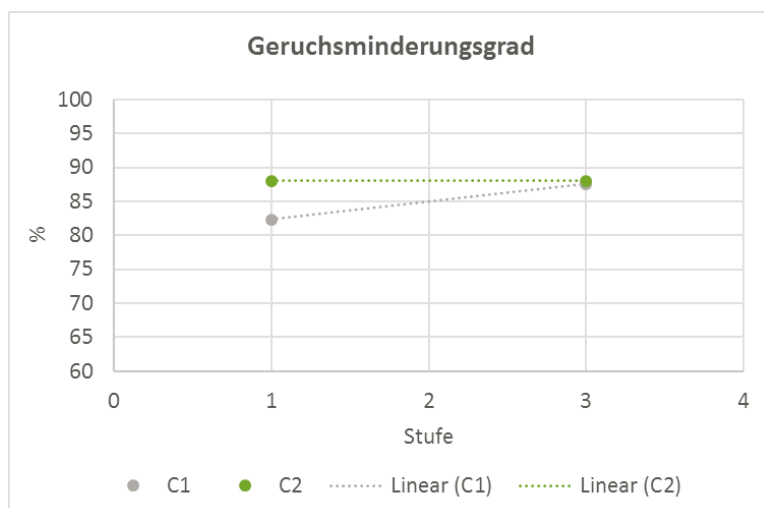


Abbildung 21: Geruchsminderungsgrad für verschiedene Hauben des Herstellers C im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage in Abhängigkeit von der Lüfterstufe

Die Ergebnisse zeigen keinen signifikanten Einfluss der Haubenbauart auf die Geruchsminderung. Vielmehr ist ein herstellerbezogener Einfluss erkennbar, wobei hier vor allem die Filterausführung – insbesondere die Kapazität - von entscheidender Bedeutung ist.

Versuche zum Einfluss einer Filteralterung auf den Geruchsminderungsgrad

Diese Versuche wurden im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage durchgeführt.

Hersteller A

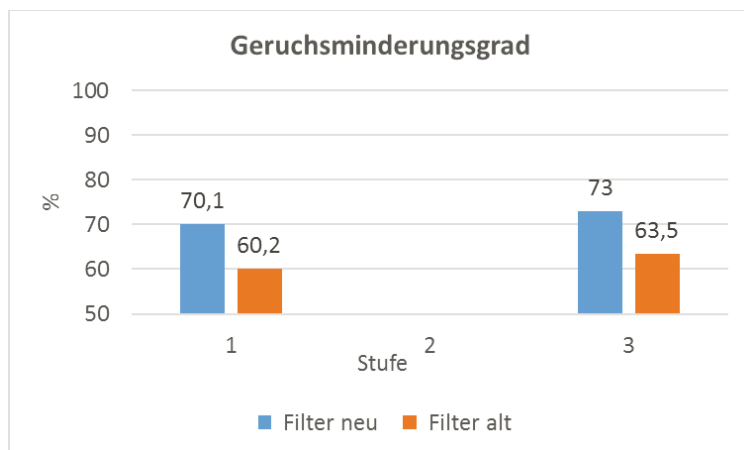


Abbildung 22: Geruchsminderungsgrad für die Wandhaube des Herstellers A im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage in Abhängigkeit von Filteralterung und Lüfterstufe – Versuch A1G

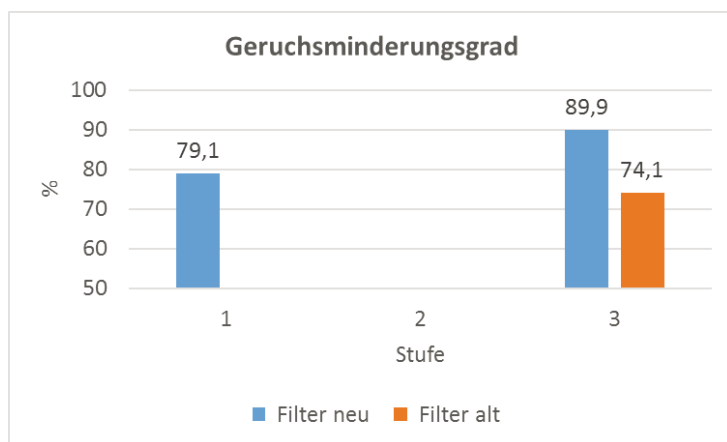


Abbildung 23: Geruchsminderungsgrad für die Kopffreihaube des Herstellers A im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage in Abhängigkeit von Filteralterung und Lüfterstufe – Versuch A2G

Hersteller B

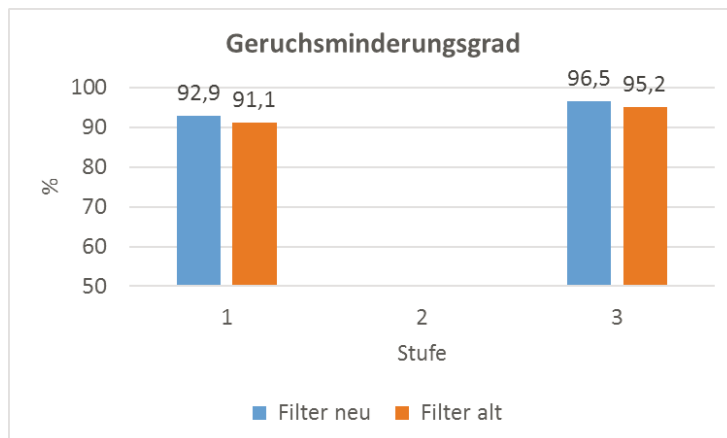


Abbildung 24: Geruchsminderungsgrad für die Wandhaube des Herstellers B im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage in Abhängigkeit von Filteralterung und Lüfterstufe - Versuch B1G

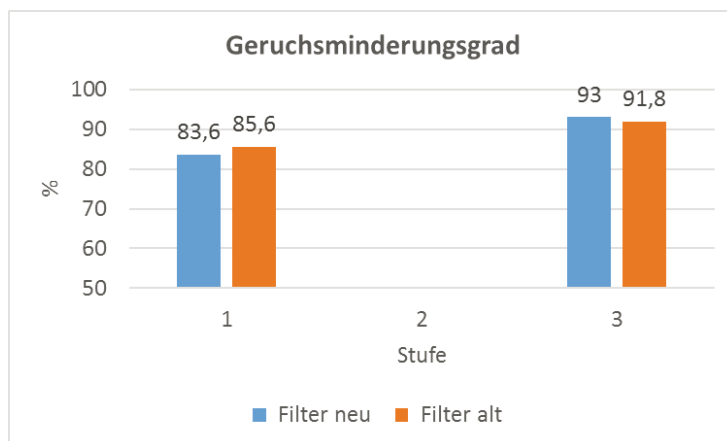


Abbildung 25: Geruchsminderungsgrad für die Kopffreihaube des Herstellers B im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage in Abhängigkeit von Filteralterung und Lüfterstufe - Versuch B2G

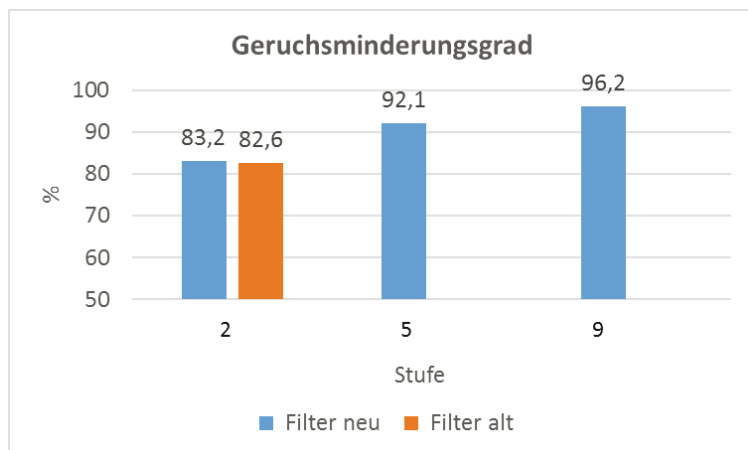


Abbildung 26: Geruchsminderungsgrad für die Kochfeldabsaugung des Herstellers B im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage in Abhängigkeit von Filteralterung und Lüfterstufe - Versuch B3G

Hersteller C

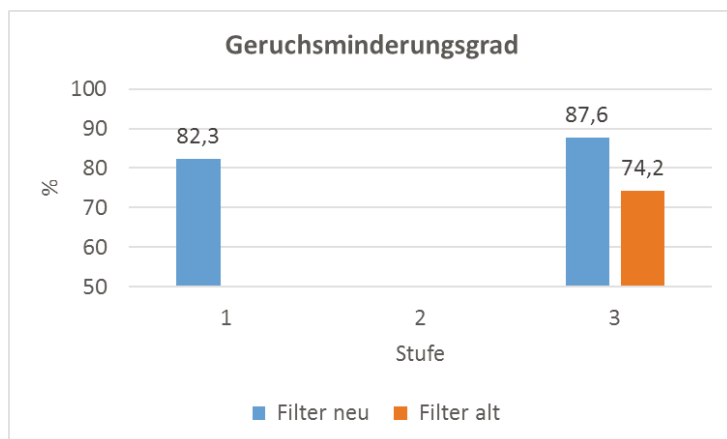


Abbildung 27: Geruchsminderungsgrad für die Wandhaube des Herstellers C im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage in Abhängigkeit von Filteralterung und Lüfterstufe - Versuch C1G

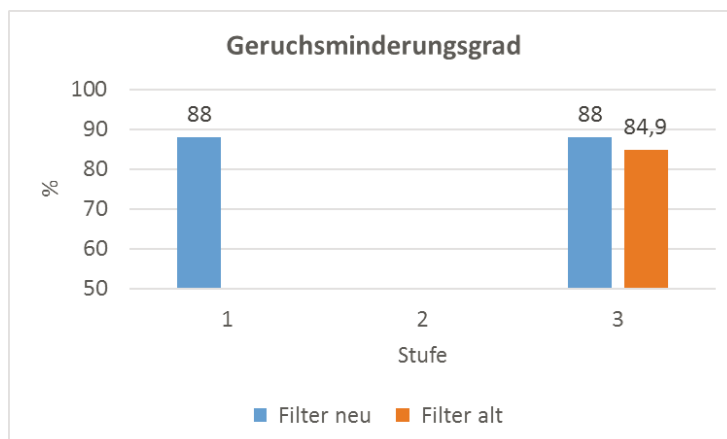


Abbildung 28: Geruchsminderungsgrad für die Kopffreihaube des Herstellers C im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage in Abhängigkeit von Filteralterung und Lüfterstufe - Versuch C2G

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Filteralterung den Geruchsminderungsgrad überwiegend negativ beeinflusst, wobei auch hier vor allem der herstellerbezogene Filter – vor allem seine Kapazität – einen entscheidenden Einfluss hat. Bei einigen Versuchen (Hersteller B) ist keine Verschlechterung des Geruchsminderungsgrades erkennbar. Die von Hersteller B als Geruchsfilter verwendete Aktivkohleschüttung war dabei so leistungsfähig, dass bei dieser die Konditionierungszeit auf 60 Minuten verkürzt werden konnte.

Versuche zum Einfluss auf die Abklingdauer

Neben dem Geruchsreduzierungsgrad gibt die Abklingdauer Informationen über die Leistungsfähigkeit des Umluft- bzw. Abluftsystems. Je niedriger die Abklingdauer, umso früher wird die Konzentrationsschwelle von 15 % der maximalen MEK-Konzentration unterschritten.

In Tabelle 15 wurde die Abklingdauer der verschiedenen Haubentypen im Umluftbetrieb mit neuem Geruchsfilter zusammengestellt. Zusätzlich wurden für einige Kombinationen Untersuchungen mit benutztem Geruchsfilter vorgenommen (Tabelle 16). Aus diesen Ergebnissen lässt sich zusammenfassen, dass mit zunehmender Lüfterstufe die Abklingdauer abnimmt. Dabei dürften zwei Effekte zum Tragen kommen, zum einen verbessert sich der Erfassungsgrad des Systems und zum anderen nimmt die Anzahl an Zyklen der Raumluft durch den Geruchsfilter zu.

Die Wiederverwendung alter Filter führte zu schlechteren Abklingdauern. Bei Hersteller B, war jedoch keine Veränderung erkennbar, da die Kapazität des Filters deutlich größer ist.

Tabelle 15: Abklingdauer im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage (1,5 h⁻¹)

	Abklingdauer Minuten								
Stufe	A1	B1	C1	A2	B2	C2	A3*	B3	C3
1	13	0	2,5	4,5	3	0		2,5	
3	9	0	0	0	0	0		0	

* Versuch ist in Planung

Tabelle 16: Filter alt; Abklingdauer im Umluftbetrieb mit Lüftungsanlage (1,5 h-1)

	Abklingdauer Minuten								
Stufe	A1	B1	C1	A2	B2	C2	A3*	B3	C3
1	21	0			0			3,5	
3	19,5	0	12,5	9,5	0	0,5			

* Versuch ist in Planung

In Tabelle 17 ist die Abklingdauer weiterer untersuchter Hauben aufgeführt. Hervorheben lässt sich, dass die Filter A1 im Umluftbetrieb mit über 40 Minuten bereits eine lange Abklingdauer haben. Bei Wiederverwendung der Filter steigt diese sogar auf 240 Minuten an. Im Abluftbetrieb lag die Abklingdauer aller untersuchten Systeme hingegen bei 0 Minuten.

Tabelle 17: Abklingdauer in Minuten bei verschiedenen Kombinationen

Stufe	A1 Abluft	A1 Abluft mit Lüftung	A1 Umluft	A1 Umluft mit Lüftung	A1 Umluft, Filter alt	B2 Abluft	B2 Umluft	B2 Umluft mit Lüftung
1	0	0	42,5	13	240	0	6,5	3
2	0		64			0	0	
3	0	0	45,5	9	300	0	0	0

3.2.3 Bewertung der Wrasenerfassung (optisches Verfahren)

Im Abschnitt 3.1.1 wurde bereits der Erfassungsgrad von Dunstabzugshauben behandelt. Bisher gibt es hierzu noch keine standardisierte Untersuchungsmethode. Auch die Prüfungen gemäß DIN EN 61591 sehen bisher noch kein Verfahren vor, um diese Eigenschaft unter standardisierten Bedingungen zu überprüfen.

Verfahren zur Ermittlung des Erfassungsgrades mit Hilfe von Tracergas-Messungen werden in Abschnitt 3.1.1 vorgestellt.

Zur Bewertung der Erfassung von gewerblichen Küchenhauben sieht die ASTM F-1704 („Standard Test Methode für die Leistung von kommerziellen Küchenlüftungssystemen“) ein qualitatives Verfahren anhand von Schlierenbildern

vor. Bei dieser Methode wird der erforderliche Luftstrom bzw. die Lüftungsstufe ermittelt, um eine standardisierte Freisetzung mit Küchendünsten zu erfassen.

In Anlehnung an diese Methode wurde im Projekt ein ebenfalls auf einer optischen Auswertung basierendes neues Verfahren erprobt. Dabei wird Wasserdampf unter definierten Bedingungen freigesetzt und bewertet, ob die Wasserdampfschwaden vollständig von der Dunstabzugshaube erfasst werden.

Abbildung 29 zeigt den prinzipiellen Messaufbau der Untersuchung. Der Wasserdampf wird durch ein mit Wasser gefüllten Kochtopf bei definierter Leistung des Kochfeldes erzeugt (maximale Stufe). Die Position des Topfes entspricht hierbei den Vorgaben der DIN EN 61591. Der Wasserdampf wird zudem mit Spots beleuchtet und der Hintergrund abgedunkelt, um einen möglichst guten Kontrast zwischen Wasserdampffahne und Hintergrund zu erzielen. Mit einer Digitalkamera werden die Wasserdampfschwaden fotografiert. Ferner werden Störeinflüsse wie Querströmungen im Raum während des Versuchs soweit wie möglich vermieden.

Zur Bewertung einer Dunstabzugshaube wird anschließend die kleinste Luftstufe (der geringste Abluftstrom) bestimmt, um die Wasserdampffahne vollständig zu erfassen.



Abbildung 29: Grundsätzlicher Messaufbau der Untersuchung mit Digitalkamera sowie Kochtopf und Kochfeld (rechts). Fotoaufnahme der Dunstabzugshaube während Untersuchung (links).

Tabelle 18: Randbedingungen der Untersuchung

Verwendetes Kochfeld	Induktionskochfeld, Betrieb auf höchster Stufe, Leistungsaufnahme 1800 W
Abmessungen des Kochtopfes	Durchmesser 17 cm, Höhe 8 cm, Höhe inkl. Kochfeld 13 cm
Position des Kochtopfes	Abstand zur Wand: 40 cm / 10 cm seitlich aus Mitte versetzt:
Montagehöhe der Dunstabzugshaube	600 mm bei Wandhaube, 500 mm bei Kopffreihaube

Auswertung der aufgenommenen Wasserdampffahnen

Abbildung 30 zeigt beispielhaft eine Zeitreihe der Wasserdampffahne bei gleichbleibender Lüftungsstufe. Wie die Fotoaufnahmen verdeutlichen, variiert das Wasserdampfbild mit der Zeit. Während bei den Aufnahmen 2 und 4 (von links) der Wrasen vollständig in die Haube gelangt, strömt während der Aufnahmen 1, 3 und 5 ein Teil des Wasserdampfes an der Haube vorbei. Wie kann nun visuell bewertet werden, ob eine vollständige Erfassung des Wrasen vorliegt? Auch bei Messreihen z.B. mit Tracergas-Messungen würden sich von Zeitschritt zu Zeitschritt leicht unterschiedliche Ergebnisse ergeben. In der Regel werden daher zeitliche Mittelwerte einer Zeitreihe von Messwerten gebildet, um eine Kenngröße zu charakterisieren.

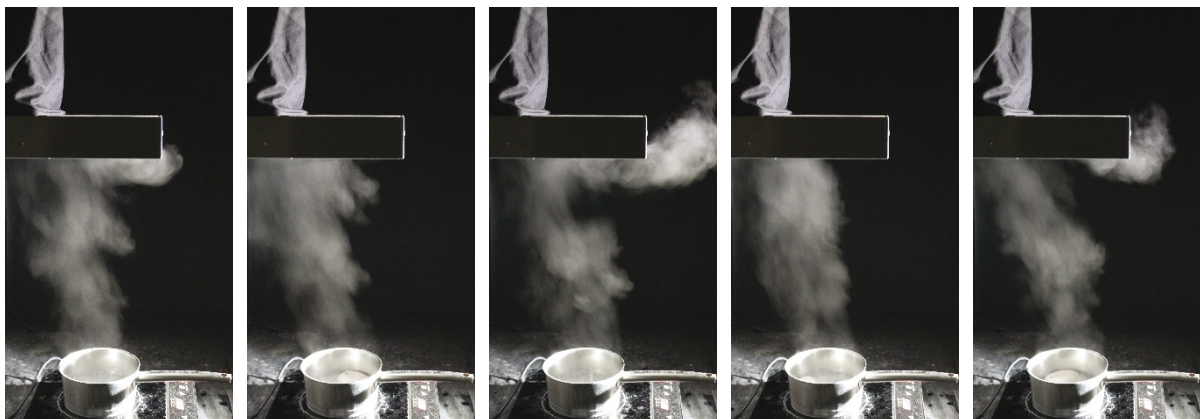


Abbildung 30: Exemplarische Fotoserie der Wasserdampffahne während der Untersuchung
Randbedingung: Lüftungsstufe 2, Höhe über Kochfeld 60 cm, Abluft-Dunstabzugshaube, Kochfeld auf höchster Stufe)

Dieser Ansatz der Mittelwertbildung soll daher auch bei den Fotoserien angewendet werden. Die Bereiche die häufig von Wasserdampf durchströmt werden, erscheinen

auf diesen Auswertungsbildern heller. Zur Erstellung eines Auswertungsbildes werden in dieser Untersuchung jeweils 50 Einzelfotos über einen Zeitraum von ca. 4 min aufgenommen.

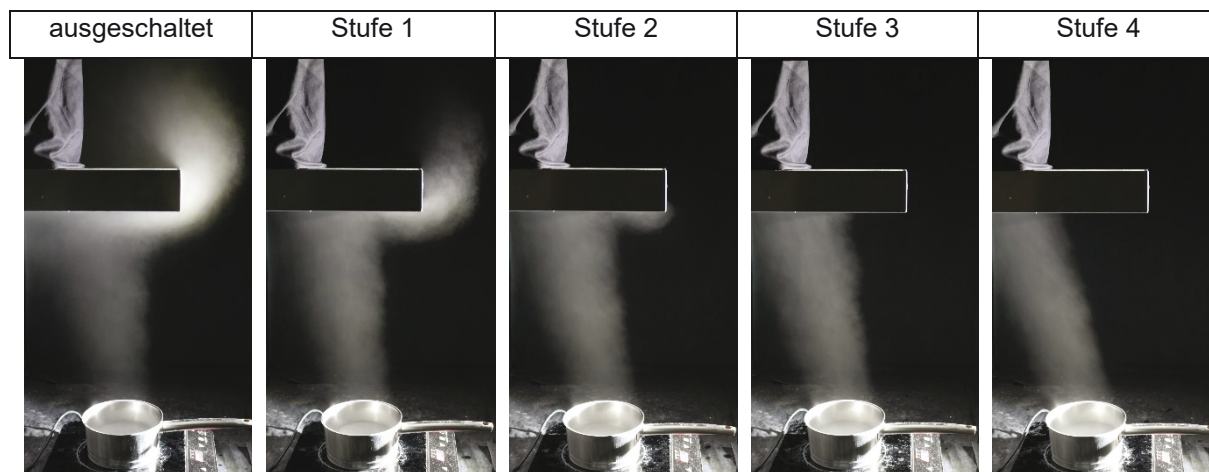


Abbildung 31: Exemplarische „Mittelwert“-Auswertung der Wrasenerfassung. Jede Aufnahme stellt das Ergebnis für eine Lüftungsstufe dar. Ein Auswertungsfoto wurde aus jeweils 50 Einzelfotos erzeugt. Randbedingung: Höhe über Kochfeld 60 cm, Abluft-Dunstabzugshaube, Kochfeld auf höchster Stufe.

„worst case“-Auswertung der Zeitreihe

Zusätzlich soll noch eine weitere „worst case“-Auswertung betrachtet werden. Hier soll aufgezeigt werden, ob während der gesamten Zeitreihe in der jeweiligen Schaltstufe Wasserdampf an der Dunstabzugshaube vorbei gelangt. Alle Bereiche in denen Wasserdampf auftrat, werden dargestellt. Das Auswertungsbild fasst die jeweils „ungünstigsten“ Fälle einer Zeitreihe zusammen (vgl. Abbildung 32).

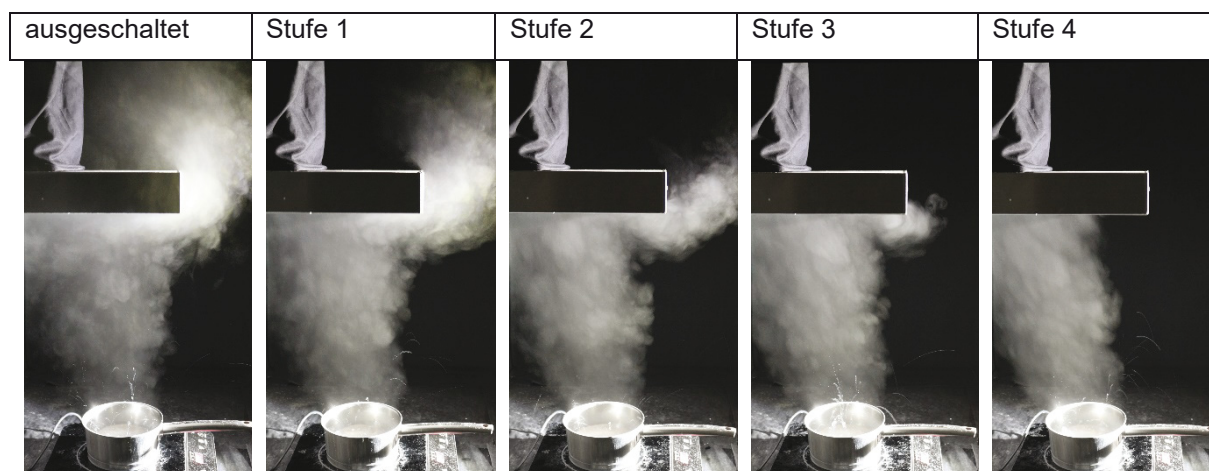


Abbildung 32: Exemplarische „worst case“-Auswertung der Wrasenerfassung. Jede Aufnahme stellt das Ergebnis für eine Lüftungsstufe dar. Ein Auswertungsfoto wurde aus jeweils 50 Einzelfotos erzeugt. Randbedingung: Höhe über Kochfeld 60 cm, Abluft-Dunstabzugshaube, Kochfeld auf höchster Stufe.

Ergebnisse der Untersuchung

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zeigen Abbildung 33 „Mittelwert“-Auswertung und Abbildung 34 „worst-case“-Auswertung. Dargestellt sind jeweils die minimalen Abluftvolumenströme, die erforderlich sind, um den Wrasen bei einer definierten Freisetzung zu erfassen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass es hinsichtlich der Erfassung des Wrasen signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Dunstabzugshauben-Modellen gibt. Wobei sich überraschenderweise auch Unterschiede zwischen Dunstabzugssystemen gleicher Bauform ergeben.

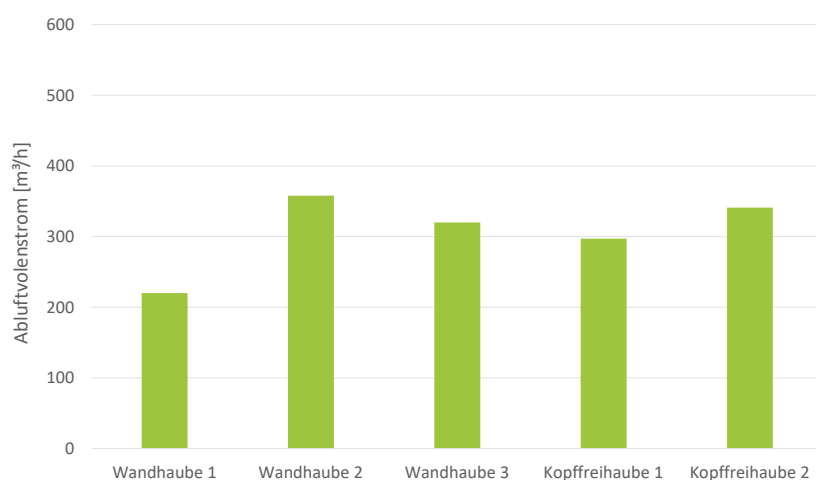


Abbildung 33: Minimaler Abluftvolumenstrom für vollständige Erfassung der definierten Wasserdampffreisetzung. „Mittelwert“-Auswertung

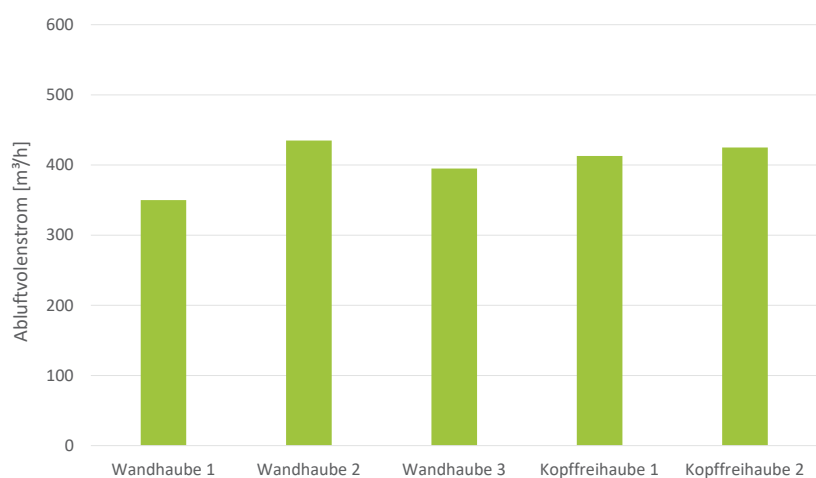


Abbildung 34 Minimaler Abluftvolumenstrom für vollständige Erfassung der definierten Wasserdampffreisetzung. „worst-case“-Auswertung

Kochfeldabsaugungen erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Der Wrasen wird bei diesen Systemen nach unten in das Kochfeld abgesaugt. Im Rahmen des Projekts wurde ein System mit Kochfeldabsaugung untersucht. Abbildung 35 zeigt die Ergebnisse zu drei Bauformen desselben Herstellers in der „worst-case“-Auswertung. Bei der Kochfeldabsaugung wurden ferner die zwei Varianten flacher Topf (Höhe ca. 8 cm) und mittelhoher Topf (Höhe ca. 13 cm) untersucht. Demnach sind bei der untersuchten Kopffreihaube bzw. Kochfeldabsaugung höhere Erfassungsströme erforderlich, als bei der Wandhaube desselben Herstellers. Außerdem wird der Einfluss der Topfhöhe bei Kochfeldabsaugungen deutlich. Während bei dem flachem Topf der erforderliche Abluftstrom nur 10 bis 20% höher ist als bei den anderen Bauformen, wird beim mittelhohen Topf auch bei höchster Luftstufe keine vollständige Erfassung mehr erreicht.

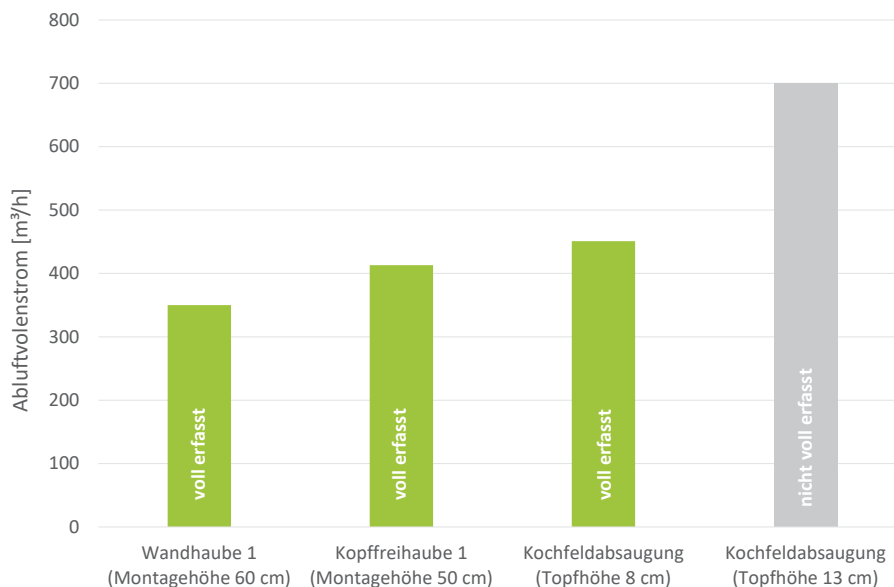


Abbildung 35: Minimaler Abluftvolumenstrom für vollständige Erfassung der definierten Wasserdampfreisetzung. „worst-case“-Auswertung

Den Einfluss der Montagehöhe zeigt exemplarisch Abbildung 36 an einer Wandhaube. Während bei einer Montagehöhe von 60 cm die Luftstufe 2 eine vollständige Erfassung im Versuch gewährleistet (Foto links), strömt bei einer Montagehöhe von 70 cm bei gleichem Abluftstrom bereits ein Teil des Wrasen an der Wandhaube vorbei (Foto rechts).

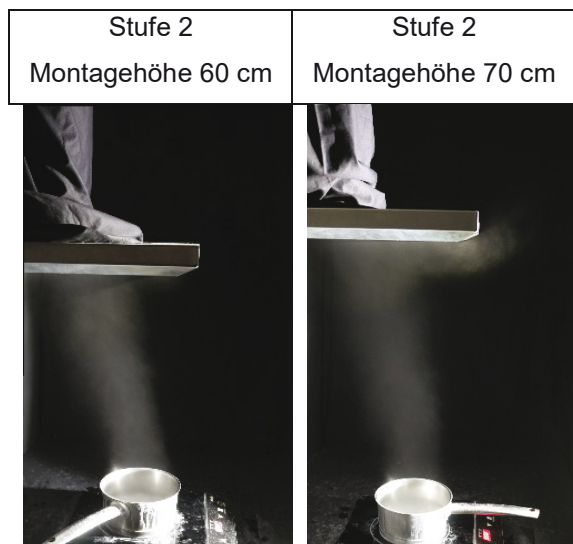


Abbildung 36: Einfluss der Montagehöhe am Beispiel einer Wandhaube. „Mittelwert“-Auswertung. Randbedingung: Luftstufe 2, verschiedene Montagehöhen über dem Kochfeld, Abluft-Dunstabzugshaube, Kochfeld auf höchster Stufe.

Die folgenden Abbildungen zeigen zusätzlich für jedes Haubensystem die verfügbaren Luftstufen. Die Abluftströme, die eine vollständige Erfassung des Wrasens gewährleisten, sind als grüne Säulen dargestellt. Z.T. würden sich bei einzelnen Produkten bei feinerer Abstufung der Volumenströme noch geringere Abluftströme für eine vollständige Erfassung der hier gewählten Wasserdampffreisetzung ergeben. Dennoch wird deutlich, dass die erheblichen Unterschiede hinsichtlich der Erfassung nicht alleine auf die Abstufung der Volumenströme zurückzuführen sind.

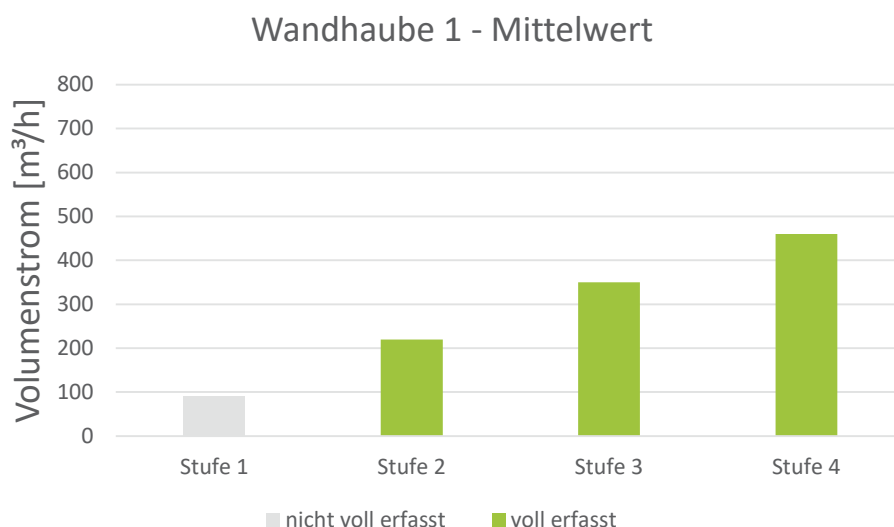


Abbildung 37: Minimaler Abluftvolumenstrom der Wandhaube 1 für vollständige Erfassung des Kochwrasens nach „Mittelwert“-Auswertung

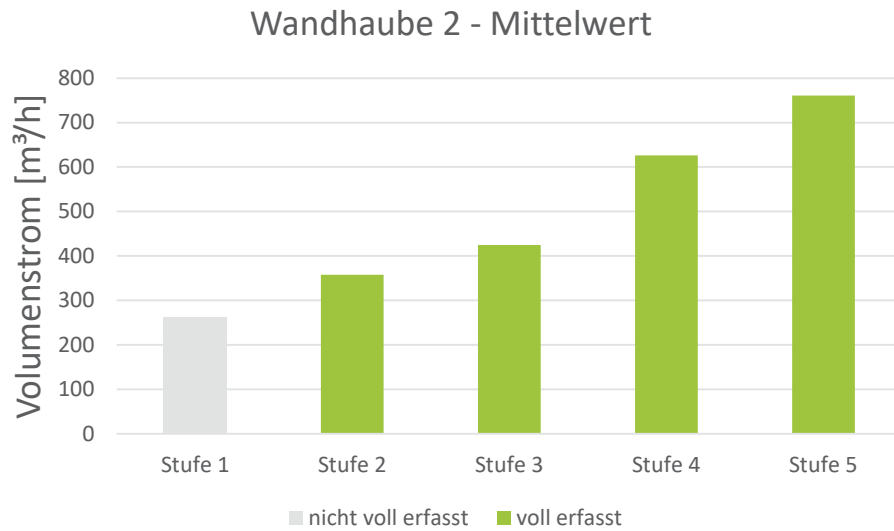


Abbildung 38: Minimaler Abluftvolumenstrom der Wandhaube 2 für vollständige Erfassung des Kochwrasens nach „Mittelwert“-Auswertung

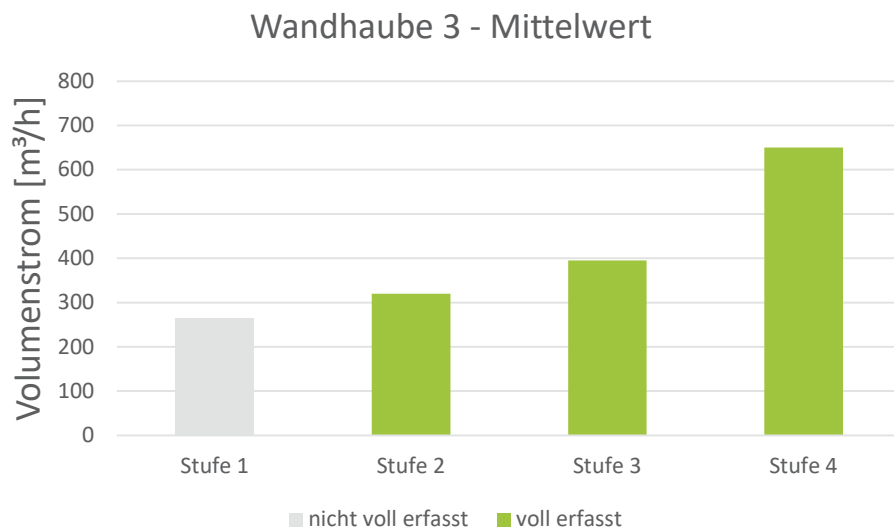


Abbildung 39: Minimaler Abluftvolumenstrom der Wandhaube 3 für vollständige Erfassung des Kochwrasens nach „Mittelwert“-Auswertung

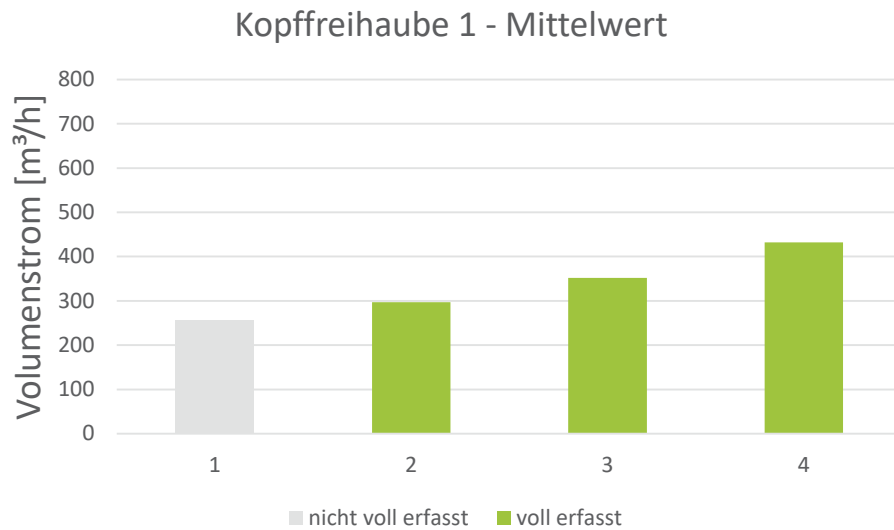


Abbildung 40: Minimaler Abluftvolumenstrom der Kopffreihaube 1 für vollständige Erfassung des Kochwrasens nach „Mittelwert“-Auswertung

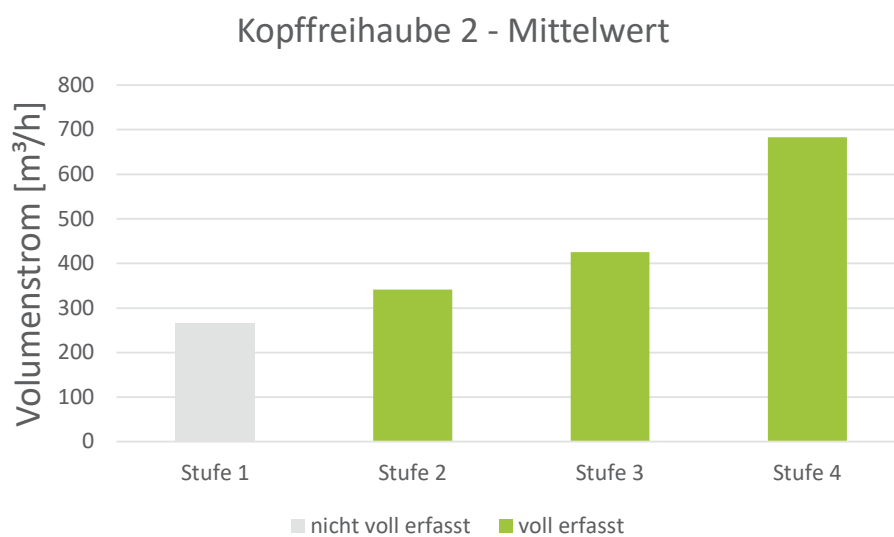


Abbildung 41: Minimaler Abluftvolumenstrom der Kopffreihaube 2 für vollständige Erfassung des Kochwrasens nach „Mittelwert“-Auswertung

Fazit der Bewertung der Wrasenerfassung

Die vorgestellten Ergebnisse wurden mit einem neuen Bewertungsverfahren gewonnen. Es konnte gezeigt werden, dass das Verfahren eine qualitative Bewertung der Wrasenerfassung ermöglicht. Die Untersuchungen wurden an einer kleineren Anzahl von Dunstabzugssystemen durchgeführt, generelle Aussagen zum Verhalten

von bestimmten Bauformen lassen sich auf dieser Grundlage noch nicht machen. Die Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass am Markt verfügbare Dunstabzugssysteme deutliche Unterschiede aufweisen können und bisher eine geeignete Bewertung dieser wesentlichen Eigenschaft der Systeme fehlt.

Vorteile des (neuen) visuellen Bewertungsverfahrens

- Mit dem Verfahren wird eine vergleichende Bewertung der Erfassung des Wrasen von unterschiedlichen Dunstabzugshaubensystemen möglich. Der Geruchsreduzierungsgrad gemäß DIN EN 61591 erscheint hierfür nicht geeignet (vgl. Abschnitt 3.1.1.2).
- Der Aufwand des Verfahrens ist im Vergleich zu Tracergasverfahren geringer und die Untersuchung kann in kurzer Zeit durchgeführt werden.
- Die Ergebnisse sind anschaulich und ohne vertiefende technische Vorbildung verständlich.

Nachteile des (neuen) visuellen Bewertungsverfahrens

- Die Ergebnisse beziehen sich auf einen „standardisierten“ Kochvorgang. Für abweichende Situationen (z.B. zwei Töpfe) sind die Ergebnisse nur bedingt übertragbar.
- Mit der Untersuchung in dieser Form sind keine Aussagen zur teilweisen Erfassung der Küchendünste möglich (z.B. in Stufe 1 wird die Wasserdampffahne zu 70% erfasst).

Eine Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens und Standardisierung der Randbedingungen erscheint vor diesem Hintergrund vielversprechend.

3.3 Bewertung des Einflusses auf Mobiliar

3.3.1 Einleitung

Möbel unterliegen in steigendem Maße im Wohnbereich einer Belastung durch Feuchte. Dies hat mehrere Ursachen. Zum einen spielen gestalterische Aspekte eine Rolle. So kommen durch Kochzeilen und eine steigende Anzahl Feuchte emittierender elektrischer Geräte (Kaffeemaschinen, Heißwasserbereiter, Mikrowellen u. a.) die

Küchenmöbel stärker in unmittelbaren Kontakt mit den feuchteabgebenden Geräten. Entwicklungen im Bereich der Energieeffizienz verstärken die Belastung von Küchenmöbeln bzw. Küchenmöbelbauteilen mit Feuchte. Dunstabzugshauben reduzieren den Gehalt an Fett und Gerüchen aus den Kochwrasen. Eine Reduzierung des Feuchtegehaltes des Kochwrasen erfolgt durch Dunstabzugshauben im Umluftbetrieb nicht. Dies führt dazu, dass die Feuchte an die Raumluft abgegeben wird und damit die relative Feuchte im Raum während des Kochvorganges zunimmt. Nahe an der Dunstabzugshaube positionierte Möbelteile werden von nicht erfassten Kochwrasen somit mit Feuchte und Fett beaufschlagt. Eine noch deutlichere Belastung mit Feuchte erfahren die Möbelbauteile im Bereich der Geschirrspüler. Dies ist nachfolgend erläutert.

3.3.2 Feuchtebelastung durch Geschirrspüler

Ein in letzter Zeit sich verstärkt darstellendes Problem sind nach dem letzten Spülgang automatisch öffnende Geschirrspüler. Um ein bestimmtes Energie-Effizienz-Label bei Geschirrspülern seitens der Hersteller zu erreichen, haben diese ein Öko-Programm integriert, welches nach dem letzten Spülprogramm automatisch die Geschirrspüler-Front öffnet und die feuchte Luft an die Umgebung abgibt. Dadurch wird der Energiebedarf für die Trocknung reduziert. Teilweise wird die Abgabe der feuchten Luft durch ein sich automatisch zuschaltendes Gebläse unterstützt. Dieses soll gleichzeitig die feuchte Luft weiter in den Raum verteilen und so ein direktes Niederschlagen auf den umgebenden Möbelbauteilen verhindern bzw. reduzieren. Im Normalfall steigt die feuchte Luft aber nach Öffnen der Tür nach oben. Eine Verriegelung der Geschirrspülertür analog zu Schleudervorgängen bei Waschmaschinen/Wäschetrocknern wird seitens der Hersteller als nicht am Markt vermittelbar angesehen. Dies hat seine Ursache in der derzeit gebräuchlichen Möglichkeit, den Geschirrspüler während des Laufens der Programme jederzeit zu öffnen (Nachladen von Geschirr/Besteck).

Das automatische Öffnen nach dem letzten Spülprogramm führt zu einer mehr oder minder regelmäßigen Belastung (je nach Nutzung des Programms) der den Geschirrspüler umgebenden Küchenmöbelbauteile. Diese Belastung wird durch den Trend zum Hocheinbau von Geschirrspülern verstärkt. Im Gegensatz dazu war bisher

der Einbau /Positionierung des Geschirrspülers unter der Küchenarbeitsplatte der Regelfall. Für diesen Einsatzfall haben die Hersteller der Geschirrspüler in der Regel ein Dampfschutzblech beigelegt, dass durch den Monteur beim Aufstellen/Einbau des Geschirrspülers zwischen Geschirrspüler und Unterseite Küchenarbeitsplatte positioniert wurde, um die Küchenarbeitsplatte so zu schützen. Durch die Höhe der Arbeitsplatte ist das Dampfschutzblech bei üblichen Tätigkeiten in der Küche nicht sichtbar.

Anders ist dies beim Hocheinbau von Geschirrspülern. Hierunter versteht man den erhöhten Einbau in sogenannten Küchenwänden. Vorteile hierbei stellen der gute Stand beim Be- und Entladen und ein guter Überblick über den Inhalt dar. Gleichzeitig führt diese Einbauposition dazu, dass Möbelbauteile mit Feuchte aus dem Öffnen des Geschirrspülers belastet werden, die bisher diesen Belastungen nicht oder nur in deutlich geringerem Maße ausgesetzt waren.

Da die Positionen der Einbaugeräte innerhalb einer Küche variieren, müssen für eine Lösung seitens der Möbelhersteller alle Möbelbauteile einer Küche entsprechend der möglichen Feuchtebelastung ausgelegt bzw. beschichtet werden. Da eine solche Anpassung der Möbelbauteile über den Einsatz hochwertigerer Rohstoffe mit enormen Mehrkosten einhergeht, kommt eine derartige Lösung auf Grund des gerade mit ausländischen Mitbewerbern stattfindenden Preiskampfes und aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Frage.

Schwierig bzw. aufwendig gestaltet sich auch das Anbringen von mechanischen Schutzlösungen analog dem Dampfschutzblech bei Küchenarbeitsplatten. Infolge der Einbauhöhe der Geschirrspüler sind derartige Schutzlösungen automatisch im Blickfeld des Nutzers. Weiterhin kollidieren derartige Lösungen mit dem Streben nach aus gestalterischer Sicht möglichst minimalen Spaltmaßen. Denkbare Lösungen wie z.B. während des Öffnungsvorganges ausfahrende Leitbleche erfordern einen hohen konstruktiven und fertigungstechnischen Aufwand und führen zu höheren Kosten beim Produkt Geschirrspüler.

Daher verfolgt die Branche derzeit die Strategie, die Möbelbauteile durch die automatisch öffnenden Geschirrspülertüren nur in dem Maße zu belasten, dass langfristig keine Schäden an den Bauteilen auftreten. Dazu erfolgen Untersuchungen in zwei Richtungen. Zum einen die Ermittlung der Menge der beim Öffnen des

Geschirrspülers austretenden Feuchte (Wasser) in Abhängigkeit von Öffnungsspalt der Tür, der Temperatur der Wrasen und dem Beladungsgrad des Spülers. Der Öffnungsspalt bestimmt u.a. die Dauer des Austritts und damit die Menge pro Zeit, die sich auf den umgebenden Bauteilen niederschlagen kann. Die Wrasentemperatur bestimmt die Menge an Feuchte (absolut) und die Fläche auf der die Feuchte sich niederschlagen kann (hohe Temperatur gleich größere Fläche da höher Aufsteigen, vgl. Abbildung 42 und Abbildung 43). Die Beladung hat Einfluss auf die Austrittsgeschwindigkeit, da das Geschirr Feuchte bindet und diese damit langsamer an die Umgebung abgegeben wird.

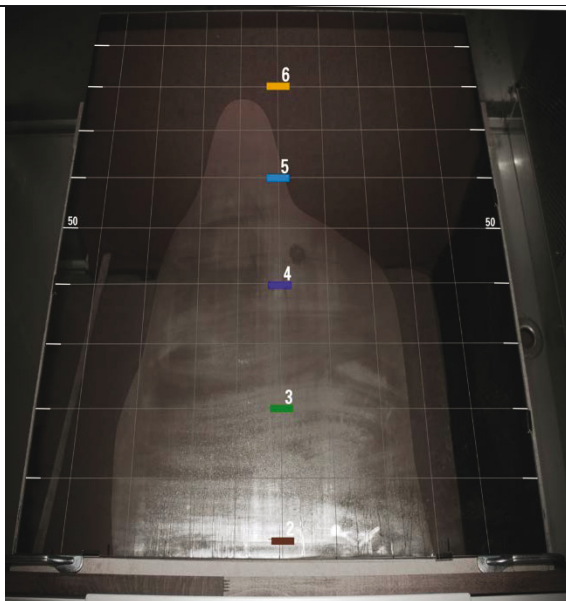


Abbildung 42: Wasserdampfausbreitung Eco-50-Programm (Foto: IHD)

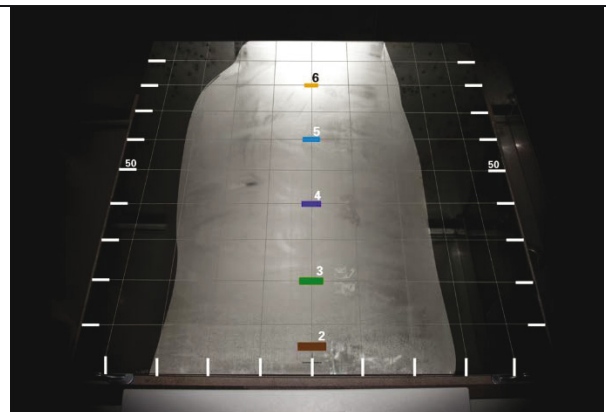


Abbildung 43: Wasserdampfausbreitung Spülen-70-Programm (Foto: IHD)

Die andere Untersuchungsrichtung betrifft die Möbelbauteile. Hier wird untersucht, welche Feuchtebelastung vollständig ummantelte (beschichtete) Bauteile ohne erkennbares Schadensbild bewältigen. Dazu werden unterschiedliche Bauteile (Arbeitsplatte, Fronten und Kopusseiten/-böden) in unterschiedlichen Ausführungen der Beschichtung (Breit- bzw.- Schmalfläche) in Langzeittests einer Langzeitbelastung ausgesetzt. Hierzu werden entsprechende Bauteilabschnitte entsprechend möglicher Positionen im Küchenmöbel über dem Geschirrspüler angeordnet und dann den Feuchtebelastungen unterzogen. Diese Belastungen erfolgen zyklisch und decken einen Einsatzzeitraum von ca. 10 Jahren (bei durchschnittlicher Nutzung) ab. Die

Untersuchungen in den beiden benannten Richtungen sind derzeit noch nicht abgeschlossen.

Zu berücksichtigen bei der Belastung der Küchenmöbel durch Geschirrspüler ist weiterhin, dass die Feuchtebelastung stoßweise erfolgt, der sich entsprechende Trocknungsphasen anschließen. Diese sind zwangsläufig durch die Programmlaufzeiten der Spülprogramme bedingt. Dies unterscheidet die Belastung durch Geschirrspüler von den Belastungen durch Kochvorgänge, die zwar auch mehr oder minder periodisch ablaufen aber von einer deutlich längeren Phase der konstanten Belastung der Bauteile gekennzeichnet sind.

Schlussendlich zeichnet sich derzeit ab, dass eine möglichst schnelle Abtrocknung der Bauteile von Vorteil ist. Dies ist an der Unterseite von Küchenarbeitsplatten besser gegeben (bspw. allein durch das manuelle Öffnen und Schließen der Geschirrspülertür bei Beladungsvorgängen) als bei Hocheinbauten. Hier besteht die Möglichkeit, dass Die Feuchte sich in darüber liegenden Schrankbereichen hinter den Türen niederschlägt und nur sehr langsam abtrocknet. Dies begünstigt wiederum Schädigungen (Risse, Delaminierungen, Quellungen, Verfärbungen) an den Möbelbauteilen.

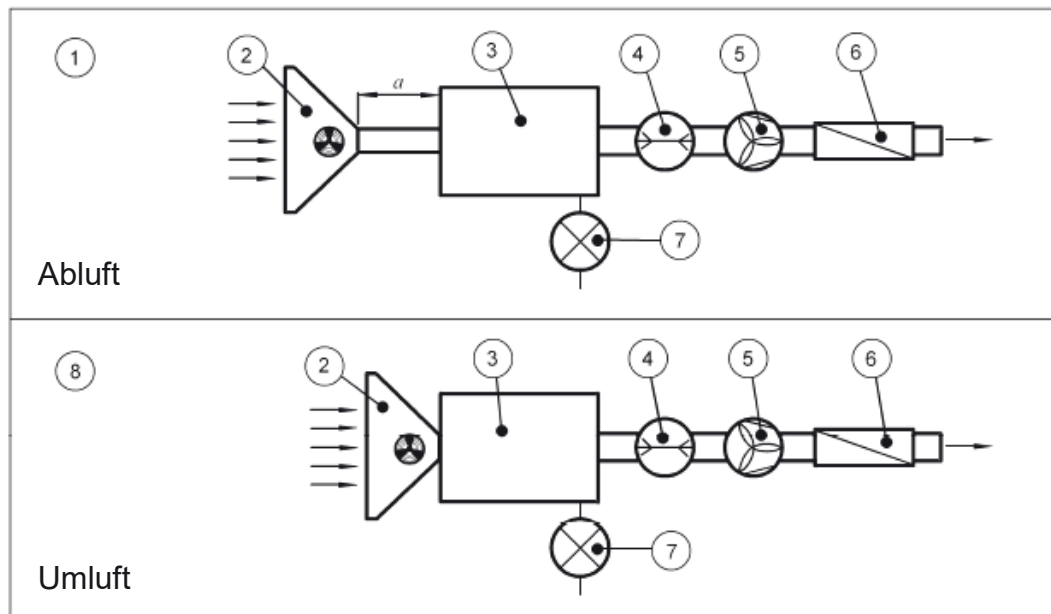
3.4 Druckverluste der Dunstabzugssysteme

In diesem Kapitel werden Abluft- und Umluftsysteme bezüglich ihres Luftfördervolumens miteinander verglichen. Dazu werden acht Dunstabzugssysteme von drei unterschiedlichen Herstellern messtechnisch untersucht.

3.4.1 Beschreibung des Messaufbaus zur Ermittlung der Luftleistungskennlinien

Der Messaufbau erfolgt nach DIN EN 61591:2016-3. Es wird dabei zwischen der Messung von Abluftsystemen und der von Umluftsystemen unterschieden. Bei beiden Varianten ist die Luftaustrittsöffnung des Dunstabzugssystems an einen Druckausgleichsraum angeschlossen. Durch ein Hilfsgebläse und einer Drosselklappe werden die Messpunkte eingestellt und über eine Messblende nach DIN EN ISO 5167

der Wirkdruck zur Berechnung des Fördervolumens gemessen. Bei Abluftsystemen wird zusätzlich zwischen Dunstabzugssystemen und Druckausgleichsraum noch eine Beruhigungsstrecke von ca. 750 mm montiert.



Legende

- | | |
|--|--|
| 1 Abluft-Dunstabzugshaube mit internem Gebläse | 7 Messgerät für den statischen Druck |
| 2 Dunstabzugshaube | 8 Umluft-Dunstabzugshaube mit internem Gebläse |
| 3 Druckausgleichsraum | 9 Dunstabzugshaube mit externem Gebläse für innen |
| 4 Blende zur Fördervolumenmessung | 10 externes Gebläse |
| 5 Hilfsgebläse | 11 Dunstabzugshaube mit externem Gebläse für außen |
| 6 Drosselklappe | α fünffacher Durchmesser des Rohrs |

Abbildung 44: Beschreibung des Messaufbaus nach DIN EN 61591 für Dunstabzugssysteme mit Abluft- und Umluftführung

Weiterführende Informationen zur Umsetzung des beschriebenen Messaufbaus sind dem Anhang A zu entnehmen.

Zur Validierung des Messaufbaus wurden die gemessenen Luftleistungskennlinien beispielhaft für ein Dunstabzugssystem mit den Daten des Herstellers verglichen. Die Abbildung 45 zeigt den Abgleich der Werte, deren Validität auch von seitens des Herstellers bestätigt wurde.

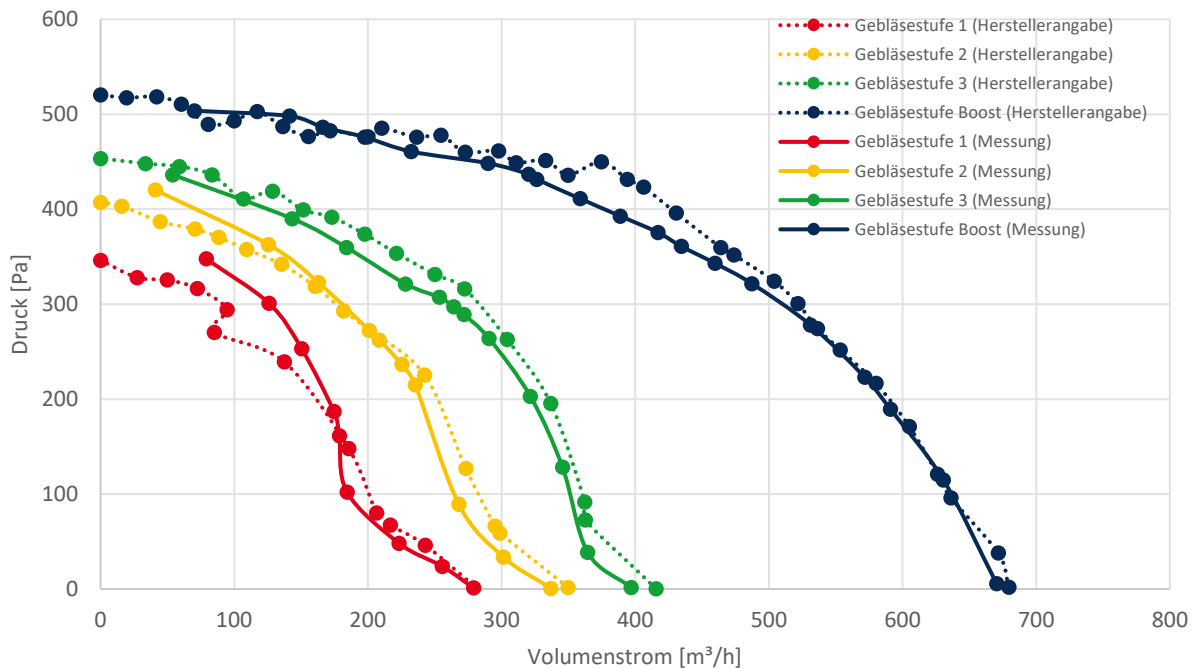


Abbildung 45: Abgleich von Herstellerdaten mit gemessenen Luftleistungskennlinien zum Nachweis der Validität des Messaufbaus. In den unteren Volumenstrombereichen können die Werte aufgrund von Schwankungen nicht mehr ermittelt werden. Die verwendete Messblende erreicht bei $<100\text{m}^3/\text{h}$ seine Einsatzgrenze.

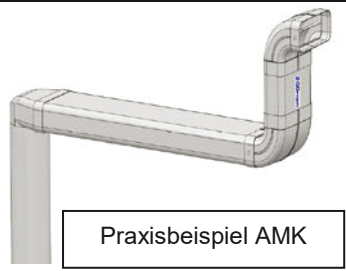
3.4.2 Ermittlung der Arbeitspunkte für Abluftsysteme nach DIN EN 61591

In DIN EN 61591 sind unterschiedliche Druckverluste in Abhängigkeit des Rohrquerschnittes bei einem Volumenstrom von $200\text{m}^3/\text{h}$ hinterlegt. Diese dienen zur Bestimmung des theoretischen Arbeitspunktes des Abluftsystems und dem daraus resultierenden Fördervolumen. Diese Angaben sind in den Gerätespezifikationen aufgeführt. Die Grundlage der in der Norm aufgeführten Werte ist nicht bekannt.

Es kann aufgrund der oftmals unterschiedlichen Verbausituationen (Länge und Komplexität des Abluftkanalsystems) in der Praxis zu großen Abweichungen des Fördervolumens von den normativen Angaben kommen. Nachfolgend sind die Angaben der Norm mit einer praxisnahen Verbausituation verglichen, wie sie in (AMK-MB-008) beschrieben ist (siehe Tabelle 19). Der AMK-Aufbau verfolgt insbesondere den Ansatz, dass die Dunstabzugssysteme oftmals nicht mehr direkt an der Außenwand montiert sind, sondern aufgrund der heutigen Küchen- und Gerätetypen einen längeren Abluftweg benötigt.

Bei der messtechnischen Ermittlung der Werte wurden neben Rundrohren auch Flachkanäle einbezogen. Der in Tabelle 19 dargestellte Wert entspricht dem gerundeten Mittelwert aus den beiden Abluftkanalsystemen und unterschiedlichen marktüblichen Fabrikaten. Mauerkästen sind aufgrund der vielfältigen Formen nicht mit in die Betrachtung eingeflossen. Je nach Ausführung kann sich der Druckverlust des Kanalsystems dadurch noch zusätzlich erhöhen. Daher ist unbedingt auf einen möglichst freien Strömungsquerschnitt im geöffneten Zustand zu achten.

Tabelle 19: Vergleich der Druckverluste zwischen den Angaben in DIN EN 61591 und einer praxisnahen Verbausituation nach (AMK-MK-008).

Ø bzw. glw. Querschnitt [mm]	Druckverlust [Pa]		
	DIN EN 61591	AMK	
100	30	200	
125	15	30	
150	5	7,5	

Die Tabelle zeigt, dass insbesondere bei einem Querschnitt von $\varnothing 100\text{mm}$ und $\varnothing 125\text{mm}$ große Abweichungen zwischen den Angaben aus DIN EN 61591 und den messtechnisch ermittelten Mittelwerten nach AMK entstehen. Der Wert bei $\varnothing 150\text{mm}$ entspricht jedoch annähernd den Angaben aus der Norm.

In den nachfolgenden Untersuchungen wird zur Bestimmung der Arbeitspunkte der Wert 7,5 Pa bei einem Volumenstrom von $200\text{m}^3/\text{h}$ verwendet. Die Querschnitte $\varnothing 100\text{mm}$ und $\varnothing 125\text{mm}$ werden nicht weiter untersucht, weil heutige Dunstabzugssysteme größtenteils mit einem $\varnothing 150\text{mm}$ Anschluss ausgestattet sind.

3.4.3 Vergleich der Druckverluste bei Um- und Abluftsysteme

Um- und Abluftsysteme sind in der Regel konstruktiv gleich. Bei Umluftsystemen lässt sich anstelle des Abluftrohres ein Aufstecksatz einsetzen, dass die Luft führt und aus dem Edelstahlkamin oder Möbel heraus lenkt. Der Aktivkohlefilter ist entweder saugseitig hinter dem Fettfilter oder druckseitig am Aufstecksatz positioniert.

Die Konstruktion und die Positionierung des Aktivkohlefilters haben einen großen Einfluss auf den Druckverlust des Umluftsystems. Manche Hersteller bieten zwei oder

mehr Systeme zur Auswahl an, die sich in der Positionierung, Filterart und Einbausituation unterscheiden. In der Abbildung 46 sind beispielhaft zwei Ausführungen miteinander verglichen. Modell 1 hat einen druckseitig installierten Filter mit vergrößerter Filterfläche und liegt preislich höher als Modell 2, das einen herkömmlichen Filter auf der Saugseite besitzt.

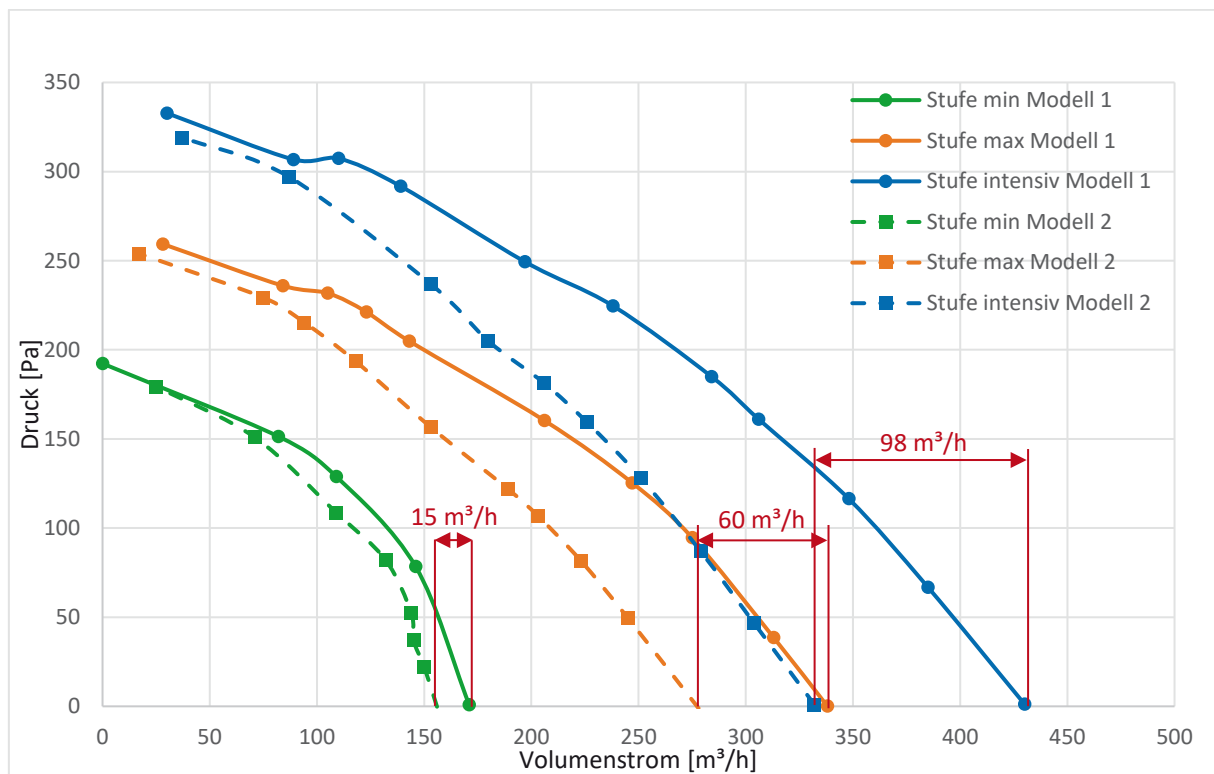


Abbildung 46: Vergleich von zwei unterschiedlichen konstruktiven Ausführungen von Aktivkohlefiltern

Durch den Einsatz der preisgünstigeren Ausführung (Modell 2) verringert sich die Luftförderleistung sehr stark. Die Intensivstufe besitzt demnach nur noch den Volumenstrom der maximalen Stufe von Modell 1.

Für eine gute Reinigungswirkung des Filters ist eine möglichst große Menge an Aktivkohle und eine lange Verweilzeit (z.B. Dicke des Filters) der Luft im Filter notwendig. Daher erhöht sich insbesondere durch den Aktivkohlefilter der Druckverlust bei Umluftsystemen und sinkt das resultierende Fördervolumen. Dies führt gleichzeitig zu einer Zunahme der Geräuschemission.

Weiter ist davon auszugehen, dass sich der Druckverlust bei gebrauchten Aktivkohlefiltern zusätzlich erhöht, weil durch die Aufnahme von Fett und Feuchtigkeit

aus dem Wrasen ein zusätzlicher Filterwiderstand entsteht. Beides trägt auch dazu bei, dass die innere Oberfläche der Aktivkohle verkleinert wird und sich die Leistung des Filters reduziert. Fett verbleibt nach dem Kochen im Filter und härtet aus. Nähere Untersuchungen zu dem Thema sind jedoch nicht bekannt.

Die Abbildung 47 zeigt beispielhaft einen Vergleich zwischen den Arbeitspunkten von Abluftsystem und Umluftsystem. Am Umluftsystem ist die höherwertige Ausführung (Modell 1) verbaut.

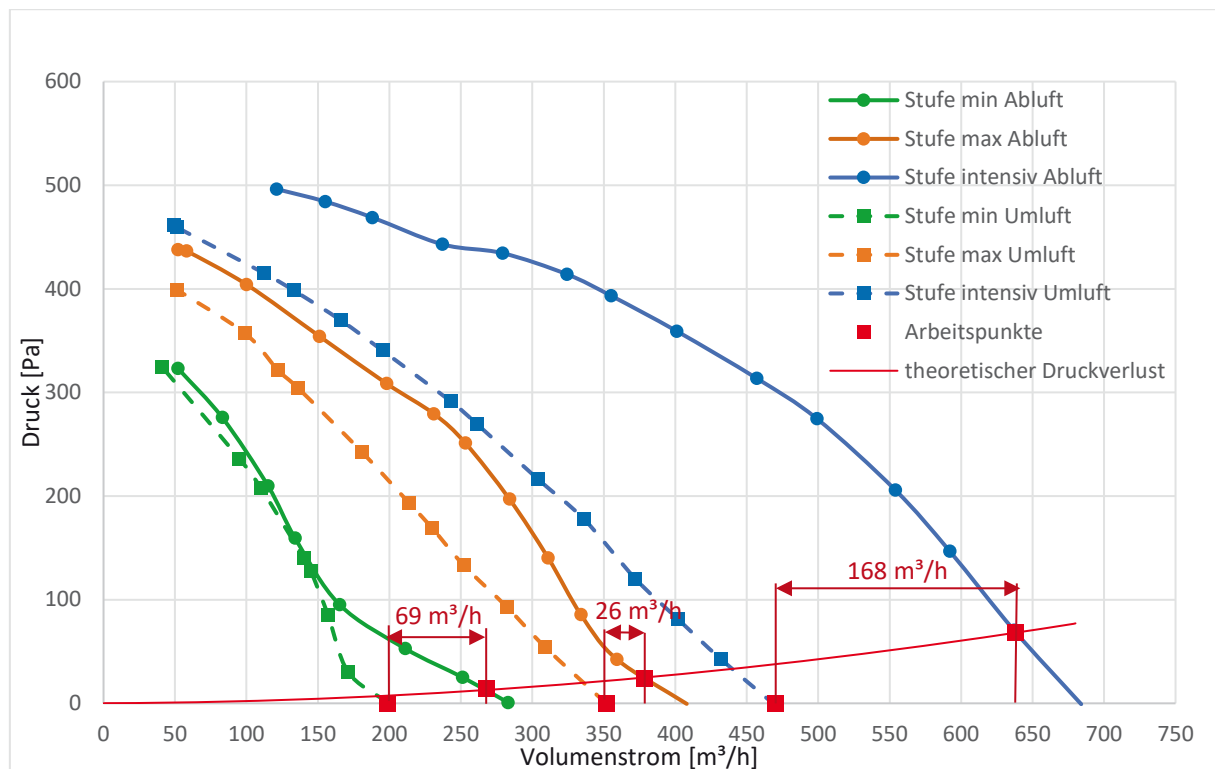


Abbildung 47: Beispielhafter Vergleich der Volumenströme zwischen Um- und Ablufthauben

Auch hier ist ein deutlicher Leistungsverlust des Umluftsystems im Vergleich zum Abluftsystem erkennbar. Aufgrund des Aktivkohlefilters wird in diesem Beispiel das Fördervolumen um über 25% reduziert. Die nachfolgende Matrix zeigt die ermittelten Volumenstromabweichungen (Volumenstrom Umluftsystem – Volumenstrom Abluftsystem) bei allen untersuchten Dunstabzugssystemen im Vergleich.

Tabelle 20: Matrix mit den Volumenstromabweichungen zwischen Um- und Abluftsystemen bei allen untersuchten Dunstabzugssystemen

Lüftertyp	Volumenstromabweichung in m³/h								
	Hersteller 1			Hersteller 2			Hersteller 3		
	Stufe min	Stufe max	Stufe intensiv	Stufe min	Stufe max	Stufe intensiv	Stufe min	Stufe max	Stufe intensiv
Haube wandhängend, 60cm breit	-70	-27	-168	-40	-52	-67	-44	-77	-265
Kopffrei-Haube wandhängend, 90cm breit	-46	-62	-123	-42	-48	-54	-46	-23	-104
Tischabsaugung	-37	-44	-39	-23	-58	-58	-	-	-

3.5 Elektrische Leistungsaufnahme der Dunstabzugssysteme

Bei einigen untersuchten Dunstabzugssystemen wurde neben der Druck-Fördervolumen-Kurve auch die elektrische Leistungsaufnahme gemessen.

In DIN EN 61591 wird die elektrische Leistungsaufnahme dazu verwendet, um die fluiddynamische Effizienz (FDE) des Dunstabzugssystems zu bestimmen. Die maximale fluiddynamische Effizienz entspricht dem Bestpunkt des Ventilators und wird auf dem Energie-Label (nach DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) Nr. 65/2014) als Energieeffizienzklasse A bis G dokumentiert und dient zur Vergleichbarkeit der Abluftsysteme. Umluftsysteme müssen bisher nicht gelabelt werden und besitzen demnach auch noch keine Dokumentationspflicht der fluiddynamischen Effizienz.

Die Abbildung 48 zeigt beispielhaft die Veränderung der fluiddynamischen Effizienz im Vergleich zwischen einem Ab- und Umluftsystem. Die Energieeffizienzklasse verringert sich bei der Umrüstung auf ein Umluftsystem von „B“ auf „D“.

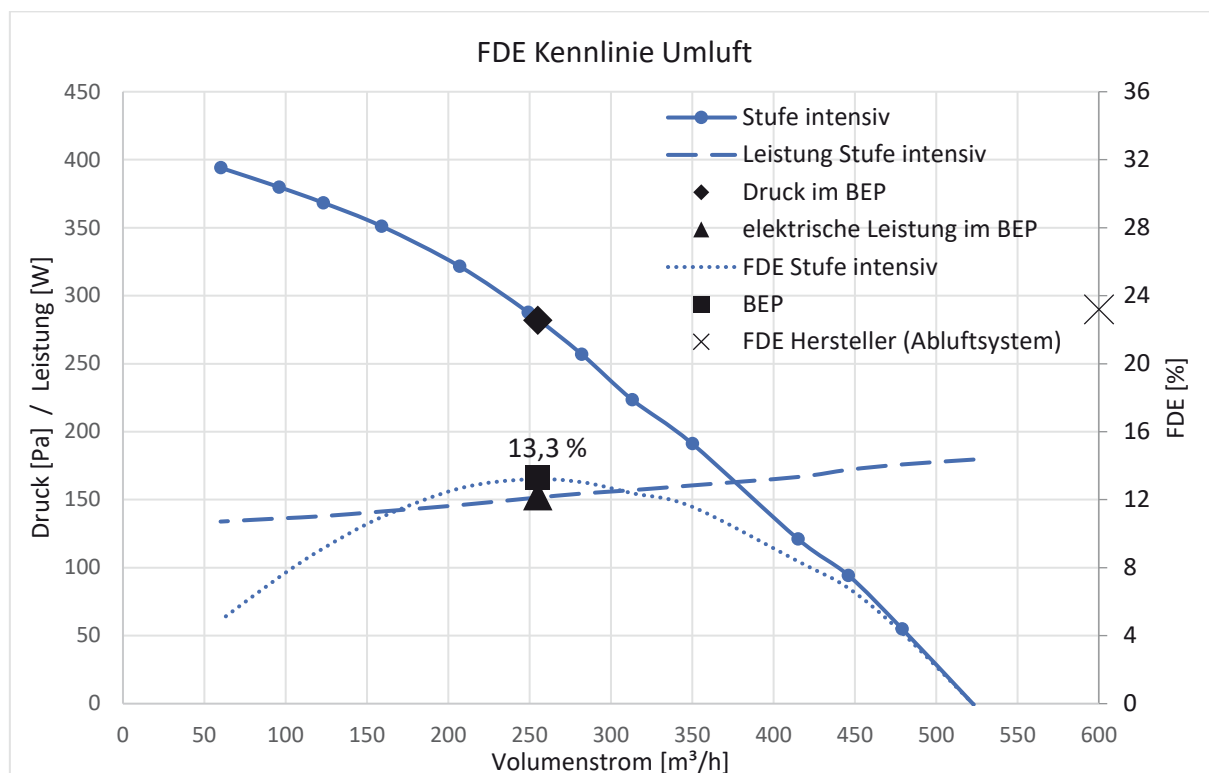


Abbildung 48: Fluidodynamische Effizienz eines Umluftsystems im Vergleich zur Herstellerangabe (Abluftsystem)

Generell anzumerken sei, dass die FDE im Bestpunkt und die tatsächliche FDE im Arbeitspunkt des Dunstabzugssystems mitunter weit auseinander liegen können. Daher entspricht der tatsächliche Arbeitspunkt nicht der auf dem Label vermerkten Energieeffizienzklasse.

In Tabelle 21 ist beispielhaft für einen Hersteller bei allen Lüfterarten die spezifische Ventilatorleistung (SFP) als Vergleich zwischen Um- und Abluftsystemen aufgeführt. Die spezifische Ventilatorleistung kennzeichnet den Leistungsgrad von Ventilatoren und ist als das Verhältnis von aufgenommener elektrischer Leistung zum geförderten Volumenstrom definiert. Mithilfe des SFP erhält man eine gute Vergleichbarkeit der beiden Betriebsarten in den jeweiligen Arbeitspunkten. Umluftsysteme besitzen bei allen drei Lüfertypen einen schlechteren SFP als Abluftsysteme.

Tabelle 21: Vergleich von Um- und Abluftsystemen anhand der spezifischen Ventilatorleistung

Lüftertyp		SFP in W/(m³/h)		
		Hersteller 1		
		Stufe min	Stufe max	Stufe Intensiv
Haube wandhängend, 60cm breit	Abluft	0,58	0,45	0,34
	Umluft	0,87	0,53	0,36
Kopffrei-Haube wandhängend, 90cm	Abluft	0,48	0,32	0,28
	Umluft	0,67	0,37	0,34
Tischabsaugung	Abluft	0,06	0,21	0,29
	Umluft	0,09	0,23	0,33

3.5.1 Exemplarische Messung der elektrischen Leistungsaufnahme an Abluft-Dunstabzugssysteme

Beispielhaft werden 5 unterschiedliche Dunstabzugshauben im Abluftbetrieb hinsichtlich ihrer elektrischen Leistungsaufnahme untersucht. Dabei wurde jeweils ein kurzer Abluftkanal an die Geräte angeschlossen (die externen Druckverluste bei gegebenem Volumenstrom sind also vergleichbar). Die elektrische Leistungsaufnahme wird ferner bei jeder Luftstufe ermittelt.

Die fluiddynamische Effizienz FDE bewertet, wie effizient der Luftstrom durch das Gerät geführt wird (ermittelt im Bestpunkt des Ventilators). Bei den betrachteten Produkten liegt der FDE-Wert in einem ähnlichen Bereich, bis auf die Dunstabzugshaube 5 erreichen alle Produkte Effizienzklasse A. Daher wäre zu vermuten, dass bei identischem Luftstrom die Leistungsaufnahme der verschiedenen Dunstabzugshauben vergleichbar ist.

In Abbildung 49 ist nun die elektrische Leistungsaufnahme über dem geförderten Abluftstrom dargestellt. Entgegen der Erwartung sind die Unterschiede in der Leistungsaufnahme jedoch erheblich.

Interessant erscheint zudem der Verlauf der Leistungsaufnahme im Teillastbetrieb bei reduziertem Luftstrom derselben Dunstabzugshaube. In erster Näherung nehmen Druckverluste Δp in Luftleitungen oder Formteilen mit dem Quadrat der Strömungsgeschwindigkeit zu. Bei halbiertem Luftstrom q_v wäre daher eine erhebliche

Reduktion der elektr. Leistungsaufnahme P_{el}^1 zu erwarten (im Idealfall sogar auf $1/8$ der Ausgangsleistung, $P_{el} \propto (q_v)^3$). Während sich bei den Dunstabzugshauben 3 und 4 die Leistungsaufnahme nahezu gemäß dieser Gesetzmäßigkeit verhält, nimmt die Leistungsaufnahme der anderen Abluftsysteme deutlich geringer ab.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass bei den Dunstabzugshauben 3 und 4 moderne EC-Gebläse eingesetzt werden. Insbesondere im Teillastbereich sind Gebläse mit dieser Motorentechnologie deutlich effizienter als herkömmliche Gebläse mit Wechselstrommotoren.

Fazit:

- Die exemplarischen Untersuchungen zur Leistungsaufnahme legen nahe, dass die Kenngröße fluiddynamische Effizienz FDE Unterschiede bei effizienten Dunstabzugshauben mit EC-Gebläse nur ungenügend abbildet.
- Durch breiteren Einsatz effizienter EC-Gebläse und strömungstechnisch optimierter Dunstabzugssysteme sind deutliche Einsparungen beim Strombedarf zu erwarten.

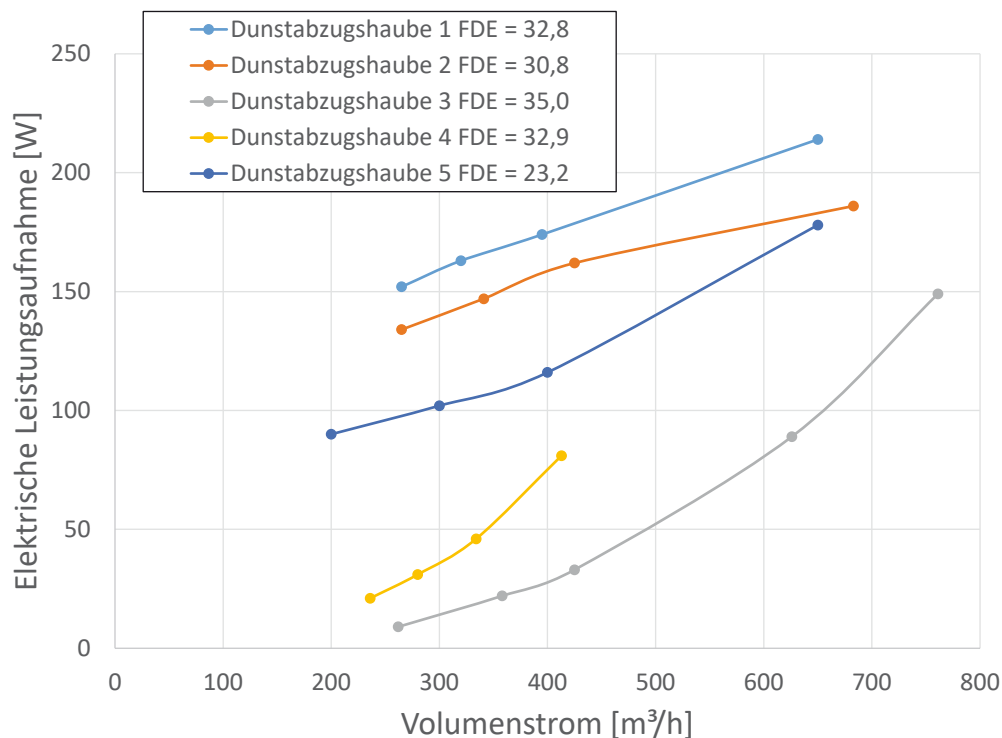


Abbildung 49: Messwerte zur elektrischen Leistungsaufnahme von Abluft-Dunstabzugssystemen

¹ Für die elektrische Leistung P_{el} gilt der folgende Zusammenhang:

$P_{el} = dp \times q_v / \eta_{Ventilator}$ mit q_v : Luftstrom und $\eta_{Ventilator}$: Wirkungsgrad des Ventilators)

3.6 Schalleistungspegel der Dunstabzugssysteme

Seit Februar 2015 ist die Energieeffizienzkennzeichnungspflicht gemäß der EU-Verordnung Nr. [65/2014] verbindlich. Neben Energiekennwerten muss unter anderem der „Geräuschpegel“ der Dunstabzugshaube und zwar mindestens bei „höchster Einstellung für den Normalgebrauch (ausgenommen Intensivstufe)“ ausgewiesen werden. Kennzeichnungspflicht besteht für Hauben im Abluftbetrieb. Um einen Überblick über übliche Schallwerte zu bekommen, wurden über Vergleichsportale im Internet marktgängige Dunstabzugshauben recherchiert und die Schalldaten von 48 Dunstabzugshauben gemäß [65/2014] verglichen.

Abbildung 50 zeigt zunächst die Streuung der Volumenströme im Abluftbetrieb für die höchste Einstellung im Normalbetrieb. Der Unterschied ist erheblich und reicht von etwa 270 m³/h für Einbauhauben bis über 600 m³/h. Die größeren Volumenströme werden dabei vor allem von Kochfeldabsaugungen, größeren Inselhauben sowie Schrägschirmhauben benötigt.

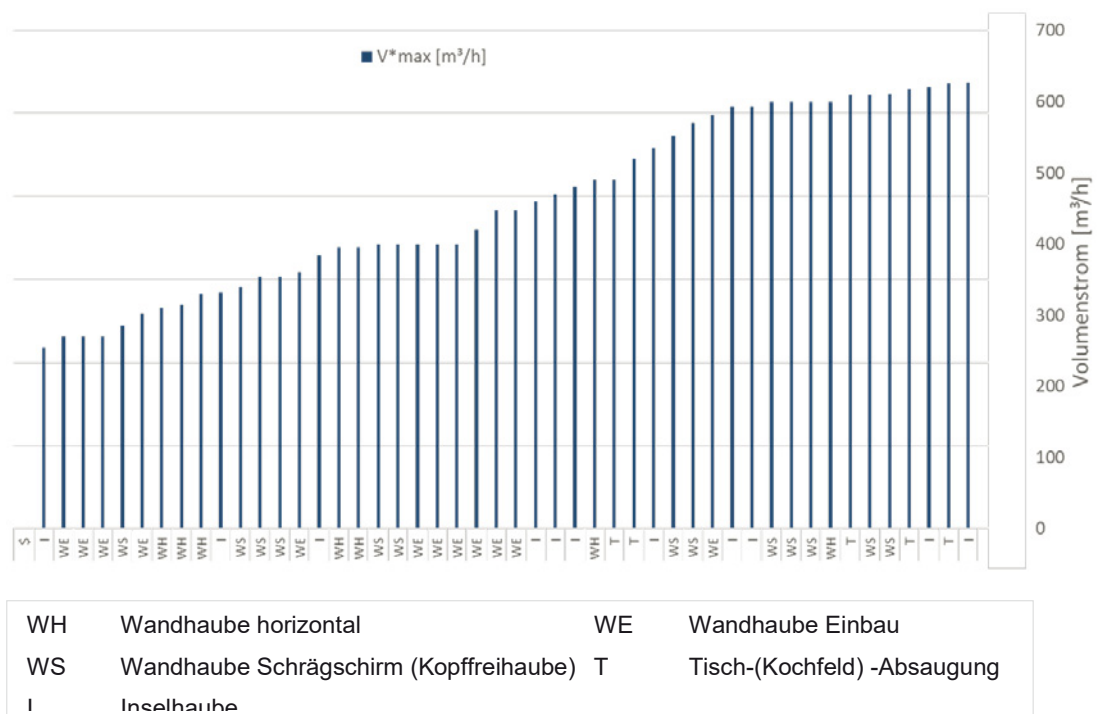


Abbildung 50: Volumenstrom marktgängiger Dunstabzugshauben im Abluftbetrieb für die höchste Einstellung im Normalbetrieb (ausgenommen Intensivstufe) nach EU-Verordnung Nr. [65/2014]

Die Verteilung der Schalleistungspegel in der höchsten Einstellung für den Normalbetrieb mit Zuordnung des jeweiligen Volumenstroms ist in Abbildung 51

dargestellt. Ein Zusammenhang zwischen Schalleistungspegel und der Luftleistung ist auf den ersten Blick nicht zu erkennen. Es gibt sowohl Schrägschirm- oder Inselhauben mit hohen Volumenströmen und gleichzeitig gemäßigter Schallabstrahlung wie auch Einbauhauben mit kleineren Luftleistungen mit sehr hoher Schallabstrahlung, was die qualitativen Unterschiede der einzelnen Systeme bezüglich des Nutzerkomforts verdeutlicht. Bei der Unterscheidung der Haubentypen fällt jedoch auf, dass die Kochfeldabsaugungen allesamt im oberen Bereich der Schalleistungspegel (ab 63 dB(A)) angesiedelt sind, was vermuten lässt, dass bei Kochfeldabsaugungen konstruktionsbedingt mit höheren Schallabstrahlungen zu rechnen ist.

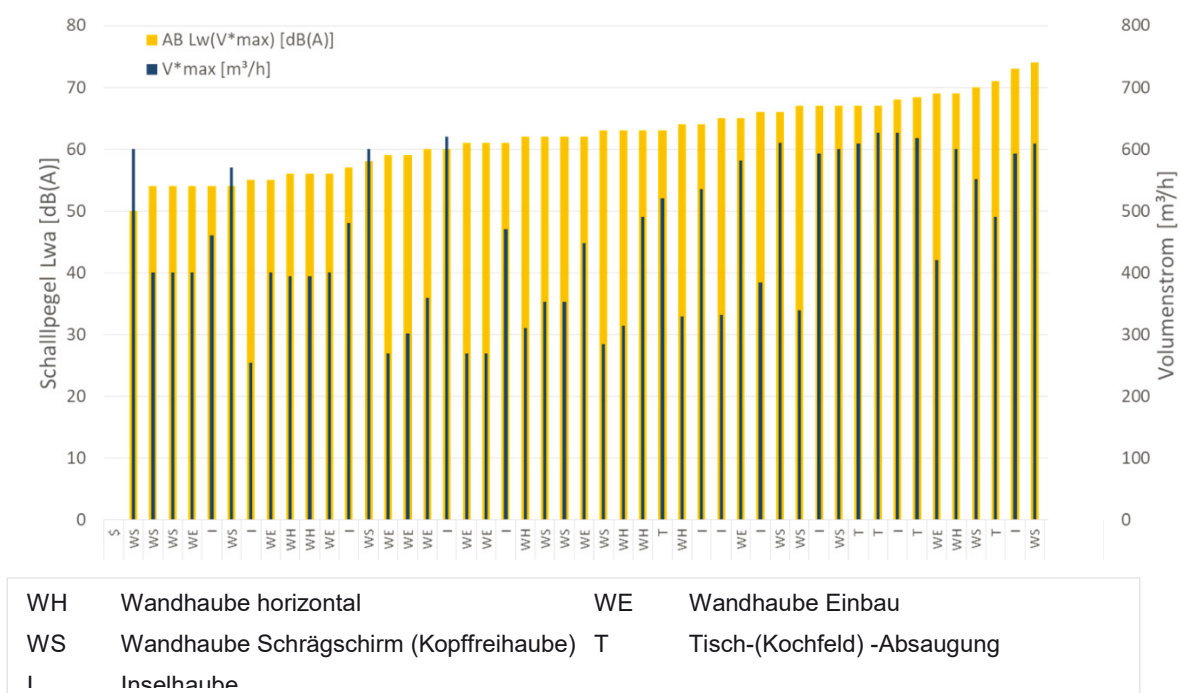


Abbildung 51: Volumenstrom und Schalleistungspegel in dB[A] markt gängiger Dunstabzugshauben im Abluftbetrieb für die höchste Einstellung im Normalbetrieb (ausgenommen Intensivstufe) nach EU-Verordnung Nr. [65/2014]

3.7 Bewertung von Dunstabzugshauben

3.7.1 Vorhandene Bewertungsverfahren

3.7.1.1 Bewertung nach EcoDesign

In der Energieeffizienzkennzeichnung gemäß der EU-Verordnung Nr [65/2014], welche seit Februar 2015 verbindlich, werden neben dem Energieeffizienzindex EEI

entsprechend dem jährlichen Energieverbrauch, auch die Fluidodynamische Effizienz FDE, die Beleuchtungseffizienz LE (für Hauben mit integrierter Beleuchtung), der Fettabscheidegrad GFE sowie die Geräuschentwicklung ausgewiesen (vgl. Abschnitt 2.2.3 und 3.4).

Der Fettabscheidegrad ist dabei der Anteil an Fett, der von den Filtern einer Dunstabzugshaube aufgenommen wird. Die Betrachtung geht davon aus, dass von dem Abzugssystem 100% des Wrasens erfasst wird. Der Anteil an Wrasen, der möglicherweise von der Dunstabzugshaube gar nicht erfasst wird, wird nicht berücksichtigt.

Die Fluidodynamische Effizienz FDE spiegelt das Verhältnis aus gefördertem Volumen und realisiertem Druckunterschied zur elektrischen Leistungsaufnahme im „Bestpunkt“ des Ventilators wieder. Ziel ist die Bewertung der Ventilatoren hinsichtlich ihrer Effizienz. Die Angaben zum FDE erlauben nur bedingt Rückschlüsse auf die elektrische Leistungsaufnahme unter praxisnahen Bedingungen. Ferner wird der für die Praxis relevante Teillastbetrieb nicht bewertet (vgl. Abschnitt 3.5).

Eine weitere Schwäche der Energieeffizienzkennzeichnung besteht darin, dass die Kennzeichnungspflicht derzeit nur für Abluftsysteme gilt und gerade bei diesen der Abluftvolumenstrom (und damit die zusätzlichen Lüftungswärmeverluste) nicht in die energetische Bewertung einfließt.

Im Rahmen der Untersuchung der vorhandenen Bewertungsverfahren wurden die über Vergleichsportale im Internet ausgewählten 48 Dunstabzugshauben (vgl. Abschnitt 3.4) auch bezüglich des ausgewiesenen Fettabscheidegrads sowie der ausgewiesenen Fluidodynamischen Effizienz nach [65/2014] verglichen und in folgenden Diagrammen zusammengefasst. Abbildung 52 zeigt den Fettabscheidegrad GFE marktgängiger Dunstabzugshauben. Ein großer Teil der Hauben weist einen mittelmäßigen Fettabscheidegrad von ca. 55 – 80% auf. Ca. $\frac{1}{4}$ der betrachteten Hauben weisen einen Fettabscheidegrad $< 55\%$ auf und werden damit dieser Funktion nicht ausreichend gerecht. Bezüglich des Fettabscheidegrades sehr gute Hauben liegen bei einem Abscheidegrad von ca. 85 – 95%. Hohe Fettabscheidegrade werden vor allem für Dunstabzugssysteme im Umluftbetrieb benötigt, um den Aktivkohlefilter zu schonen und die Schadstoffrückführung in den Raum zu minimieren.

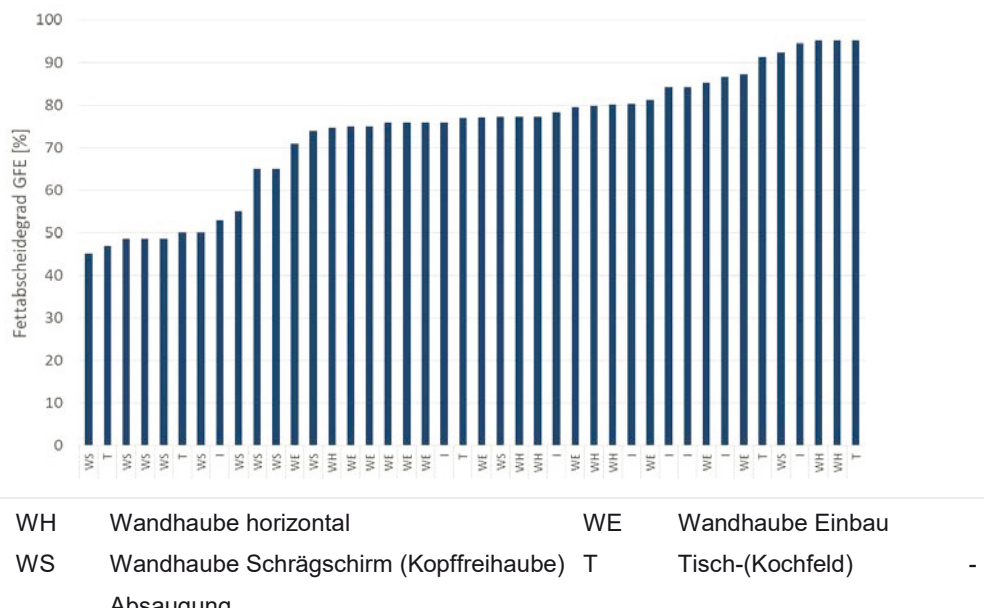


Abbildung 52: Fettabscheidegrad GFE marktgängiger Dunstabzugshauben nach EU-Verordnung Nr. [65/2014]

Abbildung 53 zeigt die Qualität marktgängiger Hauben entsprechend ihres Fettabscheidegrades GFE bei gleichzeitiger Darstellung des Jahresenergieverbrauchs AEC, beides nach EU-Verordnung Nr. [65/2014].

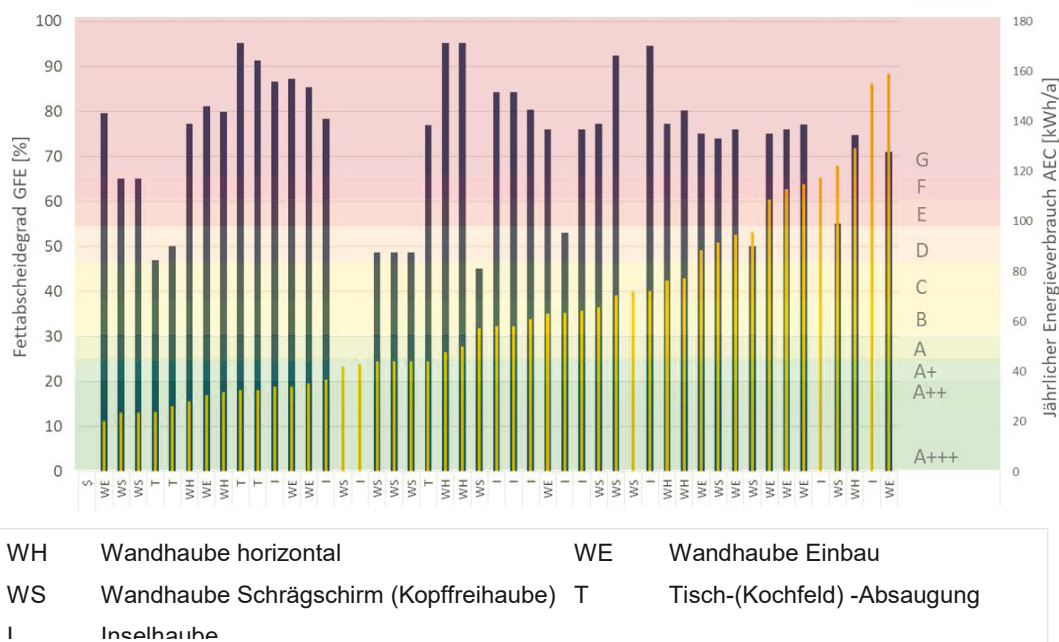


Abbildung 53: Fettabscheidegrad GFE und jährlicher Energieverbrauch AEC marktgängiger Dunstabzugshauben nach EU-Verordnung Nr. [65/2014].

Ein negativer Zusammenhang zwischen dem Jahresenergieverbrauch und dem Fettabscheidegrad ist dabei nicht zu beobachten. Die Annahme, dass bessere Fettabscheidegrade höhere Druckverluste und damit höhere Energieverbräuche verursachen, bestätigt sich nicht. Viele Dunstabzugssysteme, die einen niedrigen jährlichen Energieverbrauch haben, weisen auch einen vergleichsweise hohen Fettabscheidegrad auf.

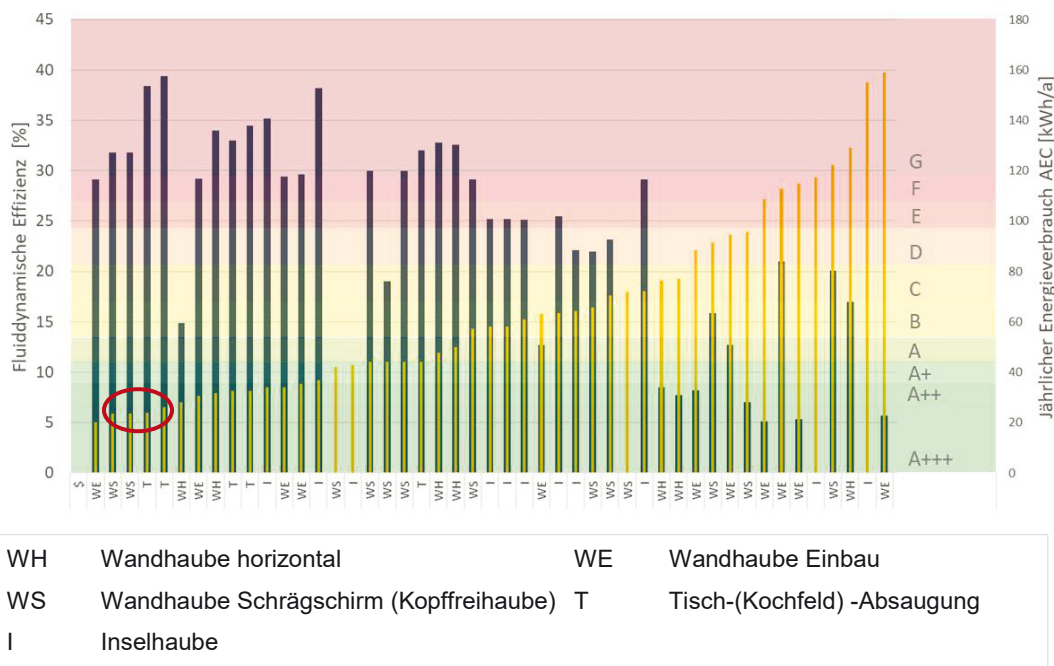


Abbildung 54: Fluidodynamische Effizienz FDE und jährlicher Energieverbrauch AEC marktgängiger Dunstabzugshauben nach EU-Verordnung Nr. [65/2014]

Bei der Fluidodynamischen Effizienz ist ein Zusammenhang zum Jahresenergieverbrauch (Strom) erkennbar: die Dunstabzugssysteme mit niedrigem jährlichen Energieverbrauch weisen durch gute Ventilatoren und vermutlich auch geringere interner Druckverluste meist auch eine gute fluidodynamische Effizienz auf. Problematisch an dieser Bewertung ist, wie einleitend bereits erwähnt, dass sich die energetische Kennzeichnung ausschließlich auf die elektrische Antriebsenergie bezieht. Die durch den Abluftbetrieb verursachten Lüftungswärmeverluste, die vor allem bei großen Volumenströmen relevant sind, werden nicht berücksichtigt. So können Dunstabzugssysteme wie Schrägschirmhauben oder Kochfeldabsaugungen, welche bauartbedingt vergleichsweise hohe Volumenströme benötigen (die in der Abbildung rot markierten Beispiele weisen in der höchsten Betriebsstufe einen

Volumenstrom von 600 m³/h und mehr auf) dennoch eine sehr gute Energieeffizienzkennzeichnung (in dem Fall ab 2018 A++) erhalten. (Der energetische Einfluss inkl. des Lüftungswärmeverlustes im Abluftbetrieb wird in Abschnitt 6 behandelt).

Für eine praxisnahe Bewertung des Energieverbrauchs von Dunstabzugshauben wäre es wünschenswert, wenn zukünftig auch die Erfassung und die durch Abluftbetrieb verursachten Lüftungswärmeverluste in die Bewertung einfließen.

3.7.1.2 Bewertung der Geruchsreduzierung von Dunstabzugshauben

Die Überprüfung der Geruchsreduzierung von Dunstabzugshauben wie sie nach [DIN EN 61591] gefordert wird soll in erster Linie der Einschätzung der Wirksamkeit von Geruchsfiltern dienen. Für diesen Test wird in einem definiertem Raum mit einem Raumvolumen von 22 m³ an einer definierten Stelle unterhalb der Dunstabzugshaube das Prüfmedium MEK (Methyl-Ethyl-Keton) über einen Zeitraum von 30 Minuten aufgegeben, ohne dass die Dunstabzugshaube betrieben wird. Im Anschluss wird die MEK-Konzentration C₁ im Raum gemessen. Unter weiterer Aufgabe des Prüfmediums MEK wird die Dunstabzugshaube nun eingeschaltet und für weitere 30 Minuten betrieben. Danach wird die MEK-Konzentration C₂ im Raum gemessen.

Der Geruchsreduzierungsgrad O_f ergibt sich dabei wie folgt:

$$O_f = (C_1 \times C_2) / C_1 \times 100$$

Das Verfahren nach DIN EN 61591 wird auch für Abluft-Dunstabzugshauben verwendet, um die Fähigkeit Gerüche zu beseitigen zu bewerten. Anhand von Simulationsrechnungen konnte für Abluft-Dunstabzugshauben mit unterschiedlichem Erfassungsgrad der resultierende Geruchsreduzierungsgrad (nach DIN EN 61591) ermittelt werden (vgl. Abschnitt 3.1). Die Ergebnisse zeigen, dass der Geruchsreduzierungsgrad aufgrund der Prüfbedingungen (hoher Luftwechsel im Testraum) nahezu unabhängig von der direkten Erfassung der Dunstabzugshaube im Bereich von 90% und höher liegt. Zudem ist die Geruchsreduzierung von der Raumgröße abhängig. Demnach überschätzen Ergebnisse unter den Prüfbedingungen im Testraum die Werte in aktuellen Wohnküchen deutlich. Es wird daher vorgeschlagen die Ergebnisse auch für größere Küchenvolumen anzugeben.

Für Dunstabzugshauben im Umluftbetrieb dagegen sind die Ergebnisse durchaus als Bewertungsmaßstab geeignet, da das Ergebnis die Wirksamkeit des Umluftfilters widerspiegelt. Leider besteht gerade für den Umluftbetrieb derzeit noch keine Pflicht die technischen Kenndaten anzugeben, daher sind für den Geruchsreduzierungsgrad im Umluftbetrieb derzeit leider nur in sehr begrenztem Umfang Daten verfügbar.

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Bewertung von Dunstabzugshauben“ wurden messtechnische Untersuchungen bezüglich der Geruchsreduzierung von Dunstabzugshauben durchgeführt (vgl. Abschnitt 3.2) mit dem Ziel einer besseren Bewertung der funktionalen Qualität der Hauben hinsichtlich Geruchsreduzierung und Schadstoffabfuhr. Darüber hinaus wurden vergleichend visuelle Versuche durchgeführt (vgl. Abschnitt 3.2). Die Erkenntnisse aus beiden Versuchsreihen werden im folgenden Abschnitt zusammengefasst.

3.7.2 Erkenntnisse zur praxisnahen Bewertung der Wrasenerfassung

Untersuchung zur Geruchsminderung mit MEK (Methyl-Ethyl-Keton)

- Abluft- Dunstabzugshauben: Die untersuchten Modelle erzielten vergleichbare Ergebnisse und zeigen nur eine geringe Abhängigkeit von der Luftstufe (Geruchsreduzierungsgrad > 90%). Die Messungen bestätigen die theoretischen Ergebnisse anhand von Simulationsrechnungen aus dem vorhergehenden Abschnitt.
- Umluft- Dunstabzugshauben mit Aktivkohle-Filter: Die Ergebnisse zeigen keinen signifikanten Einfluss der Bauform auf die Geruchsminderung. Vielmehr ist ein herstellerbezogener Einfluss erkennbar, wobei hier vor allem die Filterausführung – insbesondere die Kapazität - von entscheidender Bedeutung ist (Messwerte zur Geruchsminderung 60% ... 90%).
- Umluft-Dunstabzugshauben mit Aktivkohle-Filter und zusätzlicher Wohnungslüftungsanlage (Küchenabluft gemäß DIN 1946-6): In Kombination mit einer Wohnungslüftung erzielten Umluft-Systeme annähernd vergleichbare Ergebnisse bzgl. der Geruchsreduzierung wie Abluft-Dunstabzugshauben (Median der untersuchten Umluft-Dunstabzugshauben liegt bei 90%, die besten Umluft-Systeme erreichten 96%). Die Messreihen für

Umluft-Dunstabzugshauben zeigen, dass in Kombination mit einer Wohnungslüftung sich die Geruchsreduzierung um bis zu 10%-Punkte unter den Prüfbedingungen verbessern (bei Aktivkohle-Systemen mit hohem Geruchsreduzierungsgrad ist der Einfluss der Wohnungslüftung auf die Geruchsreduzierung geringer).

- Die Ergebnisse zeigen, dass eine Filteralterung den Geruchsminderungsgrad überwiegend negativ beeinflusst, wobei vor allem der vom Hersteller verwendete Filter einen entscheidenden Einfluss hat. Bei einigen Modellen war nahezu keine Reduzierung des Geruchsminderungsgrades erkennbar. Für die Wirksamkeit in der Praxis ist daher mitentscheidend, dass die Aktivkohle-Filter auch regelmäßig entsprechend der Herstellerempfehlung erneuert bzw. regeneriert werden..

Ermittlung des Erfassungsgrad mit MEK (Methyl-Ethyl-Keton)

- In einem modifizierten Messaufbau konnte zudem der Erfassungsgrad einer Abluft-DAH ermittelt werden. Hierzu wurde die MEK-Konzentration in der Abluftleitung gemessen. Im Rahmen der Messunsicherheit führte der modifizierte Prüfaufbau zu plausiblen Ergebnissen.

Bewertung der Erfassung (optisches Verfahren):

- Im Rahmen des Forschungsvorhabens konnte ein Verfahren zur visuellen Bewertung der Erfassung des Wrasen entwickelt und in ersten Versuchen angewendet werden. Dabei wird Wasserdampf unter jeweils gleichen Bedingungen freigesetzt und anschließend bewertet, mit welchem Luftstrom der Wrasen überwiegend in die DAH gelangt.
- Die Ergebnisse zeigen, dass die Erfassung bei den untersuchten hochwertigen Dunstabzugshauben unterschiedlich wirksam ist (die ermittelten Mindestluftströme unterschieden sich um 60%) und deuten darauf hin, dass am Markt vermutlich noch größere Unterschiede zwischen den einzelnen Produkten bestehen.
- Ferner konnte der Einfluss der Montagehöhe einer Wandhaube sowie der Einfluss der Topfhöhe bei Kochfeldabsaugungen veranschaulicht werden.

4 Untersuchung zu Behaglichkeit und Luftqualität

4.1 Luftnachströmung und Zugluftrisiko

Beim Betrieb einer Abluft-Dunstabzugshaube wird stetig Luft aus dem Raum gezogen und nach außen abgeführt. Damit hierbei kein Unterdruck im Raum entstehen kann, muss konstant frische Luft nachströmen. Um die Kochwrasen von der Dunstabzugshaube nach außen abführen zu können, ist es erforderlich, für die entsprechend gleiche Menge an Zuluft von außen zu sorgen beispielsweise durch eine entsprechend dimensionierte Nachströmöffnung oder ein gekipptes Fenster. Zu beachten ist, dass die nachströmende (kalte) Zuluft Zugerscheinungen verursachen kann und die Raumtemperatur in der Küche zumindest temporär deutlich reduzieren kann (vgl. Abschnitt 0). Zudem kann es in ungünstigen Fällen vorkommen, dass der Kochwrasen abgelenkt und nicht vollständig erfasst wird. Um den Einfluss auf die Behaglichkeit zu begrenzen, kann die Art und Platzierung der Luftnachströmung eine wichtige Rolle spielen.

Im Folgenden werden einige Fallbeispiele aufgezeigt (vgl. Tabelle 22), die unterschiedliche Anordnungen der Luftnachströmung aufzeigen. Das erste Beispiel zeigt eine Küche, in welcher sich das Fenster auf der gegenüberliegenden Wand der Abluft-Dunstabzugshaube befindet. Ist die Ablufthaube in Betrieb, muss das Fenster gekippt werden, um die Entstehung eines Unterdrucks im Raum zu vermeiden. Hierbei strömt die zugeführte Luft durch das gekippte Fenster in Richtung Dunstabzugshaube und verursacht so eine Querströmung durch den Raum. Diese ist zwar im Sinne einer guten Durchströmung des Raums vorteilhaft, in Bezug auf die Behaglichkeit aber wohl eher ungünstig, da die nachströmende (kalte) Zuluft den gesamten Aufenthaltsbereich durchströmt und es bei kalten Außenlufttemperaturen zu Zugerscheinungen und der Ausbildung von Kaltluftseen im Fußbodenbereich kommen kann.

Bei der Anordnung des Fensters an der angrenzenden Wand (Beispiel 2), ist der Weg Richtung Abzugshaube etwas kürzer als bei gegenüberliegender Anordnung. In Bezug auf Behaglichkeit im Raum ist auch diese Lösung nicht ideal, da immer noch Zuglufterscheinungen zu erwarten sind.

Tabelle 22: Unterschiedliche Varianten der Nachströmung

	Beispiel 1: Nachströmung gegenüber der Kochstelle mit Dunstabzugshaube
	Beispiel 2: Nachströmung an angrenzender Wand zur Kochstelle mit Dunstabzugshaube
	Beispiel 3: Nachströmung direkt neben der Kochstelle mit Dunstabzugshaube
	Beispiel 4: Nachströmung direkt über der Kochstelle mit Dunstabzugshaube

Das dritte Fallbeispiel zeigt ein gekipptes Fenster direkt neben dem Kochfeld und der Dunstabzugshaube. Es wird vermutet, dass hier zwar nicht der gesamte Raum mit kalter Zuluft durchströmt wird, es dafür aber in der unmittelbaren Kochfeldumgebung zu starken Untertemperaturen und Zugserscheinungen kommen kann. Außerdem könnte sich ein zu kurzer und einseitiger, kalter Zuluftstrom negativ auf die Erfassung des Kochwrasens auswirken.

Beispiel 4 zeigt eine Nachströmung direkt über der Abluft-Dunstabzugshaube durch einen Mauerkasten, welcher den Nachströmquerschnitt bei Betrieb der Abluft-Dunstabzugshaube frei gibt. Wichtig ist bei dieser Variante, dass die Nachströmöffnung bei Nichtbetrieb der Haube, dicht schließt. Bei dieser Lösung wird angenommen, dass durch die Anordnung oberhalb der Dunstabzugshaube, keine

Zugerscheinungen auftreten und der Einfluss auf die Behaglichkeit am geringsten ist. Des Weiteren wird angenommen, dass der Einfluss auf die Erfassung des Kochwrasens geringer ist als in Beispiel 3.

Die genannten Beispiele sollen lediglich einen groben Überblick über den Einfluss der Nachströmung geben. Für eine umfassende Bewertung der Nachströmung hinsichtlich Einfluss auf die Behaglichkeit sowie Einfluss auf die Erfassung des Kochwrasens sind umfassende messtechnische Untersuchungen und/oder Simulationen erforderlich, die nicht Gegenstand des vorliegenden Forschungsprojekts waren.

4.2 Relative Feuchtigkeit

4.2.1 Raumbetrachtung

Die Luftfeuchte ist für die Bewertung der Raumlufthqualität von zentraler Bedeutung, da sie,

- bei Unterschreitung des Taupunktes an Bauteiloberflächen Bauschäden verursachen kann,
- bei zu geringen (Reizungen der Atemwege und Schleimhäute) oder zu hohen (Schwülegrenze) Werten unmittelbar die thermische Behaglichkeit bzw. die Gesundheit negativ beeinflussen kann und
- bei zu hohen Werten das Schimmelpilz- und Milbenwachstum begünstigt und damit mittelbar durch erhöhtes Allergierisiko die Gesundheitssituation verschlechtern kann.

Die Feuchtesituation in Wohnungen und die daraus resultierenden mikrobiologischen Belastungen durch Schimmelpilze und Hausstaubmilben unterliegen vielfältigen Einflüssen, wesentlich sind:

- Lüftungssituation, ggf. einschließlich Lüftungstechnischer Maßnahmen,
- Wärmeschutz, insbesondere im Bereich potenzieller Wärmebrücken,
- Nutzergewohnheiten (Lüften und Heizen) sowie
- Feuchtequellen.

Neben dieser nutzungsbedingten Feuchtesituation können Schäden auch durch Baufeuchte vor allem in Neubauten sowie durch aufsteigende Nässe oder Wasserschäden (z.B. durch defekte Dachrinnen oder schadhafte Trinkwasser- bzw.

Heizungsinstallationen) auftreten. Dies bedarf gesonderter Maßnahmen („Trockenwohnen“, Trockenlegung, Schadensbeseitigung) und soll hier nicht weiter thematisiert werden.

Der Schimmelpilzbefall ist in der öffentlichen Wahrnehmung sowie im Ergebnis einer repräsentativen, statistisch belastbaren Studie [Brasche 2003] von zentraler Bedeutung, Tabelle 23 und Abbildung 55.

Tabelle 23: Feuchteschäden und Schimmelpilzbefall in deutschen Wohnungen nach [Brasche 2003]

Schadenscharakter	Belastete Wohnungen in Deutschland	
	relativ	absolut ¹⁾
Feuchteschäden ²⁾	21,9 %	ca. 8,9 Mio.
Schimmelpilzbefall (sichtbar <u>und</u> lüftungsrelevant)	5,8 %	ca. 2,3 Mio.

1) Hochrechnung für einen Wohnungsbestand von ca. 40,5 Millionen (Stand 2011)
 2) Gesamtheit der vorgefundenen Schäden (Wasserflecken, Stockflecken, Schimmelpilzbefall)

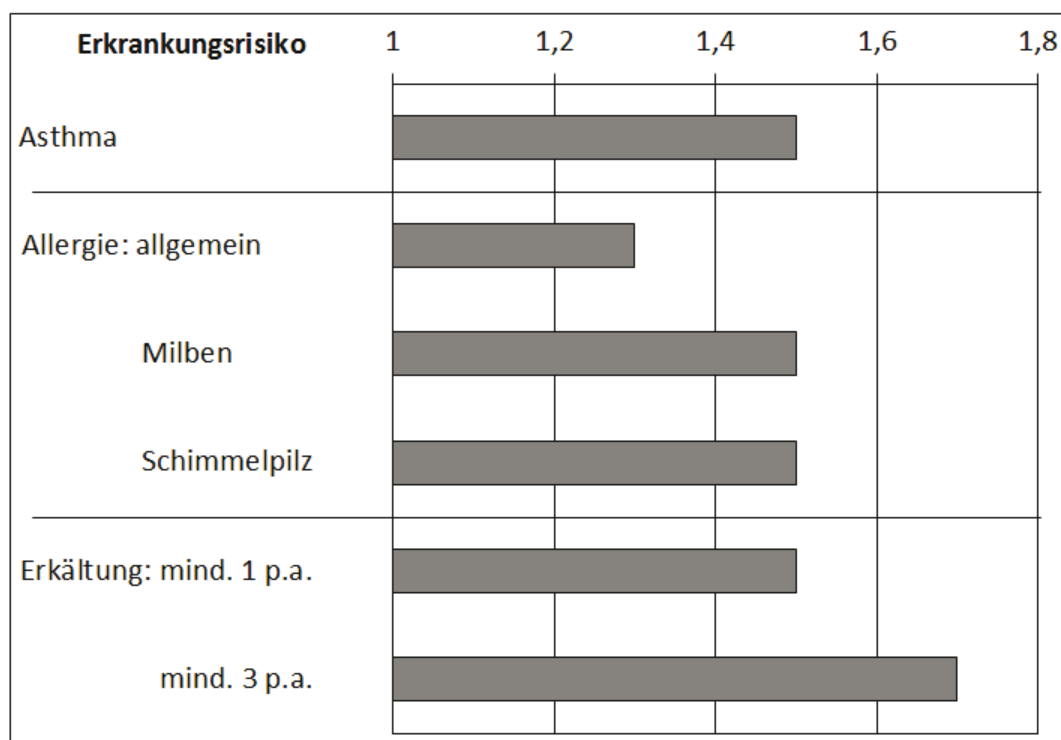


Abbildung 55: Erkrankungsrisiko in Wohnungen mit Schimmelpilzschäden im Vergleich mit schadensfreien Wohnungen (mit Erkrankungsrisiko 1) nach [Brasche03]

Schimmelpilzbefall ist zu erwarten, wenn an der Umfassungskonstruktion (insbesondere an Wärmebrücken) Anforderungen an

- Luftfeuchte,
- Temperatur,
- Vorhandensein von Luftsauerstoff,
- pH-Wert und
- ein ausreichendes Nährstoffangebot

erfüllt werden. Als maßgeblich erweist sich dabei die Luftfeuchte, da die weiteren angeführten Punkte unter wohnüblichen Nutzungsbedingungen für Schimmelpilzwachstum in aller Regel ausreichend gegeben sind.

Obwohl Feuchtelasten sehr häufig stark diskontinuierlich auftreten (z.B. Duschen, Kochen, aber auch Anwesenheit von Personen) sind wegen der für Wasserdampf typischen Sorptionsvorgänge (Ein- und Ausspeicherung in Wänden und Einrichtungsgegenständen) tendenziell eher Lüftungstechnische Lösungen mit kontinuierlichem Luftwechsel zu empfehlen. Unbenommen davon kann das Abführen von Lastspitzen durch Stoßlüftung (z.B. Fensteröffnen nach dem Duschen) oder eine Bedarfsführung des Anlagenluftvolumenstroms mit geeigneten (Feuchte-) Sensoren empfohlen werden.

Definition und Bestimmung der Mindestlüftung

Um eine sinnvolle Größenordnung der Mindestlüftung für Wohnungen festlegen zu können, ist zunächst eine zielführende Definition erforderlich. Grundsätzlich gilt, dass:

- eine Vielzahl von Lasten und Schadstoffen die Lüftung in Wohnungen grundsätzlich erfordern und deren Größenordnung bestimmen können und
- bisherige Definitionen sowohl national als auch international offensichtlich von unterschiedlichen Randbedingungen ausgehen und folgerichtig stark variierende Größenordnungen liefern.

Geht man davon aus, dass die festzulegende Mindestlüftung weitgehend verallgemeinerbar und allgemeingültig sein soll, ist zunächst eine Unterscheidung der Lasten bzw. Schadstoffe angezeigt:

Zwangsläufige Lasten / Schadstoffe sind für die Mindestlüftung zwingend zu berücksichtigen und unmittelbar an die bestimmungsgemäße und übliche Nutzung der Wohnung durch Personen gebunden. Zwangsläufig sind in diesem Sinne:

- direkte Feuchtelasten (durch Personen)
- indirekte Feuchtelasten (durch Nutzung, z.B. Duschen und Pflanzen)
- anthropogene Schadstoffe / Gerüche (mit Kohlendioxid als Indikator)

Vermeidbare Lasten / Schadstoffe treten entweder nicht in allen Wohnsituationen bzw. Nutzungskonstellationen auf oder sind durch geeignete Maßnahmen vermeidbar bzw. drastisch reduzierbar. Sie sind deshalb nicht für die Festlegung der Mindestlüftung heranzuziehen, können aber in bestimmten Situationen eine zusätzliche Lüftung erforderlich machen, wenn deren Vermeidung nicht möglich ist. Vermeidbar sind in diesem Sinne u.a.:

- Flüchtige organische Komponenten (Vermeidung durch Verwendung emissionsarmer Materialien),
- Radon (nur regional oder Vermeidung durch bauliche Maßnahmen, z.B. Abdichtung des Bauwerks gegenüber Erdreich),
- Tabakrauch (für ausschließlich Nichtraucher als Nutzer nicht relevant),
- Abgase von Verbrennungsprozessen (Vermeidung z.B. durch Verwendung von Elektro- statt Gasherden),
- Ozon (nur in bestimmten Nutzungssituationen relevant, z.B. Kopierer),
- Staub (Vermeidung durch Verwendung emissionsarmer Materialien oder Luftfilterung).

Generell gilt für die vermeidbaren Lasten / Schadstoffe, dass Maßnahmen zur Emissionsvermeidung (insbesondere bei „inneren“ Lasten in der Wohnung) und zur Luftfilterung (insbesondere bei „äußeren“ Lasten aus der Umgebung) den Vorrang vor höheren Luftvolumenströmen haben sollten.

Neben der Unterscheidung von zwangsläufigen und vermeidbaren Lasten sind auch technologisch erforderliche Luftvolumenströme einzuordnen. Technologisch erforderlich können u.a. sein:

- Verbrennungsluft für Feuerstätten,
- Luftnachströmung für Dunstabzugshauben oder
- Luftnachströmung für Zentralstaubsaugeranlagen.

Dabei gilt, dass diese Luftvolumenströme nur bei Vorhandensein dieser Anlagentechnik überhaupt erforderlich sind oder aber durch separate technische Lösungen (z.B. raumluftabhängige statt raumluftunabhängige Feuerstätten) zur Verfügung gestellt werden können. Eine Berücksichtigung bei der Bestimmung einer allgemeingültigen Mindestlüftung ist folgerichtig nicht sinnvoll.

Auf Basis dieser Überlegungen kann folgende Definition der Mindestlüftung für Wohnungen abgeleitet werden:

Die Mindestlüftung beschreibt den kontinuierlichen Mindestluftwechsel bzw. Mindestluftvolumenstrom, der zur Abfuhr von zwangsläufigen Lasten / Schadstoffen (Feuchte und Kohlendioxid als Geruchsindikator) von bestimmungsgemäß und üblich genutzten Wohnungen erforderlich ist. Vermeidbare Lasten / Schadstoffe (wie z.B. flüchtige organische Komponenten, Staub, Radon) sind nicht für die Festlegung der Mindestlüftung heranzuziehen, können aber in bestimmten Situationen eine zusätzliche Lüftung erforderlich machen. Technologisch erforderliche Luftvolumenströme sind nicht Bestandteil der Mindestlüftung und sollten wenn möglich separat bereitgestellt werden.

Mit dieser Definition der Mindestlüftung soll nachfolgend eine Größenordnung des erforderlichen Mindestluftwechsels bestimmt werden. Dafür kommt ein Rechenmodell zum Einsatz, dass auf Basis der üblichen und vielfach in der Literatur beschriebenen Ansätze zur Konzentrationsberechnung (z.B. in [Seifert 2014]) mit variablen Randbedingungen und Nutzungsprofilen die Berechnung

- der Luftfeuchte im Raum und an Wärmebrücken sowie
- der Kohlendioxid-Konzentration im Raum

für einen eingeschwungenen Zustand ermöglicht. Die so ermittelten Ergebnisse werden nach [EN 15251] bzw. [DIN EN 13779] und nach Pettenkofer für die CO₂-Konzentration sowie nach [DIN FB 4108-8] für die Luftfeuchte eingeordnet und bewertet. Tabelle 24 zeigt die für die Einhaltung der einzelnen Anforderungen (Raumlufffeuchte, Luftfeuchte an Wärmebrücken und Kohlendioxid-Konzentration) ermittelten und die daraus insgesamt resultierende Mindestlüftung. Dabei gelten folgende Annahmen und Randbedingungen:

- Außenklima
 - Unterscheidung von stationären Verhältnissen für Winter und Übergangszeit
 - Winter mit $\theta_a = -10^\circ\text{C}$, $\varphi_a = 100\%$ und $k_{\text{CO}_2,a} = 400 \text{ ppm}$
 - Übergangszeit mit $\theta_a = +10^\circ\text{C}$, $\varphi_a = 75\%$ und $k_{\text{CO}_2,a} = 400 \text{ ppm}$
- Raumklima und -lasten
 - Raumlufftemperatur $\theta_i = 20^\circ\text{C}$
 - Wärmebrücken unter Einhaltung der [DIN 4108-2] mit $f_{\text{RSI}} = 0,70$

Anmerkung: Wegen der Temperaturabhängigkeit der relativen Feuchte muss zwischen der Betrachtung der Raumluft und der Verhältnisse an Außenwand-Oberflächen, insbesondere an Wärmebrücken, unterschieden werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass für alle Wärmebrücken der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 eingehalten wird. Danach darf der Temperaturfaktor $f_{RSI} = \frac{(\theta_{Si} - \theta_e)}{(\theta_i - \theta_e)}$ die Mindestanforderung von 0,7 nicht unterschreiten. Die Wärmebrücken werden für diesen Grenzfall betrachtet.

- Feuchtespeicherung in den Wänden in den oberflächennahen Schichten Tapete und Kalk-Zement-Putz

Anmerkung: Typisch für Feuchte sind auch Speichereffekte (Absorption und Desorption), die sowohl im Baukörper als auch in der Raumausstattung (z.B. in Papier) erfolgen können. Die speicherfähige Wandfläche wird näherungsweise aus der Grundfläche und der Annahme eines quadratischen Raumes bestimmt. Fußboden und Decke werden nicht bei der Speicherung berücksichtigt. Die Wasseraufnahmefähigkeit und die Geschwindigkeit der Speichervorgänge wird nach den in [Künzel 2009] beschriebenen Modellen für Kalkzementputz mit Transferfunktionen bilanziert.

- Personen sitzend mit 35 g_{H2O}/h und 18 l_{CO2}/h (siehe [Künzel 2009])
- Pflanzen mit 2 g_{H2O}/h (siehe [Künzel 2009])
- Duschen mit 2400 g_{H2O}/h (siehe [Künzel 2009])
- niedrige Lasten: Wohnfläche 50 m²/Person, Anwesenheit 12 h/d, 8 Pflanzen bei 100 m² (12 bei 200 m²) 1 Dusche 5 Minuten pro Person täglich, Raumhöhe 3,00 m
- hohe Lasten: Wohnfläche 20 m²/Person, Anwesenheit 24 h/d, 15 Pflanzen bei 100 m² (25 bei 200 m²), 1 Dusche 10 Minuten pro Person täglich, Raumhöhe 2,50 m
- Betrachtung einer Kalenderwoche
- Nutzungsprofil Werktag = Nutzungsprofil Wochenende
- Fenster geschlossen

- Anforderungen

- keine Vermehrung von Hausstaubmilben nach [Gross 2000]
→ Raumluftfeuchte $\varphi_i \leq 60\%$ für 24 h/d

- kein Schimmelpilzwachstum an Wärmebrücken nach [DIN FB 4108-8]
→ Luftfeuchte an Wärmebrücken $\varphi_{WB} \leq 80\%$ für mindestens 12 h/d
- Einhaltung der dritten Raumluftheizungskategorie (moderate Erwartungen bzw. mäßige Luftqualität) nach [EN 15251] bzw. [DIN EN 13779]
→ CO₂-Konzentration $k_{CO_2,i} \leq 1200$ ppm für 24 h/d
- Einhaltung des Pettenkofer-Maßstabs für gute Luftqualität
→ CO₂-Konzentration $k_{CO_2,i} \leq 1000$ ppm für 24 h/d

Weitere Lasten (z.B. Feuchte durch Haustiere, Kochen, Wäschetrocknen oder Kohlendioxid durch Gasherde, Kerzen) werden zunächst nicht berücksichtigt, da diese

- entweder stark durch die Nutzergewohnheiten beeinflusst
- oder durch separate Lösungen (z.B. Dunstabzugshaube statt Umlufthaube oder Aquarienabdeckung) unabhängig von der Lüftung der Wohnung

und damit für die Festlegung der Mindestlüftung nicht allgemeingültig oder nicht relevant sind.

Auch eine mögliche temporäre Tauwasserbildung wird nicht näher betrachtet. Es wird davon ausgegangen, dass ggf. anfallendes Tauwasser durch die Nutzer beseitigt wird.

Tabelle 24: Anforderungen an die Mindestlüftung in Wohnungen (ohne Kochvorgänge)

Mindestluftwechsel in Wohnungen, in h ⁻¹		Fläche der Wohnung, in m ²	
		100	200
Raumluftheizung $\varphi_i \leq 60\%$	Winter: $\theta_a = -10^\circ\text{C}$, $\varphi_a = 100\%$	0,03...0,12	0,02...0,12
	Übergang: $\theta_a = +10^\circ\text{C}$, $\varphi_a = 75\%$	0,06...0,30	0,06...0,29
Luftfeuchte an Wärmebrücken $\varphi_{WB} \leq 80\%$	Winter: $\theta_a = -10^\circ\text{C}$, $\varphi_a = 100\%$	0,04...0,17	0,04...0,16
	Übergang: $\theta_a = +10^\circ\text{C}$, $\varphi_a = 75\%$	0,05...0,20	0,05...0,20
CO ₂ -Konzentration $k_{CO_2,i} \leq 1200$ ppm	$k_{CO_2,a} = 400$ ppm	0,12...0,45	0,12...0,45
CO ₂ -Konzentration $k_{CO_2,i} \leq 1000$ ppm	$k_{CO_2,a} = 400$ ppm	0,18...0,60	0,18...0,60
Mindestluftwechsel		ca. 0,20...0,60 h⁻¹	
Mindestluftvolumenstrom pro Person		ca. 30 m³/(h*Pers.)	

Für den kontinuierlichen Mindestluftwechsel zur Abfuhr von zwangsläufigen Lasten / Schadstoffen kann von einer Größenordnung von 0,20 bis 0,60 h⁻¹ ausgegangen werden. Dies entspricht einem personenbezogenen Mindestluftvolumenstrom von ca. 30 m³/(h*Pers.) und resultiert aus der Einhaltung des Pettenkofer-Maßstabes. Für ein großes Spektrum von typischen Nutzungsgewohnheiten und Randbedingungen erfüllt diese Mindestlüftung außerdem die Anforderungen der EN 15251 und vermeidet Schimmelpilzwachstum und die Vermehrung von Hausstaubmilben.

Berücksichtigung von Kochvorgängen

In Erweiterung der Überlegungen zum Mindestluftwechsel soll nachfolgend der Einfluss von Kochvorgängen auf die notwendige Mindestlüftung untersucht werden. Dazu werden folgende Szenarien betrachtet:

- Kochen 30 Minuten (niedrige Lasten) oder 60 Minuten (hohe Lasten) pro Tag mit 700 g_{H2O}/h
- Abluft-Dunstabzugssystem mit 250 m³/h (niedrige Lasten) oder 500 m³/h (hohe Lasten) während des Kochvorgangs
- Umluft-Dunstabzugssystem ohne feuchtwirksamen Luftvolumenstrom

Die in Tabelle 25 angegebenen Luftwechsel sind dabei die Werte, die bei einer kontinuierlichen (permanenten) Lüftung erforderlich sind, um die jeweiligen Schutzziele (Raumluftfeuchte → Hausstaubmilben, Luftfeuchte an Wärmebrücken → Schimmelpilz, CO₂-Konzentration → Raumluftqualität) zu erreichen. Aus Tabelle 25 wird ersichtlich, dass der Abbau der zusätzlichen Feuchtelast durch Kochvorgänge bei gleichzeitigem Betrieb des Abluft-Dunstabzugssystems gut funktioniert und sich auch der kontinuierliche (permanente) Luftwechsel bei Betrieb des Abluft-Dunstabzugssystems von 30min/d bzw. 60min/d reduzieren lässt, um die Grenzwerte der Raumluftfeuchte und der Luftfeuchte an Wärmebrücken einzuhalten. Für Umluft-Dunstabzugssysteme ohne feuchtwirksamen Luftvolumenstrom erhöht sich der kontinuierliche (permanente) Luftwechsel durch die Kochvorgänge in den Wohnungen leicht.

Tabelle 25: Anforderungen an die Mindestlüftung in Wohnungen (mit Kochvorgängen)

Mindestluftwechsel in Wohnungen, in h ⁻¹		Fläche der Wohnung, in m ²	
		100	200
Raumlufffeuchte $\varphi_i \leq 60\%$	Winter: $\theta_a = -10^\circ\text{C}$, $\varphi_a = 100\%$	Ohne Kochen: 0,03...0,12 mit Abluft: 0,01...0,09 mit Umluft: 0,03...0,13	Ohne Kochen: 0,02...0,12 mit Abluft: 0,02...0,09 mit Umluft: 0,03...0,12
	Übergang: $\theta_a = +10^\circ\text{C}$, $\varphi_a = 75\%$	Ohne Kochen: 0,06...0,30 mit Abluft: 0,06...0,28 mit Umluft: 0,07...0,32	Ohne Kochen: 0,06...0,29 mit Abluft: 0,06...0,28 mit Umluft: 0,07...0,31
Luftfeuchte an Wärmebrücken $\varphi_{WB} \leq 80\%$	Winter: $\theta_a = -10^\circ\text{C}$, $\varphi_a = 100\%$	Ohne Kochen: 0,04...0,17 mit Abluft: 0,04...0,14 mit Umluft: 0,05...0,18	Ohne Kochen: 0,04...0,16 mit Abluft: 0,03...0,15 mit Umluft: 0,04...0,17
	Übergang: $\theta_a = +10^\circ\text{C}$, $\varphi_a = 75\%$	Ohne Kochen: 0,05...0,20 mit Abluft: 0,05...0,18 mit Umluft: 0,06...0,23	Ohne Kochen: 0,05...0,20 mit Abluft: 0,04...0,19 mit Umluft: 0,05...0,21
CO ₂ -Konzentration $k_{CO_2,i} \leq 1200 \text{ ppm}$	$k_{CO_2,a} = 400 \text{ ppm}$	0,12...0,45	0,12...0,45
CO ₂ -Konzentration $k_{CO_2,i} \leq 1000 \text{ ppm}$	$k_{CO_2,a} = 400 \text{ ppm}$	0,18...0,60	0,18...0,60
Mindestluftwechsel		ca. 0,20...0,60 h⁻¹	
Mindestluftvolumenstrom pro Person		ca. 30 m³/(h*Pers.)	

4.2.2 Betrachtung im Korpus bei Mulden- bzw. Tischabsaugung

Die relative Feuchtigkeit wird für den Raum unterhalb der Mulden- bzw. Tischabsaugung im Möbelkorpus näher betrachtet. Dabei werden folgende Annahmen getroffen:

- Außenklima
 - o Unterscheidung von stationären Verhältnissen für Winter und Übergangszeit
 - o Winter mit $\theta_a = -10^\circ\text{C}$,
 - o Übergangszeit mit $\theta_a = +10^\circ\text{C}$,
- Raumklima und -lasten
 - o Raumlufftemperatur $\theta_i = 20^\circ\text{C}$, Raumlufffeuchte $\varphi_i = 50\%$
 - o Wärmebrücken unter Einhaltung der [DIN 4108-2] mit $f_{RSI} = 0,70$
 - o Anteil des abgesaugten Dunstes am Erfassungsluftvolumenstrom der Haube des Dunstabzugs 35% bzw. 90% (Restanteil Raumluff)
 - o Temperatur im abgesaugten Dunst 35°C bis 55°C
 - o relative Feuchtigkeit im abgesaugten Dunst ca. 60% bis 90%

- Die abgesaugte Luft wird freiblasend in den Möbelkorpus gebracht

Durch die Annahmen resultieren unter Berücksichtigung des Anteils des abgesaugten Dunstes am Erfassungsluftvolumenstrom relative Luftfeuchtigkeiten in der abgesaugten Luft von 60%, 80% und 100%. Um den Mindestwärmeschutz einzuhalten, müssen auf der Innenseite der Außenwand im Winter Temperaturen über 11°C und in der Übergangszeit über 17°C eingehalten werden. Trifft die feuchte abgesaugte Luft auf eine Außenwand, die den Mindestwärmeschutz einhält, kommt es zur Tauwasserbildung, siehe Tabelle 26 und Abbildung 56. Aus Abbildung 56 wird außerdem gut sichtbar, dass durch eine minimale Abkühlung der angesaugten Luft sehr schnell kritische Situationen an kälteren Oberflächen entstehen können.

Die betrachteten Fälle weisen alle eine temporäre Tauwasserbildung auf, die bei längerem Andauern mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Schimmelpilzbildung führt. Durch Kanäle kann eine geführte Abführung der abgesaugten Luft durch den Korpus erfolgen. Die Luft wird dann in den Raum freiblasend eingebracht. Diese Konstruktion ist deutlich unkritischer bezüglich hoher relativer Luftfeuchte und etwaiger Folgen (Schimmelpilz) im Korpusbereich zu bewerten.

Tabelle 26: Relative Luftfeuchtigkeit in der Luft im Korpus und an der Oberfläche einer Außenwand (AW) mit Mindestwärmeschutz hinter dem Korpus

	Temperatur der Luft im Dunst / in der Haube bzw. im Korpus	Wassergehalt der Luft im Dunst / in der Haube bzw. im Korpus	Temperatur zur Einhaltung des Mindestwärmeschutzes	Relative Luftfeuchtigkeit im Korpus und an der Außenwand hinter dem Korpus
Anteil des abgesaugten Dunstes 35%	50°C / 30,5°C	66,2g/kg / 27,9g/kg	-	im Korpus: 100%
			17°C (AW Übergang)	an AW: Gesättigt
			11°C (AW Winter)	an AW: Gesättigt
	45°C / 29°C	44,1 g/kg / 20,2g/kg	-	im Korpus: 80%
			17°C (AW Übergang)	an AW: Gesättigt
			11°C (AW Winter)	an AW: Gesättigt
	35°C / 25°C	21,1g/kg / 12,1g/kg	-	im Korpus: 60%
			17°C (AW Übergang)	an AW: Gesättigt
			11°C (AW Winter)	an AW: Gesättigt
Anteil des abgesaugten Dunstes 90%	55°C / 51,5°C	101,1g/kg / 91,7g/kg	-	im Korpus: 100%
			17°C (AW Übergang)	an AW: Gesättigt
			11°C (AW Winter)	an AW: Gesättigt
	45°C / 42,5°C	48,2g/kg / 44,1g/kg	-	im Korpus: 80%
			17°C (AW Übergang)	an AW: Gesättigt
			11°C (AW Winter)	an AW: Gesättigt
	35°C / 33,5°C	21,1g/kg / 19,7g/kg	-	im Korpus: 60%
			17°C (AW Übergang)	an AW: Gesättigt
			11°C (AW Winter)	an AW: Gesättigt

			11°C (AW Winter)	an AW: Gesättigt
--	--	--	------------------	------------------

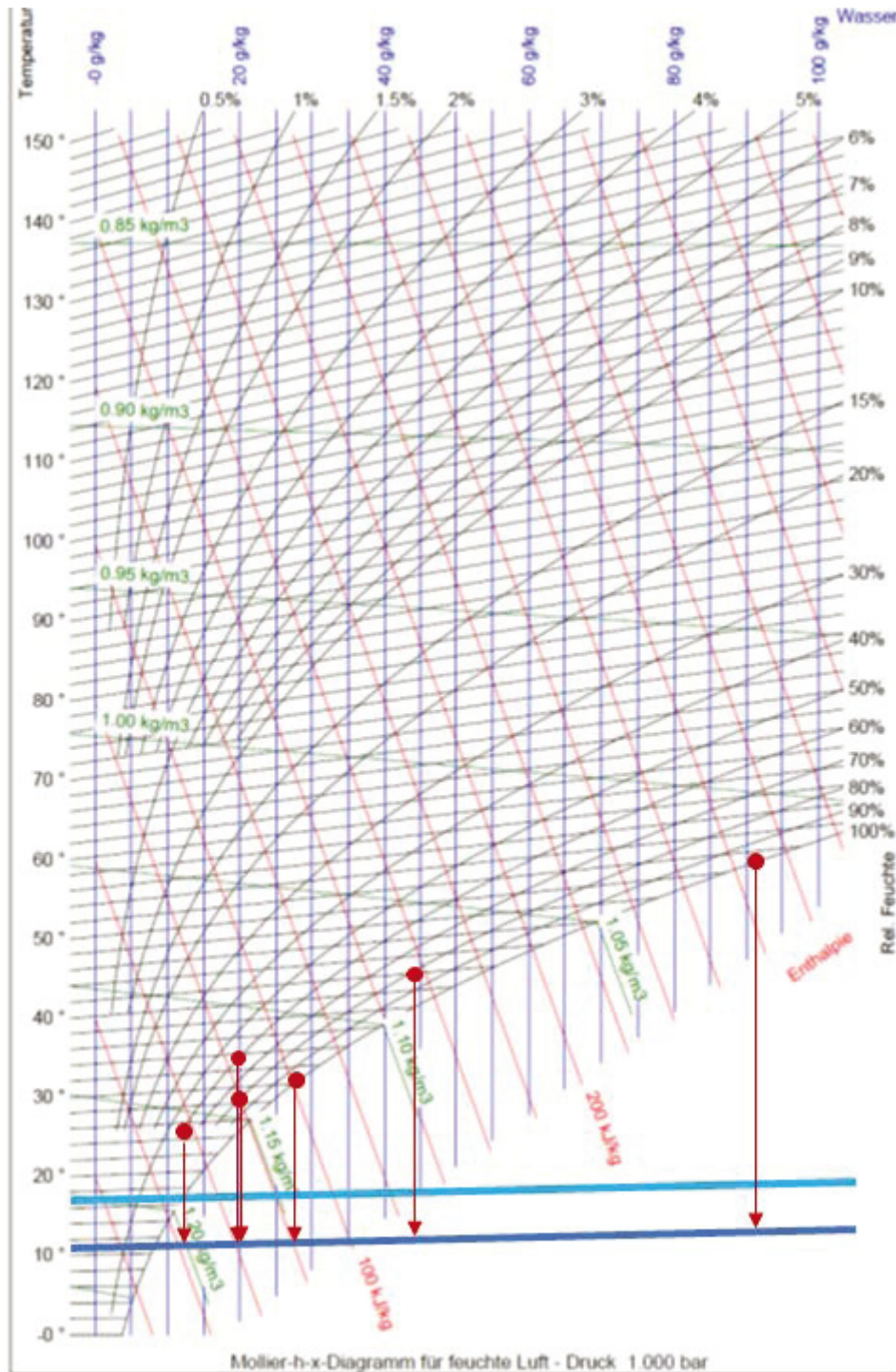


Abbildung 56: Mollier-h-x-Diagramm, eingezeichnet sind die Zustandspunkte des Dunstes sowie die Folgen einer Abkühlung dieser Luft (Tauwasserbildung)

4.3 Einfluss bei Gebäuden mit sehr geringem Heizwärmebedarf

Durch verbesserten Wärmeschutz werden bei energieeffizienten Gebäuden die Transmissionswärmeverluste weitgehend verringert. Luftdichte Bauweisen und Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung vermindern zudem Lüftungs- und Infiltrationswärmeverluste. Bei Passivhäusern werden durch konsequente Anwendung dieser Maßnahmen Heizwärmekennwerte von 15 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr erzielt.

Neben dem Heizwärmebedarf verringern die Wärmeschutz-Maßnahmen gleichzeitig die Heizlast in energieeffizienten Gebäuden. In Passivhäusern sind in der Regel Heizleistungen von 10 W/m² ausreichend, um die Raumsolltemperatur auch an sehr kalten Tagen zu gewährleisten. In Bestandsgebäuden sind hingegen Heizlasten um 100 W/m² üblich.

Bei Abluft-Dunstabzugshauben muss die nachströmende Außenluft zusätzlich durch das Heizungssystem erwärmt werden. Wird die nachströmende Außenluft an kalten Tagen (z.B. -10°C) auf Raumtemperatur erwärmt, wäre dies mit einer erheblichen zusätzlichen Heizlast verbunden: bei einem Luftstrom von 450 m³/h und einer Raumtemperatur von 20 °C wären dies 4,5 kW, was die installierte Heizleistung in energieeffizienten Gebäuden um ein mehrfaches übersteigt (bei einer Passivhaus-Wohnung mit 100 m² Wohnfläche sind üblicherweise 1 kW Heizleistung ausreichend).

Um den Einfluss von Abluft-Dunstabzugshauben zu untersuchen, wurden dynamische Gebäudesimulationen anhand eines Passivhaus-Reihenhauses mit 120 m² Wohnfläche durchgeführt (vgl. [Schnieders 1998]). Die verfügbare Heizleistung im Gebäude beträgt 10 W/m². Es wurde angenommen, dass sich die Abluft-Dunstabzugshaube in der Wohnküche des Erdgeschosses befindet.

Abbildung 57: zeigt den Raumtemperaturverlauf in der Wohnküche an einem kalten Tag (mittlere Außentemperatur -8,7 °C), wenn die Abluft-Dunstabzugshauben mit verschiedenen Luftstufen (200 m³/h, 300 m³/h und 450 m³/h) jeweils für eine Stunde betrieben wird. Die empfundene Temperatur bzw. Raumtemperatur wird hierbei als Mittelwert aus Oberflächentemperatur und Lufttemperatur im Raum bestimmt. Wie die Ergebnisse zeigen, kann die Raumtemperatur unter den gewählten Bedingungen bis unter 18 °C absinken (Luftstufe mit 450 m³/h). Die mittlere Lufttemperatur in der Wohnküche wäre jedoch geringer und fällt bei höchster Stufe bis auf etwa 15,5 °C ab.

Im direkten Bereich der Außenluftnachströmung sind entsprechend der kalten Außentemperaturen nochmals geringere Lufttemperaturen zu erwarten. Demnach sind beim Betrieb von Abluft-Dunstabzugshauben an kalten Tagen in energieeffizienten Gebäuden (mit geringer Heizleistung) empfindliche Komfort-Beeinträchtigungen zu erwarten.

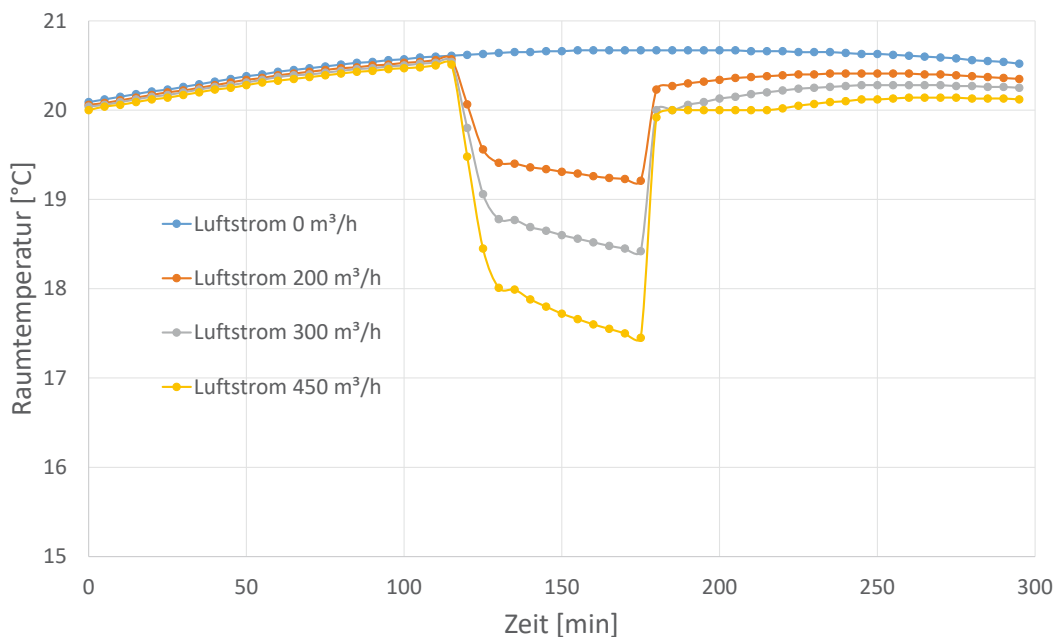


Abbildung 57: Ergebnisse einer dynamischen Gebäudesimulation zum Raumtemperaturverlauf in einem Passivhaus-Reihenhaus an einem kalten Tag bei Verwendung einer Abluft-Dunstabzugshaube bei verschiedenen Lüfterstufen.

Annahme: Nutzung der Abluft-Dunstabzugshaube für 1 Stunde pro Tag, Tagesmittlere Außentemperatur $-8,7^{\circ}\text{C}$, Klimadatensatz TRY12.

Wird die Abluft-Dunstabzugshaube abgeschaltet, nähert sich im Simulationsmodell die Raumtemperatur wieder recht schnell der Solltemperatur. Eine Ursache besteht darin, dass die Wärmekapazität der Raumluft gering ist und durch die wärmere Gebäudestruktur schnell erwärmt werden kann. Obwohl nur geringe Heizleistungen zur Verfügung stehen, wird nach einigen Stunden wieder die Raumsolltemperatur erreicht. Aufgrund der thermischen Trägheit des Gebäudes und dem nur kurzzeitigen Betrieb der Abluft-Dunstabzugshaube deuten die Simulationsergebnisse daraufhin, dass die Beheizbarkeit des betrachteten Gebäudes mit nur geringer Heizleistung gegeben ist.

Fazit - Abluft-Dunstabzugssystemen

An kalten Tagen sind während dem Abluftbetrieb deutliche Unterschreitungen der Raumsolltemperatur und Komfortbeeinträchtigungen zu erwarten. Sollen Abluft-Dunstabzugshauben in Gebäuden mit sehr geringem Heizwärmebedarf verwendet werden, ist eine Einbringung der nachströmenden Außenluft in direkter Nähe zum Kochfeld anzustreben.

Die Ergebnisse der Gebäudesimulation deuten weiterhin daraufhin, dass die Beheizung auch in energieeffizienten Gebäuden mit geringer Heizleistung (wie z.B. Passivhäuser) bei Nutzung von Abluft-Dunstabzugshaube weiterhin gegeben ist. Ist in der Planung bereits bekannt, dass Abluft-Dunstabzugshaube eingesetzt werden, wird empfohlen die Heizleistung im Küchenbereich höher zu dimensionieren.

Vor diesem Hintergrund sind Abluft-Dunstabzugssysteme zu bevorzugen, die mit moderaten Abluftvolumenströmen eine ausreichende Erfassung sicherstellen (vgl. Abschnitt 3.2.3) und ggf. über eine Automatikfunktion die Laufzeit begrenzen.

Fazit - Umluft-Dunstabzugssysteme

Umluft-Dunstabzugssystemen haben hingegen keinen Einfluss auf den thermischen Komfort und die Beheizbarkeit von energieeffizienten Gebäuden mit geringer Heizleistung und sind vor diesem Hintergrund, in Verbindung mit einem vorhandenen Grundluftwechsel zur Kompensation der Feuchtelasten, in Gebäuden mit sehr geringem Heizwärmebedarf die erste Wahl.

4.4 Schall

Es gibt bislang keine normativen Richtwerte bezüglich maximaler Schallpegel in Wohnküchen. Für gewerbliche Küchen dagegen schon. Nach [DIN EN 15251] werden für Restaurantküchen Auslegungs-Schalldruckpegel zwischen 40 und 60 dB(A) empfohlen. Setzt man die obere Grenze des Schalldruckpegels von 60 dB(A) als Richtwert für die maximale Betriebsstufe außerhalb der Intensivlüftungsstufe an, so entspricht das je nach Küchengröße und Möblierung (also akustischer Eigenschaften der konkreten Küche) in etwa einem Richtwert von 62 dB(A) für den Schallleistungspegel von Dunstabzugshauben in der maximalen Betriebsstufe. Etwa

die Hälfte der in Abschnitt 3.7 ausgewerteten Dunstabzugshauben scheinen zumindest diesen Richtwert zu erfüllen (vgl. Abbildung 58).

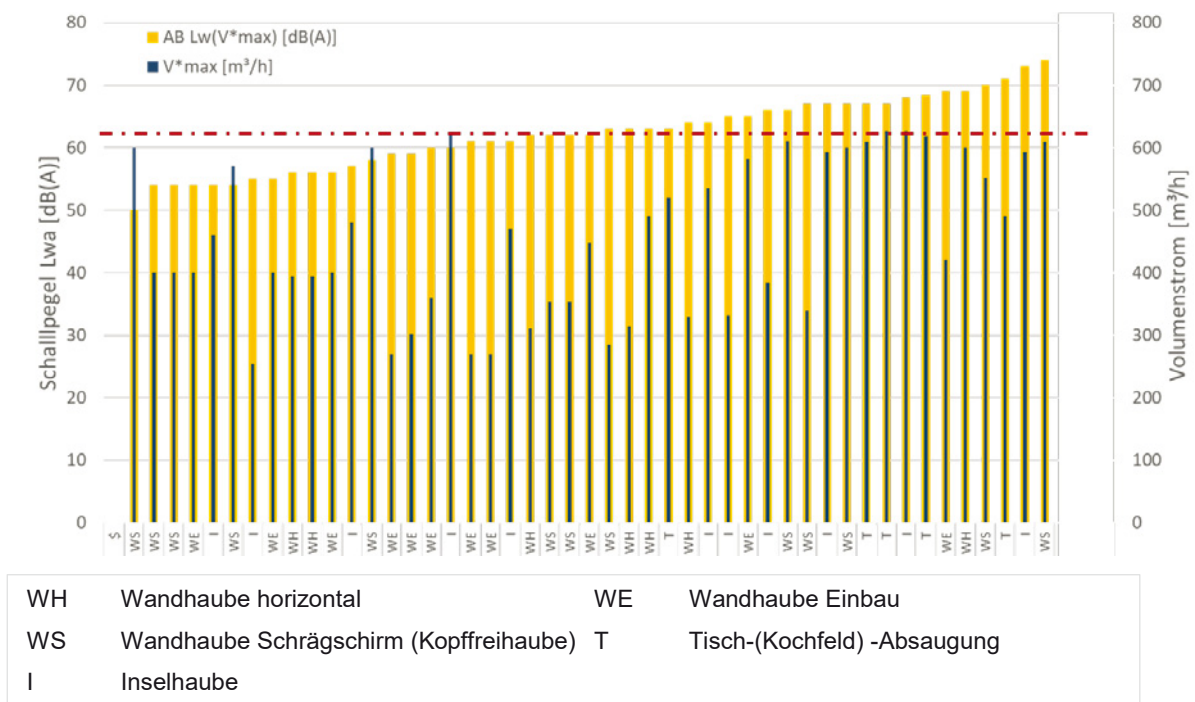


Abbildung 58: Volumenstrom und Schallleistungspegel in dB[A] marktgängiger Dunstabzugshauben im Abluftbetrieb für die höchste Einstellung im Normalbetrieb (ausgenommen Intensivstufe) nach EU-Verordnung Nr. [65/2014].

Bei Dunstabzugshauben, die in der maximalen Betriebsstufe einen höheren Schallleistungspegel als 62 dB(A) verursachen, ist davon auszugehen, dass diese auf Grund der zu hohen Schallbelastung in geringeren Betriebsstufen gefahren werden oder gänzlich abgeschaltet werden. Beides verschlechtert die Erfassung des Kochwrasens und mindert damit die Funktionsfähigkeit und den eigentlichen Zweck der Haube. Vor allem Kochfeldabsaugungen scheinen konstruktionsbedingt hohe Schallabstrahlungen zu verursachen. Gleichzeitig nimmt die Erfassung des Kochwrasens bei geringeren Lüfterstufen deutlich ab, wie die messtechnische Untersuchungen in Abschnitt 3.2.3 zeigten.

Ausgehend von heute üblichen offenen Grundrissen oder zumindest Küchen mit einem großzügigen Essbereich, stellt sich auch die Frage nach normativen Richtwerten außerhalb der Kochzeit (z.B. in der Nachlaufzeit, wenn die Dunstabzugshaube zwar noch einige Zeit in minimaler Lüftungsstufe in Betrieb ist, aber nicht mehr gekocht wird). [DIN EN 15251] gibt für Wohnzimmer einen maximalen Schalldruckpegel von

40 dB(A) an. Umgerechnet in einen Schallleistungspegel ergibt sich je nach Küchengröße und Küchenausstattung in etwa ein Richtwert von 42 dB(A).

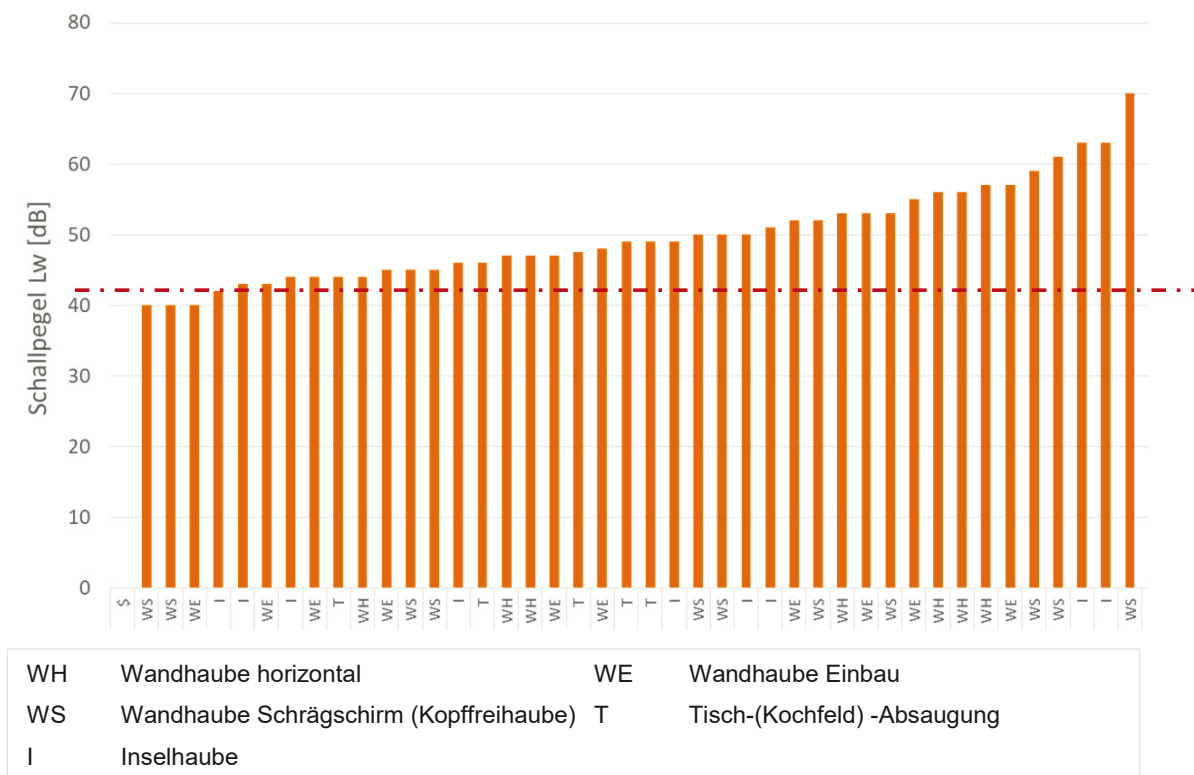


Abbildung 59: Volumenstrom und Schallleistungspegel in dB[A] marktgängiger Dunstabzugshauben im Abluftbetrieb für die minimale Lüfterstufe im Normalbetrieb nach EU-Verordnung Nr. [65/2014].

Wie in Abbildung 59 aufgetragen, scheint die Einhaltung eines Schallleistungspegels von 42 dB(A) in der minimalen Lüfterstufe für die meisten Dunstabzugssysteme schwierig zu sein. Nur vier der untersuchten Dunstabzugshauben erfüllen diesen Richtwert.

Abschließend muss zu der schalltechnischen Untersuchung noch ergänzt werden, dass die nach [65/2014] ausgewiesenen schalltechnischen Kenndaten letztlich noch eher optimistische Angaben darstellen, da die Messungen unter günstigen Randbedingungen (mit vergleichsweise geringen Druckverlusten) durchgeführt werden. Unter realistischen Einbausituationen sind die Druckverluste und damit auch die Schallabstrahlungen vermutlich höher.

Im Sinne einer Verbesserung des Nutzerkomforts und des zweckmäßigen Gebrauchs wäre es wünschenswert, wenn die Dunstabzugssysteme sowohl in der maximalen

Betriebsstufe (für den tatsächlichen Kochbetrieb) als auch in der minimalen Einstellung (für eine Nachlaufzeit) zukünftig deutlich leiser würden.

5 Luftnachströmung und Wechselwirkung mit anderen Systemen

5.1 Möglichkeiten der Luftnachströmung

Dunstabzugshauben im Abluftbetrieb machen eine Luftnachströmung erforderlich, da sonst Unterdruck in der Küche entsteht, der im Zusammenspiel mit einer raumluftabhängigen Feuerstätte unzulässig ist und auch ohne Feuerstätten zu kritischen Situationen, z.B. durch nicht mehr öffnbare Fluchttüren, führen kann.

Neben den sicherheitsrelevanten Aspekten bezüglich einer raumluftabhängigen Feuerstätte hat der erzeugte Unterdruck einer Dunstabzugshaube im Abluftbetrieb ohne Luftnachströmung Einfluss auf den Ventilator der Dunstabzugshaube: Der Luftvolumenstrom verringert sich, da gegen einen zusätzlichen Druck Luft gefördert werden soll, gleichzeitig erhöht sich die Drehzahl, welches zu einer Erhöhung der Geräuschemission und der elektrischen Leistungsaufnahme führen kann.

Die Luftnachströmung kann realisiert werden durch:

- geöffnete Fenster (manuell geöffnet oder automatisch per Fensterkontakt gekoppelt an Dunstabzugshaube)
- Außenluftdurchlässe (ALD)
- Steuerbare Außenluftdurchlässe (sALD)
- Zuluftmauerkasten
- Abluft-Zuluft-Mauerkasten

5.2 Bewertung der Luftnachströmung

Die Luftnachströmung sollte günstigerweise von der der Dunstabzugshaube gegenüberliegenden Wandseite erfolgen, dadurch wird die Ausbildung einer Raumwalze ermöglicht und möglichst viele Wrasen erfasst und zur Abführung an die Dunstabzugshaube geführt. Luftnachströmung aus benachbarten Räumen (z.B. aus Bad/WC) sollte zur Vermeidung von Geruchsübertragung vermieden werden.

Tabelle 27 zeigt den benötigten Durchmesser der freien Öffnungsfläche zur Luftnachströmung zur Einhaltung des zulässigen Unterdrucks zum Öffnen von Fluchttüren bei unterschiedlichen Randbedingungen. Folgende Randbedingungen wurden zur Ermittlung der freien Durchmesser zugrunde gelegt:

- Grundfläche der Nutzungseinheit: $A_{NE} = 20 \text{ m}^2, 100 \text{ m}^2 \text{ bzw. } 200 \text{ m}^2$
- Mittlere lichte Höhe der Nutzungseinheit: $H_R = 2,5 \text{ m}$
- Gebäudedichtheit: $n_{50} = 0,5\text{h}^{-1}, 1,0\text{h}^{-1}, 1,5\text{h}^{-1}, 2,0\text{h}^{-1} \text{ bzw. } 4,5\text{h}^{-1}$
- Zulässiger Unterdruck zum Öffnen von Fluchttüren

$$\Delta p_{\text{Unterdruck}} = 50\text{Pa} \text{ bzw. } 75\text{Pa} \text{ (siehe hierzu auch Abschnitt 5.3.1)}$$
- Luftvolumenstrom der Dunstabzugshaube

$$q_{v,\text{Dunstabzug}} = 250 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}, 500 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \text{ bzw. } 650 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$
- Berechnung nach Abschnitt A.2.2 der DIN 1946-6 Beiblatt 3 (2017)

Tabelle 27: Durchmesser der freien Öffnungsfläche zur Luftnachströmung bei unterschiedlichen Randbedingungen

Variante	Volumen des Raums bzw. der Nutzungseinheit	Abluft-Dunstabzugssystem	zulässiger Unterdruck zum Öffnen von Fluchttüren	mehrgeschossige NE bei dauerhaftem Luftverbund der Räume					eingeschossige NE bei dauerhaftem Luftverbund der Räume				
				Gebäudedichtheit					Gebäudedichtheit				
				n_{50} in h^{-1}					n_{50} in h^{-1}				
				0,5	1	1,5	2	4,5	0,5	1	1,5	2	4,5
				Gebäudeausführung					Gebäudeausführung				
				Passivhaus	Neubau Lüftungsanlage	Neubau Freie Lüftungsanlage	Bestandsmodernisierung EFH	Gebäudebestand	Passivhaus	Neubau Lüftungsanlage	Neubau Freie Lüftungsanlage	Bestandsmodernisierung EFH	Gebäudebestand
Durchmesser der freien Öffnungsfläche in cm	50m³	250m³/h	50Pa	ca. 14	ca. 13	ca. 12	ca. 12	ca. 7	ca. 14	ca. 14	ca. 13	ca. 13	ca. 9
			75Pa	ca. 12	ca. 11	ca. 10	ca. 9	ca. 3	ca. 13	ca. 12	ca. 11	ca. 10	ca. 5
		500m³/h	50Pa	ca. 20	ca. 19	ca. 19	ca. 18	ca. 16	ca. 21	ca. 20	ca. 20	ca. 20	ca. 18
			75Pa	ca. 17	ca. 16	ca. 16	ca. 15	ca. 13	ca. 18	ca. 18	ca. 17	ca. 17	ca. 14
		650m³/h	50Pa	ca. 22	ca. 22	ca. 22	ca. 21	ca. 19	ca. 24	ca. 24	ca. 23	ca. 23	ca. 21
			75Pa	ca. 19	ca. 19	ca. 19	ca. 18	ca. 16	ca. 21	ca. 20	ca. 20	ca. 20	ca. 17
	250m³	250m³/h	50Pa	ca. 11	ca. 6	👍	👍	👍	ca. 12	ca. 8	👍	👍	👍
			75Pa	ca. 9	👍	👍	👍	👍	ca. 10	ca. 4	👍	👍	👍
		500m³/h	50Pa	ca. 18	ca. 15	ca. 13	ca. 9	👍	ca. 19	ca. 17	ca. 15	ca. 12	👍
			75Pa	ca. 15	ca. 12	ca. 8	👍	👍	ca. 16	ca. 14	ca. 10	ca. 5	👍
		650m³/h	50Pa	ca. 21	ca. 19	ca. 17	ca. 14	👍	ca. 23	ca. 21	ca. 19	ca. 16	👍
			75Pa	ca. 18	ca. 15	ca. 12	ca. 9	👍	ca. 19	ca. 17	ca. 14	ca. 11	👍
	500m³	250m³/h	50Pa	ca. 11	ca. 6	👍	👍	👍	ca. 12	ca. 8	👍	👍	👍
			75Pa	ca. 9	👍	👍	👍	👍	ca. 10	ca. 4	👍	👍	👍
		500m³/h	50Pa	ca. 18	ca. 15	ca. 13	ca. 9	👍	ca. 19	ca. 17	ca. 15	ca. 12	👍
			75Pa	ca. 15	ca. 12	ca. 8	👍	👍	ca. 16	ca. 14	ca. 10	ca. 5	👍
		650m³/h	50Pa	ca. 21	ca. 19	ca. 17	ca. 14	👍	ca. 23	ca. 21	ca. 19	ca. 16	👍
			75Pa	ca. 18	ca. 15	ca. 12	ca. 9	👍	ca. 19	ca. 17	ca. 14	ca. 11	👍
👍 - ohne Feuerstätte keine Nachströmung erforderlich													

5.3 Wechselwirkungen mit anderen Systemen

5.3.1 Wechselwirkungen mit Feuerstätten

Im Anhang A des Beiblatts 3 der DIN 1946-6 wird die Berechnung der Unterdrücke in einem Raum abhängig vom Luftvolumenstrom beschrieben. Für die nachfolgenden Betrachtungen wird eine Nennleistung der raumluftabhängigen Feuerstätte von 5 kW bzw. 10 kW angenommen.

Der notwendige Verbrennungsluft-Volumenstrom für eine raumluftabhängige Feuerstätte kann nach Anhang A [DIN 1946-6 Bbl.3] ermittelt werden zu:

$$q_{v,RLA} = 1,6 \frac{\text{m}^3/\text{h}}{\text{kW}} \cdot \dot{Q}_{RLA}$$

mit

$q_{v,RLA}$ Verbrennungsluftvolumenstrom, in m^3/h

$\dot{Q}_{RLA}$ Nennleistung der raumluftabhängigen Feuerstätte, in kW

Für die Abluft-Dunstabzugshaube werden in der folgenden Betrachtung Abluftvolumenströme von $0 \text{ m}^3/\text{h}$, $250 \text{ m}^3/\text{h}$ und $500 \text{ m}^3/\text{h}$ festgelegt.

Im Entwurf der DIN 1946-6:2018 wurde folgende Formel zur Berücksichtigung von großen Öffnungen in der Gebäudehülle vorgeschlagen und folglich zur Korrektur des Luftwechsels bei der Luftdichtheitsmessung n_{50} :

$$n_{50} = n_{50,m} + 2 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{cm}^2} \cdot \frac{A_{\text{öff}}}{V_{NE}}$$

mit

n_{50} Luftwechsel bei $\Delta p = 50 \text{ Pa}$ unter Berücksichtigung großer Öffnungen, in $1/\text{h}$

$n_{50,m}$ Luftwechsel bei $\Delta p = 50 \text{ Pa}$ aus Messungen, in $1/\text{h}$

$A_{\text{öff}}$ Fläche der großen Öffnungen, in cm^2

V_{NE} Volumen des Aufstellraums der Feuerstätte bzw. der Nutzungseinheit, in m^3

Für die weitere Betrachtung werden folgende Annahmen getroffen:

- Grundfläche des Aufstellraums der Feuerstätte bzw. Grundfläche der Nutzungseinheit: $A_{NE} = 50 \text{ m}^2$, 100 m^2 bzw. 200 m^2
- Mittlere lichte Höhe des Aufstellraums der Feuerstätte bzw. der Nutzungseinheit: $H_R = 2,5 \text{ m}$
- Durchmesser des steuerbaren ALD (Beispiel): $10,5 \text{ cm} \rightarrow A_{\text{öff}} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 86,59 \text{ cm}^2$

Der Luftwechsel bei $\Delta p = 50 \text{ Pa}$ lässt sich mit den getroffenen Angaben und unter Berücksichtigung des steuerbaren ALD ermitteln, siehe Tabelle 28.

Tabelle 28: Luftwechsel bei $\Delta p = 50 \text{ Pa}$ unter Berücksichtigung eines steuerbaren ALDs

V_{NE} in m^3	50					250					500				
$n_{50,m}$ in $1/\text{h}$ (nur Leckagen)	0,5	1,0	1,5	2,0	4,5	0,5	1,0	1,5	2,0	4,5	0,5	1,0	1,5	2,0	4,5
n_{50} in $1/\text{h}$ (Leckagen und steuer- bares ALD)	4,0	4,5	5,0	5,5	8,0	1,2	1,7	2,2	2,7	5,2	0,8	1,3	1,8	2,3	4,8
$q_{v50,m}$ in m^3/h	25	50	75	100	225	125	250	375	500	1125	250	500	750	1000	2250
$q_{v,sALD}$ in m^3/h	173														
$q_{v50,ges}$ in m^3/h	198	223	248	273	398	298	423	548	673	1298	423	673	923	1173	2423

Durch Multiplikation des Volumens der Nutzungseinheit mit der Differenz der beiden n_{50} -Werte lässt sich der Luftvolumenstrom über das steuerbare ALD berechnen:

$$q_{v,sALD} = V_{NE} \cdot (n_{50} - n_{50,m})$$

Tabelle 28 zeigt auch die Luftvolumenströme, die nur auf Infiltration zurückzuführen sind und den Gesamt-Luftvolumenstrom durch Infiltration und steuerbares ALD.

Die Berechnung der Luftdurchlässigkeit kann für Außenluftdurchlässe und für steuerbare Außenluftdurchlässe durch die Prüfung nach [DIN EN 13141-1] mit Wertepaaren aus Volumenstrom und Differenzdruck aus der ALD-Kennlinie abgeleitet werden aus:

$$D_i = \frac{q_{v,ALD,i}}{(\Delta p_{ALD,i})^{n_{ALD,i}}}$$

mit

D_i Luftdurchlässigkeit des ALD bzw. sALD, in $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{Pa}^n)$, (Prüfung nach DIN EN 13141-1 erforderlich)

$q_{v,ALD,i}$ Luftvolumenstrom über die offenen ALD bzw. sALD, in m^3/h , siehe Tabelle 28

$\Delta p_{ALD,i}$ Unterdruck im Aufstellraum der Feuerstätte bzw. in der Nutzungseinheit (50Pa), in Pa

$n_{ALD,i}$ Druckexponent für ALD i bzw. sALD i, aus ALD-Kennlinie oder $n_{ALD}=0,5$ für vollständig turbulente Strömung, in –

Für das betrachtete sALD ergibt sich eine Luftdurchlässigkeit von:

$$D_i = \frac{q_{v,ALD,i}}{(\Delta p_{ALD,i})^{n_{ALD,i}}} = \frac{173,2m^3/h}{(50Pa)^{0,5}} = 24,49 \frac{m^3}{h \cdot Pa^n}$$

Die Berechnung des Unterdruckes in Aufstellräumen mit ALD bzw. sALD kann nach Anhang A DIN 1946-6 Bbl.3 mit der allgemein gültigen Formel ermittelt werden: (dauerhafter Luftverbund der Räume):

$$\Delta p_{Unterdruck} = \left(\frac{q_{v,Unterdruck}}{f_{wirk,Komp} \cdot A_{NE} \cdot H_R \cdot n_{50} \cdot \left(\frac{f_{wirk,Lage}}{50Pa} \right)^{n_{Fugen}}} + \sum_{i=1}^z D_i \cdot \Delta p_{Unterdruck}^{n_{ALD,i} - n_{Fugen}} \right)^{1/n_{Fugen}}$$

mit

n_{Fugen} Druckexponent für Fugen (2/3), in -

$n_{ALD,i}$ Druckexponent für ALD i oder sALD i (0,5 für vollständig turbulente Strömung), in -

Für diese Formel kann allerdings keine direkte und allgemeingültige Lösung zur Berechnung des Unterdrucks angegeben werden, vielmehr muss die Lösung durch Iteration ermittelt werden.

Die folgenden Abbildungen zeigen die resultierenden entstehenden Unterdrücke je nach Kombination der Randbedingungen mit einem installierten steuerbaren ALD bei iterativer Berechnung.

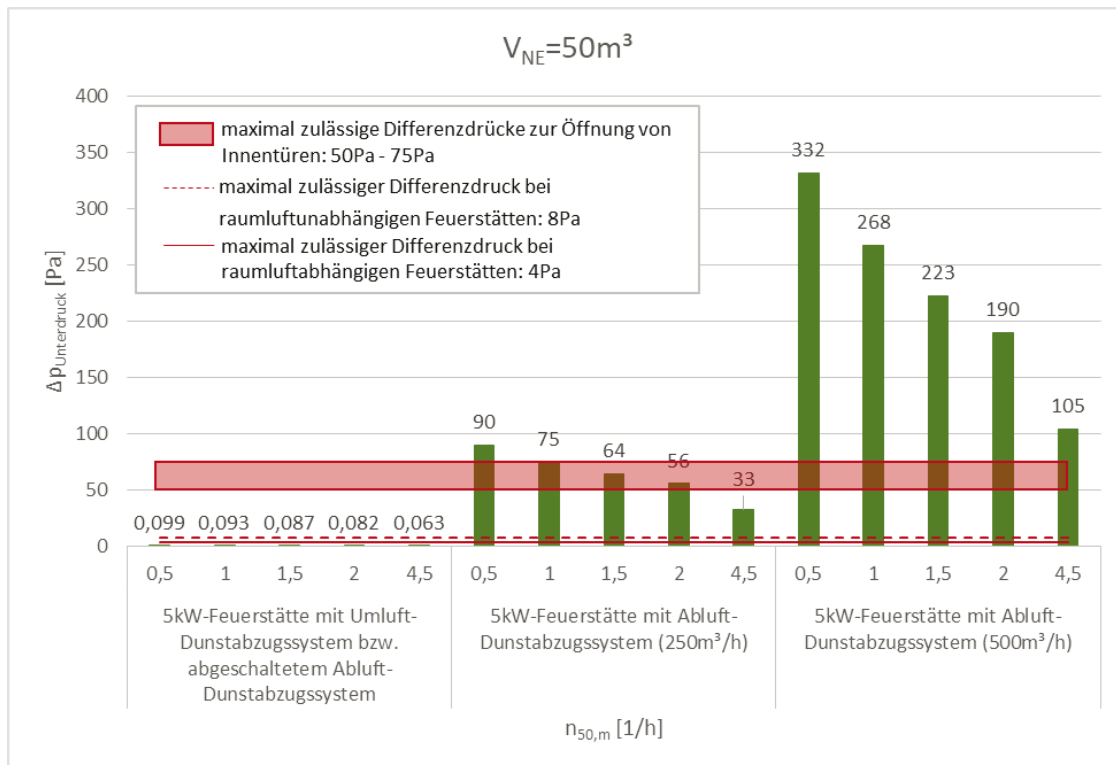


Abbildung 60: Resultierende Unterdrücke für kleine Nutzungseinheit ($V_{NE} = 50 \text{ m}^3$) in Abhängigkeit des Luftwechsels bei 50 Pa ($n_{50,m} = 0,5/1/1,5/2/4,5$), der Nennleistung der raumluftabhängigen Feuerstätte (**5 kW**) und dem Volumenstrom des Abluft-Dunstabzugssystems ($0 \text{ m}^3/\text{h}$, $250 \text{ m}^3/\text{h}$ oder $500 \text{ m}^3/\text{h}$) mit einem installierten steuerbaren ALD (iterative Berechnung)

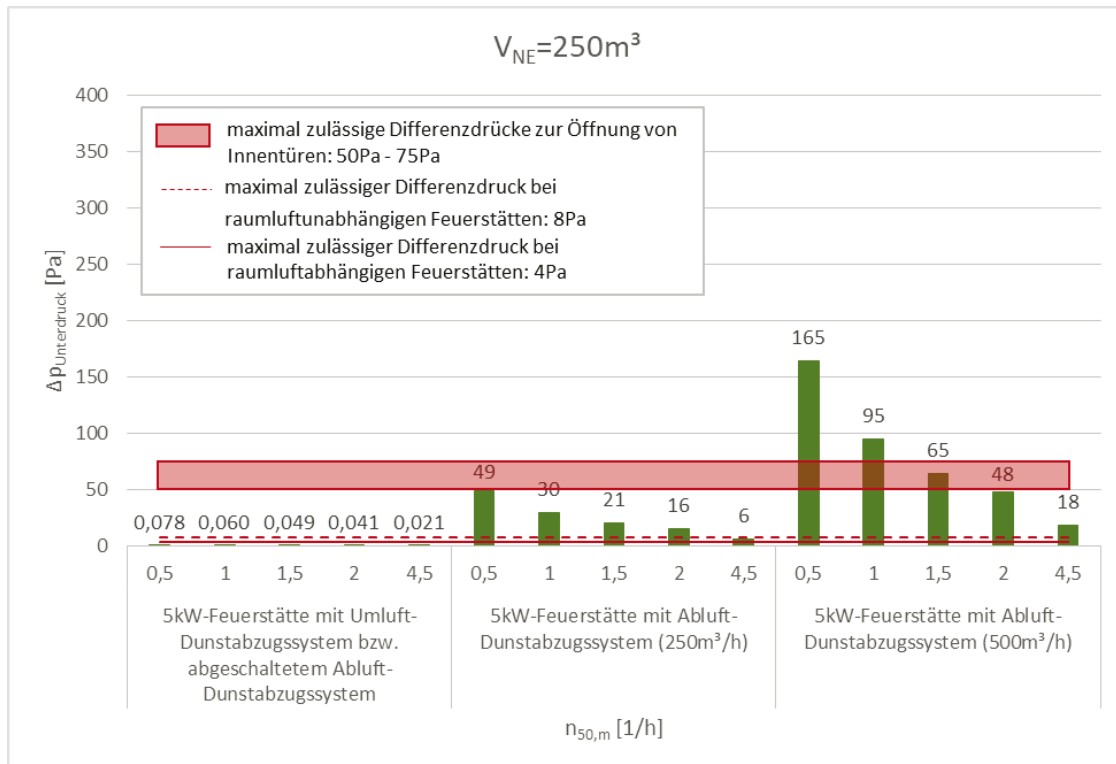


Abbildung 61: Resultierende Unterdrücke für mittlere Nutzungseinheit ($V_{NE} = 250 \text{ m}^3$) in Abhängigkeit des Luftwechsels bei 50 Pa ($n_{50,m} = 0,5/1/1,5/2/4,5$), der Nennleistung der raumluftabhängigen Feuerstätte (**5 kW**) und dem Volumenstrom des Abluft-Dunstabzugssystems ($0 \text{ m}^3/\text{h}$, $250 \text{ m}^3/\text{h}$ oder $500 \text{ m}^3/\text{h}$) mit einem installierten steuerbaren ALD (iterative Berechnung)

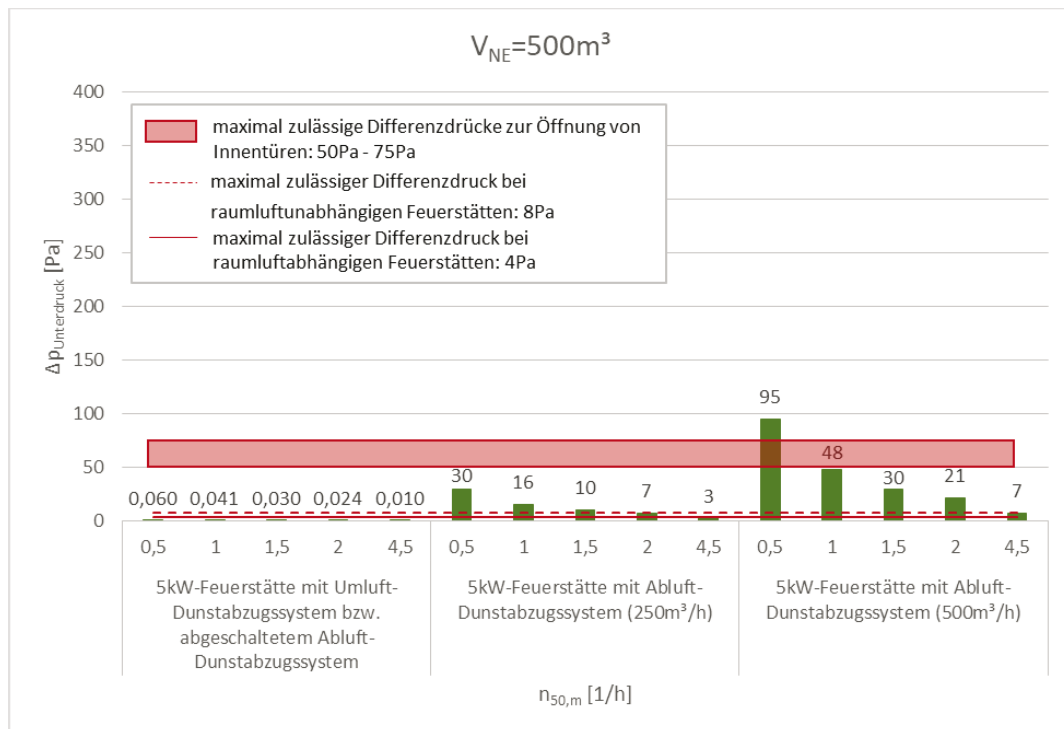


Abbildung 62: Resultierende Unterdrücke für große Nutzungseinheit ($V_{NE} = 500 m^3$) in Abhängigkeit des Luftwechsels bei 50 Pa ($n_{50,m} = 0,5/1/1,5/2/4,5$), der Nennleistung der raumluftabhängigen Feuerstätte (**5 kW**) und dem Volumenstrom des Abluft-Dunstabzugssystems (0 m³/h, 250 m³/h oder 500 m³/h) mit einem installierten steuerbaren ALD (iterative Berechnung)

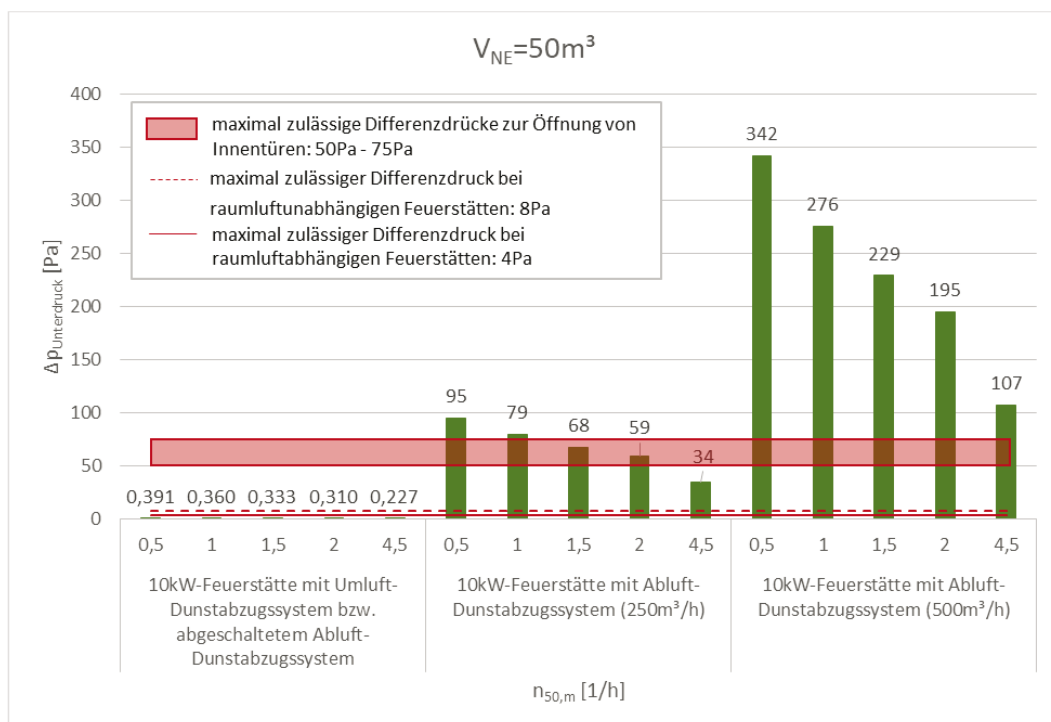


Abbildung 63: Resultierende Unterdrücke für kleine Nutzungseinheit ($V_{NE} = 50 m^3$) in Abhängigkeit des Luftwechsels bei 50 Pa ($n_{50,m} = 0,5/1/1,5/2/4,5$), der Nennleistung der raumluftabhängigen Feuerstätte (**10 kW**) und dem Volumenstrom des Abluft-Dunstabzugssystems (0 m³/h, 250 m³/h oder 500 m³/h) mit einem installierten steuerbaren ALD (iterative Berechnung)

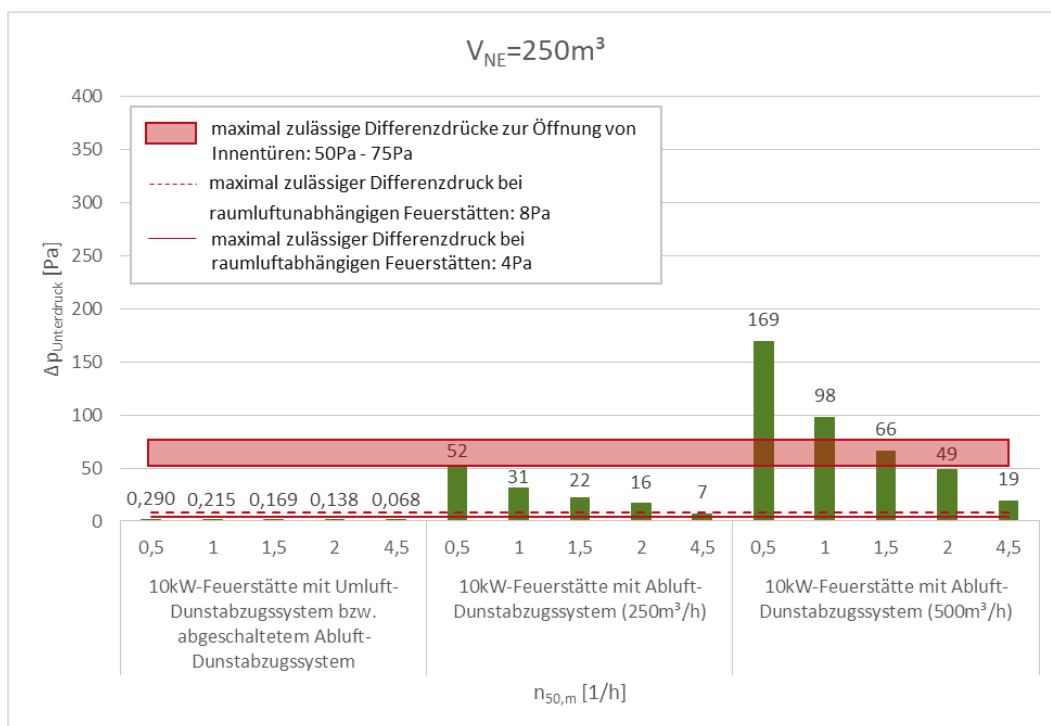


Abbildung 64: Resultierende Unterdrücke für mittlere Nutzungseinheit ($V_{NE} = 250 \text{ m}^3$) in Abhängigkeit des Luftwechsels bei 50 Pa ($n_{50,m} = 0,5/1/1,5/2/4,5$), der Nennleistung der raumluftabhängigen Feuerstätte (**10 kW**) und dem Volumenstrom des Abluft-Dunstabzugssystems ($0 \text{ m}^3/\text{h}$, $250 \text{ m}^3/\text{h}$ oder $500 \text{ m}^3/\text{h}$) mit einem installierten steuerbaren ALD (iterative Berechnung)

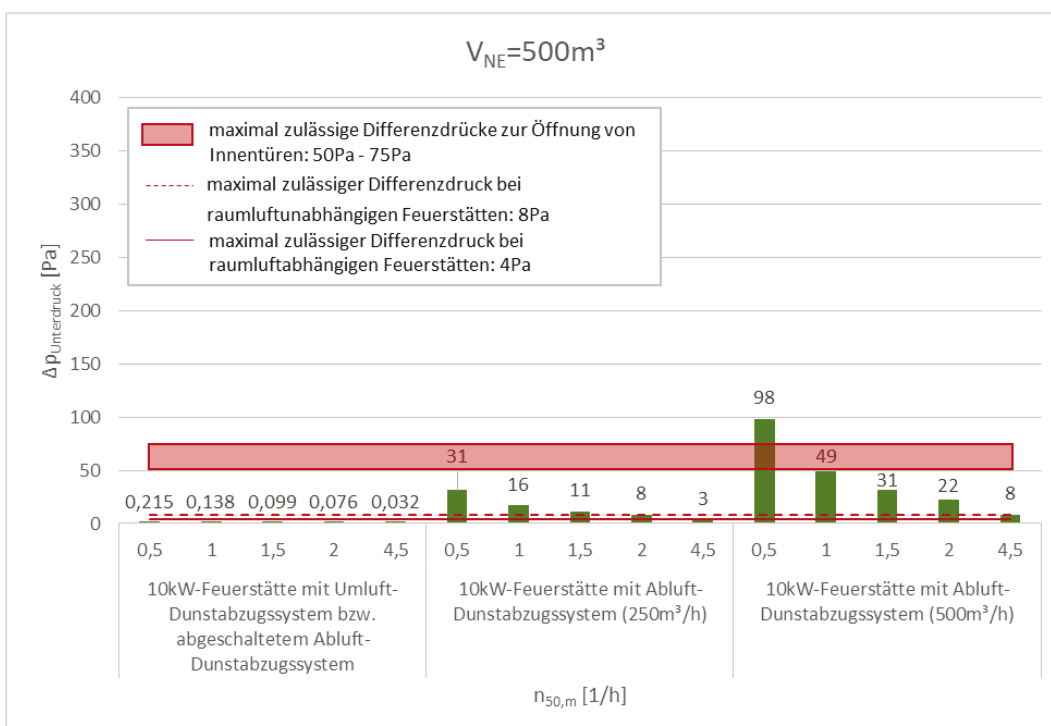


Abbildung 65: Resultierende Unterdrücke für große Nutzungseinheit ($V_{NE} = 500 \text{ m}^3$) in Abhängigkeit des Luftwechsels bei 50 Pa ($n_{50,m} = 0,5/1/1,5/2/4,5$), der Nennleistung der raumluftabhängigen Feuerstätte (**10 kW**) und dem Volumenstrom des Abluft-Dunstabzugssystems ($0 \text{ m}^3/\text{h}$, $250 \text{ m}^3/\text{h}$ oder $500 \text{ m}^3/\text{h}$) mit einem installierten steuerbaren ALD (iterative Berechnung)

Für den Fall einer Kombination aus Feuerstätte mit Umluft-Dunstabzugssystem oder mit ausgeschaltetem Abluft-Dunstabzugssystem zeigt sich, dass unabhängig von der Grundfläche der Nutzungseinheit und der Nennleistung der raumluftabhängigen Feuerstätte keine kritischen Unterdrücke in der Nutzungseinheit entstehen. Ebenfalls keine kritischen Unterdrücke in der Nutzungseinheit entstehen für große Nutzungseinheit ($V_{NE} = 500 \text{ m}^3$) in Kombination mit einem undichten Gebäude ($n_{50,m} = 4,5 \text{ h}^{-1}$) und kleinen Dunstabzugs-Abluftvolumenströme unabhängig von der Nennleistung der raumluftabhängigen Feuerstätte. Für alle anderen Fälle wird der zulässige Unterdruck von 4 Pa bei Vorhandensein einer raumluftabhängigen Feuerstätte überschritten.

Die für ein gefahrloses Öffnen der Türen nicht zu überschreitenden Unterdrücke von maximal 50 Pa bis 75 Pa werden lediglich für die Kombination aus großen Dunstabzugshauben ($500 \text{ m}^3/\text{h}$) und dichten bis sehr dichten Gebäuden überschritten.

Aus den Ergebnissen der Untersuchung zu den maximalen Differenzdrücke lassen sich Einsatzbereiche für das betrachtete steuerbare ALD ableiten. Die Werte der Gebäudedichtheit orientieren sich wie in Tabelle 29 aufgezeigt an den folgenden Gebäudeausführungen.

Tabelle 29: Gebäudedichtheit in Abhängigkeit der Gebäudeausführung

Gebäudedichtheit* n_{50} in h^{-1}	Gebäudeausführung
0,5	Passivhausstandard
1,0	Neubau mit Lüftungsanlagen
1,5	Neubau mit freier Lüftung oder Bestandsmodernisierung Mehrfamilienhaus mit freier Lüftung
2,0	Bestandsmodernisierung Einfamilienhaus mit freier Lüftung
4,5	Gebäudebestand
* Die n_{50} -Anforderungen können aus den Anforderungen des Passivhausinstituts ($n_{50}=0,5\text{h}^{-1}$) bzw. der DIN 1946-6 ($n_{50}=1,0\text{h}^{-1}$ bis $4,5\text{h}^{-1}$) abgeleitet werden.	

Tabelle 30 zeigt den resultierenden Einsatzbereich für das betrachtete steuerbare ALD.

Tabelle 30: Einsatzbereich betrachtetes steuerbares ALD

Variante	Volumen des Raums bzw. der Nutzungs- einheit	Abluft- Dunst- abzugs- system	Feuerstätte (zulässiger Unterdruck)	Gebäudedichtheit n_{50} in h^{-1}				
				0,5	1,0	1,5	2,0	4,5
				Gebäudeausführung				
				Passivhaus	Neubau Lüftungsanlage	Neubau Freie Lüftung	Bestandsmoder- nisierung EFH	Gebäudebestand
Steuerbares ALD	50m ³	0m ³ /h	ohne (50-75Pa)	👍	👍	👍	👍	👍
			5-10kW (4/8Pa)	👍	👍	👍	👍	👍
		250m ³ /h	ohne (50-75Pa)	👎	👎	👉	👉	👍
			5-10kW (4/8Pa)	👎	👎	👎	👎	👎
		500m ³ /h	ohne (50-75Pa)	👎	👎	👎	👎	👎
			5-10kW (4/8Pa)	👎	👎	👎	👎	👎
	250m ³	0m ³ /h	ohne (50-75Pa)	👍	👍	👍	👍	👍
			5-10kW (4/8Pa)	👍	👍	👍	👍	👍
		250m ³ /h	ohne (50-75Pa)	👉	👍	👍	👍	👍
			5-10kW (4/8Pa)	👎	👎	👎	👎	👉
		500m ³ /h	ohne (50-75Pa)	👎	👎	👉	👍	👍
			5-10kW (4/8Pa)	👎	👎	👎	👎	👎
	500m ³	0m ³ /h	ohne (50-75Pa)	👍	👍	👍	👍	👍
			5-10kW (4/8Pa)	👍	👍	👍	👍	👍
		250m ³ /h	ohne (50-75Pa)	👍	👍	👍	👍	👍
			5-10kW (4/8Pa)	👎	👎	👎	👉	👉
		500m ³ /h	ohne (50-75Pa)	👎	👍	👍	👍	👍
			5-10kW (4/8Pa)	👎	👎	👎	👎	👉

👍 - Grenzwerte werden eingehalten, Differenzdruck übersteigt nicht zulässigen Differenzdruck
 👉 - Grenzwerte werden nur teilweise eingehalten, Differenzdruck übersteigt je nach Randbedingung den zulässigen Differenzdruck
 👎 - Grenzwerte werden nicht eingehalten, Differenzdruck übersteigt zulässigen Differenzdruck

5.3.2 Wechselwirkungen mit Zu-/Abluftanlagen

Die Einbindung der Dunstabzugshaube in die Wohnungslüftungsanlage kann aus den folgenden Gründen nicht empfohlen werden:

- Brandschutz: Übertragung von Feuer und Rauch, geltende brandschutztechnische Regelungen beachten
- Hygiene: Fettablagerungen in Luftkanälen
- Auslegung: Wohnungslüftungsanlagen werden üblicherweise für Luftvolumenströme in der Größenordnung von 100 bis 200 m³/h ausgelegt, für Dunstabzugshauben sind Luftvolumenströme bis zu 650 m³/h zulässig und üblich.

Wird die Abluft-Dunstabzugshaube ohne ausreichende Luftnachströmung gleichzeitig mit der Zu-/Abluftanlage betrieben, dann verringert sich wegen des dann nicht balancierten Betriebes der Lüftungsanlage die Wärmerückgewinnung.

6 Energetische Bewertung in Neubau und Gebäudebestand

6.1 Lüftungswärmeverluste im Betrieb

Unter typischen Einsatzbedingungen (Tabelle 31) werden zur Abschätzung der energetischen Auswirkungen des Betriebs einer Abluft-Dunstabzugshaube die resultierenden tagesmittleren Luftvolumenströme bestimmt. Wird die Abluft-Dunstabzugshaube pro Tag eine halbe bis eine ganze Stunde betrieben, ergibt sich gegenüber einer Wohnung ohne Abluft-Dunstabzugshaube eine Erhöhung des Luftvolumenstroms um 2% (große Wohnung mit 500 m³ und kleine Haube mit 250 m³/h sowie 0,5 h/d Betriebsdauer) bis zu 84 % (sehr kleine Wohnung mit 50 m³ und große Haube mit 500 m³/h sowie 1,0 h/d Betriebsdauer).

Tabelle 31: Tagesmittlerer Luftvolumenstrom in Kombination aus Wohnungslüftung und Dunstabzugshaube

Dunstabzugshaube Wohnungslüftung		ohne Haube	Abluft-Dunstabzugshaube			
			250 m ³ /h		500 m ³ /h	
		0 h/d	0,5 h/d	1,0 h/d	0,5 h/d	1,0 h/d
V = 50 m ³ , n = 0,5h ⁻¹ → q _V = 25 m ³ /h	24 h/d	25 m ³ /h	30 m ³ /h	35 m ³ /h	35 m ³ /h	46 m ³ /h
		100 %	120 %	140 %	140 %	184 %
V = 250 m ³ , n = 0,5h ⁻¹ → q _V = 125 m ³ /h	24 h/d	125 m ³ /h	130 m ³ /h	135 m ³ /h	135 m ³ /h	146 m ³ /h
		100 %	104 %	108 %	108 %	117 %
V = 500 m ³ , n = 0,5h ⁻¹ → q _V = 250 m ³ /h	24 h/d	250 m ³ /h	255 m ³ /h	260 m ³ /h	260 m ³ /h	271 m ³ /h
		100 %	102 %	104 %	104 %	108 %

Daraus können überschlägig die Lüftungswärmeverluste ermittelt werden (Tabelle 32). Für die Wohnungslüftung wird zwischen einem Betrieb mit und ohne Wärmerückgewinnung (Rückwärmzahl 80% oder 0%) unterschieden. Die relativen Erhöhungen ohne Wärmerückgewinnung entsprechen, wegen der linearen Zusammenhänge zwischen Luftvolumenströmen und Lüftungswärmeverlusten, dabei den bereits für die Luftvolumenströme beschriebenen Verhältnissen. Bei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung fällt die relative Erhöhung der jährlichen Lüftungswärmeverluste durch den Betrieb der Abluft-Dunstabzugshaube deutlich größer aus.

Absolut erhöhen sich die jährlichen Lüftungswärmeverluste durch den Betrieb einer Abluft-Dunstabzugshaube unabhängig von der Größe der Wohnung und vom Vorhandensein von Wärmerückgewinnung um 156 kWh/a (kleine Haube mit 250 m³/h

sowie 0,5 h/d Betriebsdauer) bis zu 657 kWh/a (große Haube mit 500 m³/h sowie 1,0 h/d Betriebsdauer).

Tabelle 32: Jährliche Lüftungswärmeverluste für tagesmittlere Luftvolumenströme in Kombination aus Wohnungslüftung und Dunstabzugshaube (Randbedingungen: ganzjähriger Betrieb, jahresmittlere Außentemperatur für Potsdam 9,5°C, Raumtemperatur 20°C)

Dunstabzugshaube Wohnungslüftung		ohne Haube	Abluft-Dunstabzugshaube			
			250 m³/h		500 m³/h	
		0 h/d	0,5 h/d	1,0 h/d	0,5 h/d	1,0 h/d
Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung						
V=50 m³, n=0,5h ⁻¹ → q _v = 25 m³/h	24 h/d	782 kWh/a	938 kWh/a	1095 kWh/a	1095 kWh/a	1439 kWh/a
		100 %	120 %	140 %	140 %	184 %
		-	+ 156 kWh/a	+ 313 kWh/a	+ 313 kWh/a	+ 657 kWh/a
V=250 m³, n=0,5h ⁻¹ → q _v = 125 m³/h	24 h/d	3909 kWh/a	4066 kWh/a	4222 kWh/a	4222 kWh/a	4566 kWh/a
		100 %	104 %	108 %	108 %	117 %
		-	+ 157 kWh/a	+ 313 kWh/a	+ 313 kWh/a	+ 657 kWh/a
V=500 m³, n=0,5h ⁻¹ → q _v = 250 m³/h	24 h/d	7818 kWh/a	7975 kWh/a	8131 kWh/a	8131 kWh/a	8475 kWh/a
		100 %	102 %	104 %	104 %	108 %
		-	+ 157 kWh/a	+ 313 kWh/a	+ 313 kWh/a	+ 657 kWh/a
Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung 80%						
V=50 m³, n=0,5h ⁻¹ → q _v = 25 m³/h	24 h/d	156 kWh/a	313 kWh/a	469 kWh/a	469 kWh/a	813 kWh/a
		100 %	200 %	300 %	300 %	520 %
		-	+ 157 kWh/a	+ 313 kWh/a	+ 313 kWh/a	+ 657 kWh/a
V=250 m³, n=0,5h ⁻¹ → q _v = 125 m³/h	24 h/d	782 kWh/a	938 kWh/a	1095 kWh/a	1095 kWh/a	1439 kWh/a
		100 %	120 %	140 %	140 %	184 %
		-	+ 156 kWh/a	+ 313 kWh/a	+ 313 kWh/a	+ 657 kWh/a
V=500 m³, n=0,5h ⁻¹ → q _v = 250 m³/h	24 h/d	1564 kWh/a	1720 kWh/a	1876 kWh/a	1876 kWh/a	2220 kWh/a
		100 %	110 %	120 %	120 %	142 %
		-	+ 156 kWh/a	+ 312 kWh/a	+ 312 kWh/a	+ 656 kWh/a

6.2 Verbrauchsgebundene Kosten Lüftungswärme

In Abhängigkeit vom eingesetzten Energieträger können aus den jährlichen Lüftungswärmeverlusten die jährlichen verbrauchsgebundenen Kosten (umgangssprachlich Heizkosten genannt) zur Deckung der Lüftungswärmeverluste abgeschätzt werden. Beispielhaft für den Energieträger Erdgas unter der Annahme von spezifischen Energiekosten von 7€/t./kWh zeigt

Tabelle 33 diese Kosten. Dabei ist zu beachten, dass es sich um anteilige Heizkosten (ohne Deckung der Transmissionswärmeverluste und ohne Beachtung zusätzlicher

Lüftung durch Fugen und Fensteröffnen) handelt. Unberücksichtigt bleibt außerdem der Strombedarf für die Wohnungslüftung und Dunstabzugshaube.

Absolut erhöhen sich durch den Betrieb einer Abluft-Dunstabzugshaube die verbrauchsgebundenen Kosten für die Lüftungswärme unabhängig von der Größe der Wohnung und vom Vorhandensein von Wärmerückgewinnung um 11 €/a (kleine Haube mit 250 m³/h sowie 0,5 h/d Betriebsdauer) bis zu 46 €/a (große Haube mit 500 m³/h sowie 1,0 h/d Betriebsdauer).

Tabelle 33: Jährliche verbrauchsgebundene Kosten Lüftungswärme für tagesmittlere Luftvolumenströme in Kombination aus Wohnungslüftung und Dunstabzugshaube (Randbedingungen: ganzjähriger Betrieb, jahresmittlere Außentemperatur für Potsdam 9,5°C, Raumtemperatur 20°C, spezifische Energiekosten 7 €/kWh für Erdgas)

Dunstabzugshaube Wohnungslüftung		ohne Haube	Abluft-Dunstabzugshaube			
			250 m³/h		500 m³/h	
		0 h/d	0,5 h/d	1,0 h/d	0,5 h/d	1,0 h/d
Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung						
V=50 m³, n=0,5h ⁻¹ → q _v = 25 m³/h	24 h/d	55 €/a	66 €/a	77 €/a	77 €/a	101 €/a
			+ 11 €/a	+ 22 €/a	+ 22 €/a	+ 46 €/a
V=250 m³, n=0,5h ⁻¹ → q _v = 125 m³/h	24 h/d	274 €/a	285 €/a	296 €/a	296 €/a	320 €/a
			+ 11 €/a	+ 22 €/a	+ 22 €/a	+ 46 €/a
V=500 m³, n=0,5h ⁻¹ → q _v = 250 m³/h	24 h/d	547 €/a	558 €/a	569 €/a	569 €/a	593 €/a
			+ 11 €/a	+ 22 €/a	+ 22 €/a	+ 46 €/a
Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung 80%						
V=50 m³, n=0,5h ⁻¹ → q _v = 25 m³/h	24 h/d	11 €/a	22 €/a	33 €/a	33 €/a	57 €/a
			+ 11 €/a	+ 22 €/a	+ 22 €/a	+ 46 €/a
V=250 m³, n=0,5h ⁻¹ → q _v = 125 m³/h	24 h/d	55 €/a	66 €/a	77 €/a	77 €/a	101 €/a
			+ 11 €/a	+ 22 €/a	+ 22 €/a	+ 46 €/a
V=500 m³, n=0,5h ⁻¹ → q _v = 250 m³/h	24 h/d	109 €/a	120 €/a	131 €/a	131 €/a	155 €/a
			+ 11 €/a	+ 22 €/a	+ 22 €/a	+ 46 €/a

6.3 Ungewollter Luftaustausch außerhalb des Betriebs

Undichte Abschlüsse in der Abluftöffnung von Abluft-Dunstabzugshauben verursachen einen zusätzlichen Luftaustausch außerhalb des Betriebs. Hier wird davon ausgegangen, dass ein Mauerkasten mit Rückschlagklappe verwendet wird. Dichtheitsuntersuchungen an Rückschlagklappen lassen erwarten, dass diese im praktischen Betrieb nur ungenügend dicht schließen. In Kombination mit Abluft-Dunstabzugshauben und den damit verbundenen zusätzlichen Druckverlusten, verringern sich jedoch der Infiltrationsluftstrom und damit der energetische Einfluss etwas.

Abschätzung zur Infiltration – Abluftöffnung mit Rückschlagklappe:

- Berechnung der Infiltration in Anlehnung an DIN 1946-6 durch eine Abluftöffnung mit Rückstauklappe mit mäßiger Luftdichtheit (marktübliches Produkt). Differenzdruck 5 Pa (windschwache Lage). Um den zusätzlichen Luftwiderstand durch die Dunstabzugshaube Rechnung zu tragen, wurde der resultierende Luftstrom durch die Rückschlagklappe um 2/3 reduziert.

Eine weitere Ursache für zusätzliche Wärmeverluste ergibt sich durch die erforderliche Luftnachströmung bei aktuell luftdichten Bauweisen. Eine gebräuchliche Lösung bei Abluft-Dunstabzugshauben ist die Nachströmung über ein geöffnetes Fenster. Ein Fenster-Kontaktschalter stellt zudem sicher, dass das Abluft-Dunstabzugssystem nur eingeschaltet werden kann, wenn das Fenster zuvor geöffnet wurde. Jedoch wird das Fenster in der Regel etwas länger geöffnet bleiben, als es für die Nachströmung während dem Betrieb der Dunstabzugshaube erforderlich wäre. Schließlich muss es durch die Nutzer geöffnet und auch wieder geschlossen werden. Zur Abschätzung wird angenommen, dass das Fenster durchschnittlich 30 Minuten „zu lange“ geöffnet wird.

Abschätzung zur Infiltration - Längere Öffnungsdauer des Fensters:

- Annahme: zusätzliche Öffnungsdauer 30 min, mittlere Außentemperatur 5 °C, Fenstergröße 1,2 m x 1,4 m (B x H), mittlerer Luftstrom 60 m³/h bei gekipptem Fenster (Abschätzung des Luftstroms mit [PHPP]).
- Abschätzung zu mittlerem Infiltrationsluftstrom $60 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,5\text{h}/24\text{h} = 1,25 \text{ m}^3/\text{h}$ (während der Heizperiode).

6.4 Wärmebrückeneffekte

Wärmebrücken erhöhen im Allgemeinen den Transmissionswärmeverlust. Durch linien- oder punktbezogene Wärmedurchgangskoeffizienten können diese Wärmeverluste ausgedrückt werden (siehe [DIN EN ISO 10211]). Für die Durchführung von Zuluftdurchlässen ist die Verwendung des punktbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten zweckmäßig. Anhand der Differenz der Wärmeströme mit und ohne Wärmebrücke, die auf den Temperaturunterschied zwischen der Raumluft und der Außenluft bezogen wird, erfolgt die Berechnung des punktbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten.

$$\chi = \frac{\Phi_T - \Phi_{T,oWB}}{\theta_i - \theta_e}$$

mit

χ	punktförmiger Wärmedurchgangskoeffizient
Φ_T	Transmissionswärmestrom mit Wärmebrücke
$\Phi_{T,oWB}$	Transmissionswärmestrom ohne Wärmebrücke
θ_i	Innentemperatur
θ_e	Außentemperatur

Ist der auf der Innenseite eintretende Wärmestrom mit dem auf der Außenseite austretenden Wärmestrom zahlenmäßig identisch, dann handelt es sich um eine „klassische“ Wärmebrücke. Ein erhöhter Wärmeverlust zeigt sich bei einer „klassischen“ Wärmebrücke durch eine Temperaturniedrigung auf der Innenseite (→ Erhöhung der Temperaturdifferenz Raumluft – Innenwandoberfläche → Vergrößerung des in die Wand eintretenden Wärmestromes) bei gleichzeitig erhöhter Wandtemperatur auf der Außenseite (→ Erhöhung der Temperaturdifferenz zwischen Außenwandoberfläche und Außenluft → Vergrößerung des aus der Wand austretenden Wärmestromes).

In diesem Sinne ist die Durchführung von Zuluftdurchlässen keine „klassische“ Wärmebrücke. Zwar ist der Wärmeeintrag auf der Innenoberfläche aufgrund der erniedrigten Innenwandoberflächentemperaturen größer als im ungestörten Wandbereich, jedoch ist der Wärmeverlust auf der Außenoberfläche wegen der ebenfalls verringerten Außenwandoberflächentemperaturen kleiner als im ungestörten Bereich. Die Differenz zwischen dem auf der Innenseite eintretenden und auf der Außenseite

austretenden Wärmestrom wird von der Zuluft aufgenommen und in den Raum zurücktransportiert. Allerdings ist der Wärmerückgewinnungs- bzw. Zulufterwärmungseffekt äußerst gering.

In unmittelbarer Nähe der Luftdurchführung können die schimmelpilzkritischen Temperaturen der DIN 4108-2 bzw. der zugehörige Temperaturfaktor deutlich unterschritten werden. Eine erhöhte Gefahr der Schimmelpilzbildung im unmittelbaren Bereich der Luftdurchführung ist möglich. Ebenfalls nicht ausgeschlossen werden kann eine zeitlich und örtlich begrenzte Entstehung von Tauwasser. Eine gute und einfache Abhilfemöglichkeit besteht in einer (moderaten) Wärmedämmung.

Entscheidend hinsichtlich des Wärmebrückenverlustes ist die Gesamtbilanz der Wärmeströme. Hierbei sind die auf der Außenoberfläche aus der Konstruktion austretenden Wärmeströme maßgebend. Die so ermittelten punktbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten sind nicht positiv, so dass in den berechneten Fällen durch die Zuluftführung keine erhöhten Gesamtwärmeverluste auftreten. Ursächlich hierfür ist der bei mit der Durchströmung verbundene Wärmerückgewinnungseffekt.

6.5 Besonderheiten für energieeffiziente Gebäude

Durch umfassende Energieeffizienz-Maßnahmen kann der Heizenergieverbrauch von Gebäuden auf sehr geringe Werte reduziert werden. Feldmessungen in Passivhäusern belegen durchschnittliche Heizwärmeverbrauchswerte von lediglich 15 kWh je m² Wohnfläche im Jahr auf (vgl. [Feist et al. 2000], [Schnieders et al. 2001], [Reiß/Erhorn 2003]). Aber auch KfW-Effizienzhäusern weisen gegenüber Bestandsgebäuden (abhängig vom konkreten Energiekonzept) nur noch geringe Energieverbräuche auf. Vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele und der erheblichen Anstrengungen im Gebäudesektor den Energieverbrauch zu reduzieren, stellt sich die Frage, ob denn Dunstabzugshauben den Wärmebedarf relevant beeinflussen.

Die folgenden Einflüsse auf den Wärmebedarf werden zu diesem Zweck nun nochmals gemeinsam betrachtet.

- Wärmeverlust bei Betrieb einer Abluft-Dunstabzugshaube
- Ungewollter Luftaustausch außerhalb des Betriebs / Infiltrationsverlust bei Abluft-Dunstabzugshaube. Hierbei werden Infiltrationsverluste durch eine Abluftöffnung mit Rückstauklappe und marktüblicher Dichtheit (Durchmesser

150 mm) und das längere Öffnen eines Fensters zur Gewährleistung der Nachströmung berücksichtigt (vgl. Abschnitt 6.3).

- Transmissionswärmeverlust durch Rückstauklappe in Abluft-Mauerkasten. Es wurde eine ungedämmte Klappe angenommen (Durchmesser 150 mm).

Außerdem werden folgende Nutzungsvarianten unterschieden:

- Nutzungsdauer 0,5 Stunden bzw. 1 Stunde pro Tag

(Nutzungsdauern von 1h/Tag sind erst bei intensivem Gebrauch der Abluft-Dunstabzugshauben zu erwarten.)

- Luftstufe 250m³/h bzw. 500m³/h

(Stufe 1 von Dunstabzugshauben entspricht etwa einem Luftstrom von 250m³/h und Stufe 3 etwa 500 m³/h)

In Tabelle 34 sind die Ergebnisse zum Wärmeverlust dargestellt. Demnach summiert sich der durch eine Abluft-Dunstabzugshaube verursachte zusätzliche Wärmeverlust auf 450 bis rund 900 kWh/a. Überraschend stellt der Infiltrationsverlust einen maßgeblichen Beitrag unter den betrachteten Bedingungen. In der Berechnung wurden marktübliche Produkte mit Rückschlagklappe berücksichtigt, neuere, durchdachte Produkte lassen deutlich geringere Infiltrationsverluste erwarten. (Würden hingegen dichtschießende Abschlüsse verwendet, würde der Gesamtwärmeverlust abhängig von der Nutzungsvariante zw. 275 kWh/a und 750kWh/a betragen.)

Der große Einfluss der Infiltration legt nahe, dass eine Kennzeichnung der Verschlussklappen in Abluftöffnungen (und ggf. auch in Nachströmöffnungen) von Dunstabzugshauben bzgl. der Luftdichtheit dringend angeraten ist (aktuell gibt es keine Anforderungen zur Dichtheit dieser Produkte).

Tabelle 34: Wärmeverluste in der Heizperiode durch den Betrieb einer Abluft- Dunstabzugshaube

Nutzungs- dauer	Luftstrom	Wärmeverlust Abluftstrom	Infiltrationsverlust Außenklappe / Fenster	WB-Verlust Außenklappe	Summe Wärmeverlust
[h/d]	[m³/h]	[kWh/a]			[kWh/a]
0.5	250	158	276	13	447
0.5	500	316	276	13	605
1	250	316	271	12	599
1	500	632	271	12	915

Annahme: Klimadaten Potsdam: ganzjähriger Betrieb, jahresmittlere Außentemperatur für Potsdam 9,5°C , Raumtemperatur 20°C

Berechnung der Infiltration in Anlehnung an DIN 1946-6 durch eine Abluftöffnung mit Rückstauklappe mit mäßiger Luftdichtheit (marktübliches Produkt). Differenzdruck 5 Pa (windschwache Lage)

- Transmissionswärmeverlust durch eine Abluftöffnung mit ungedämmter Rückstauklappe..

Etwas anschaulicher sind spezifische auf die Gebäudefläche bezogene Kennwerte zum Wärmeverlust. Um auch den Einfluss der Wohnungsgröße zu beleuchten, wurden die Wärmeverluste auf typische Wohnungsgrößen bezogen (in Anlehnung an Wohnungsgrößenklassen nach [DeStatis 2016]).

Die spezifischen zusätzlichen Wärmeverluste liegen demnach bei den betrachteten Wohnungsgröße zwischen 3 und 23 kWh/(m²a) (vgl. Tabelle 35). Bei nahezu der Hälfte aller Wohneinheiten in Deutschland handelt es sich um eher kleinere Wohnungen. Werden nur die kleineren beiden Wohnungsgrößenklassen betrachtet, beträgt der zu erwartende Wärmeverlust zwischen 7 und 23 kWh/(m²a)). D.h. alleine der durch das Abluft-Dunstabzugssystem verursachte Wärmeverlust hat die Größenordnung des Heizwärmebedarfs von energieeffizienten Gebäuden (wie z.B. Passivhäusern mit max.15 kWh/(m²a) oder eines KfW-Effizienzhaus-40 von ungefähr 30 bis 45 kWh/(m²a)).

Die Untersuchungen zeigen, dass der energetische Einfluss von Abluft-Dunstabzugssystemen insbesondere bei kleinen Wohnungen in Gebäuden mit sehr geringem Heizwärmebedarf maßgeblich werden kann.

Tabelle 35: Zusätzlicher spezifischer Heizwärmebedarf in Abhängigkeit der Wohnungsgröße und der Nutzungsdauer der Abluft-Dunstabzugshaube (Bezug auf Wohnfläche)

Anteil der Wohnungsgröße in D	4.3%	41.3%	30.0%	18%	7%
mittlere Wohnungsgröße der Wohnungsklasse [m ²]	40	59.5	99.5	139.5	160
zusätzlicher Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]					
Nutzung: 0.5 h/d mit 250 m ³ /h	11.2	7.5	4.5	3.2	2.8
Nutzung: 0.5 h/d mit 500 m ³ /h	15.1	10.2	6.1	4.3	3.8
Nutzung: 1 h/d mit 250 m ³ /h	15.0	10.1	6.0	4.3	3.7
Nutzung: 1 h/d mit 500 m ³ /h	22.9	15.4	9.2	6.6	5.7

Empfehlungen für Gebäude mit sehr geringem Heizwärmebedarf (wie z.B. Passivhaus und Effizienzhaus 40)

- Umluft-Dunstabzugssysteme sind zu bevorzugen.
- Abluft-Dunstabzugssysteme sind möglich. Die folgenden Punkte müssen beachtet werden:
 - Lösungen für eine Nachströmung sind vorzusehen. Die Abluftöffnung bzw. Nachströmöffnung muss mit dichtschießenden Abschlüsse versehen werden. Rückschlagklappen sind in der Regel nicht ausreichend.
 - Komfort-Beeinträchtigungen sind nicht auszuschließen. Anzustreben sind Lösungen, die eine Einbringung der nachströmenden Außenluft in direkter Nähe zum Kochfeld ermöglichen.
 - Es sollten Systeme verwendet werden, die die Laufzeit begrenzen und den max. Förderstrom nach einem Zeitintervall zurücksetzen (Automatik, vgl. auch [Bruns 2018]).
 - Es sind Systeme zu bevorzugen, die mit moderaten Abluftvolumenströmen eine ausreichende Erfassung sicherstellen. Wie die Untersuchungen in Abschnitt 3.2.3 zeigen, bestehen zwischen den einzelnen Produkten erhebliche Unterschiede. Die erforderlichen Luftströme zur Erfassung einer definierten Wrasenmenge unterschieden sich bei den untersuchten Systemen um bis zu 60%.
 - In kleinen Wohnungen erhöht der zusätzliche Lüftungswärmeverlust den Heizwärmebedarf und auch die Heizlast signifikant. Abluft-

Dunstabzugssysteme sollten daher nicht verwendet werden, wenn die mittlere Wohnungsgröße weniger als 90 m² beträgt.

6.6 Systemabhängige Kosten und Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeitsrechnungen verfolgen das Ziel, Aussagen zur Vorteilhaftigkeit alternativer Investitionen zu machen. Bei Dunstabzugshauben sind im Wesentlichen zwei Ansätze, die Raumlufbelastungen durch Kochprozesse zu reduzieren, zu unterscheiden:

- Abluft-Dunstabzugshauben
- Umluft-Dunstabzugshauben

Eine Lebenszyklusbetrachtung mittels der Annuitätenmethode soll im Folgenden Aufschluss geben, welcher Lösungsansatz aus ökonomischer Sicht zu bevorzugen ist. Bei dieser dynamischen Bewertungsmethode wird der Kapitalwert so umgelegt, dass die Einzelbeiträge über den Lebenszyklus konstant sind. Das Verfahren wird z.B. in der VDI 2067 beschrieben.

Rentabel sind Investitionen, wenn die damit verbundenen jährlichen Gesamtkosten aus Investitions-, Wartungs- und Energiekosten (sowie eingesparter Heizenergiekosten) geringer sind als die der alternativen Maßnahme.

In die Gesamtkostenbetrachtung gehen die folgenden Parameter ein:

- Investitionskosten der Maßnahme (Kosten der eingebauten Abluft- bzw. Umluft-Dunstabzugshaube inkl. der ggf. erforderlichen Luftleitungen und Montagearbeiten)
- Wartungskosten (bei der Umluftvariante: Kosten der Aktivkohle-Filter)
- Energiekosten (Strombedarf zum Betrieb der Systeme und zusätzlicher Heizenergiebedarf zur Deckung der durch die Abluft-Lösung verursachten zusätzlichen Wärmeverluste).
- Nutzung der Dunstabzugshaube. Es werden zwei Nutzungsvarianten betrachtet: Nutzungsdauer 0,5 Stunden bzw. 1 Stunde pro Tag.
- Ökonomische Randbedingungen: mittlere Energiepreise im Betrachtungszeitraum, Darlehenszins und Nutzungsdauer.

Zu den unsicheren Randbedingungen bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen gehört die Energiepreisentwicklung. Wenig umstritten ist, dass die Energiepreise steigen werden. Für die weiteren Berechnungen wird eine moderate Energiepreissteigerung angenommen.

Tabelle 36: Ökonomische Randbedingungen

Nutzungsdauer der Dunstabzugshaube:	15 Jahre
Darlehenszins / Annuitätsfaktor	2,5 % (Realzins) / 8,08 %
Mittlere Energiekosten im Betrachtungszeitraum (2018 bis 2033)	Wärmepreis: 9,0 Cent/kWh Strompreis: 28 Cent/kWh

Bei Umluft-Dunstabzugshauben sind zusätzlich Wartungskosten zu berücksichtigen. Es wurde ein jährlicher Wechsel des Aktivkohlefilters zu 75 Euro angenommen.

Tabelle 37: Investitionskosten der betrachteten Dunstabzugssysteme

Bei den Kostenangaben handelt es sich um exemplarische Kosten, die abhängig vom Haubensystem und den baulichen Gegebenheiten deutlich davon abweichen können.

	Abluft-Dunstabzugs- haube	Umluft-Dunstabzugs- haube
Investitionskosten	[Euro]	[Euro]
Dunstabzugssystem (inkl. Montage)	600	600
Umluftfilter-Modul		150
Abluftkanalsystem (inkl. Montage)	100	0
Funk Fensterkontaktschalter	250	0
Mauerkasten Abluft	120	0
Kernlochbohrung	120	0
Summe	1.190 €	600 €

Die resultierenden Lebenszykluskosten als jährlich anfallende Kosten der betrachteten Systemvarianten zeigt Tabelle 38. Demnach liegen die Kosten der Varianten in vergleichbarer Größenordnung. Das Umluft-Dunstabzugssystem schneidet bei längerer Nutzungszeit etwas besser ab.

Wie bereits im Abschnitt zuvor deutlich wurde, spielt bei den Abluft-Dunstabzugssystemen die Infiltration durch den Abluft-Mauerkasten eine erhebliche Rolle bzgl. der zusätzlichen Wärmeverluste. Würden anstatt der gängigen Rückschlagklappen dichtschießende Abschlüsse verwendet, würden sich für die Abluft- und Umluftvariante nahezu gleiche jährliche Gesamtkosten einstellen. Am Markt sind einzelne Produkte verfügbar, die eine gute Luftdichtheit erwarten lassen.

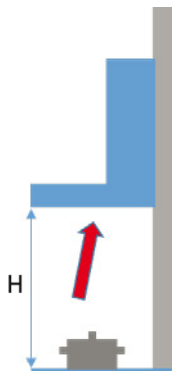
Werden die Dunstabzugshauben hingegen mit höheren Luftströmen betrieben, wäre der ökonomische Vorteil der Umluft-Dunstabzugssysteme noch etwas größer.

Tabelle 38: Nutzungsbedingungen und jährliche Gesamtkosten der betrachteten Systemvarianten

	Abluft- DAH	Umluft- DAH	Abluft- DAH	Umluft- DAH
Nutzungszeit je Tag [h/d]	0,5	0,5	1	1
Nutzungstage [d/Woche]	7	7	7	7
Nutzungsstunden im Jahr [h/a]	183	183	365	365
Luftstrom bei Betrieb [m³/h]	250	250	250	250
Elektr. Leistungsaufnahme [W]	100	100	100	100
Lüftungswärmeverlust [kWh/a]	158	0	316	0
Infiltrationswärmeverlust [kWh/a]	276	0	271	0
WB-Wärmeverlust [kWh/a]	13	0	12	0
Summe Wärmeverlust [kWh/a]	447	0	599	0
jährlicher Kapitaldienst (Investition) [Euro/a]	96	61	96	61
jährliche Energiekosten [Euro/a]	45	5	64	10
jährliche Wartungskosten [Euro/a]	0	75	0	75
Summe jährliche Kosten [Euro]	141	141	160	146

6.7 Empfehlungen für Planung, Ausführung und Betrieb

Positionierung der Haube



- Die Unterkante der Haube wird üblicherweise mit einem Abstand H von 50 – 60 cm (65 cm in Kombination mit Gaskochfeld) zur Oberkante des Kochfeldes montiert. Größere Abstände sollten vermieden werden, da diese den erforderlichen Abluftvolumenstrom erhöhen. Bereits eine um 20 cm höhere Anordnung der Dunstabzugshaube kann den erforderlichen Erfassungsvolumenstrom um 20 % erhöhen. (vgl Parameterstudie Abschnitt 3.1.1.3).
- An der Wand montierte Hauben sind nach Möglichkeit den Inselhauben vorzuziehen, da die Wrasenerfassung stabiler und effektiver ist. Bei gleicher Erfassung kann der Volumenstrom von Hauben, die an einer Wand montiert sind, um ca. 40% geringer gewählt werden (vgl Parameterstudie Abschnitt 3.1.1.3).
- Ein Abstand zu angrenzenden Möbeln entsprechend Herstellervorgaben wird empfohlen, um Feuchteschäden an angrenzendem Mobiliar vorzubeugen.
- Insel- bzw. Wandhauben sind nach Möglichkeit Kochfeldabsaugungen vorzuziehen, da die Wrasenerfassung oberhalb der Kochstelle deutlich stabiler ist.

Dimensionierung der Luftleistung

Üblicherweise wird die Luftmenge für die Dunstabzugshaube entsprechend der Grundfläche der Küche dimensioniert bzw. entsprechend dem Raumvolumen und dem daraus resultierenden Luftwechsel vgl. Abbildung 66 (Quelle AMK-MB-008). Bei größeren Küchen mit großzügigem Essbereich oder offenen Küchen führt das Verfahren zwangsläufig zu sehr hohen Volumenströmen, da es sich an der Geruchsreduzierung im Raum orientiert, wobei angenommen wird, dass durchs Kochen Geruchsstoffe in den Raum gelangen.

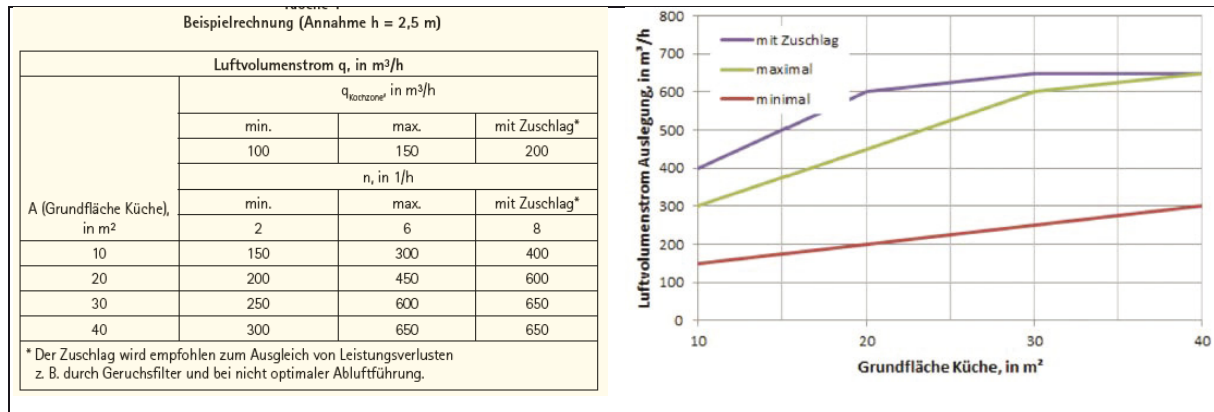


Abbildung 66: Ermittlung des Luftvolumenstroms von Dunstabzugshauben nach [AMK]

Ziel ist jedoch eine gute Erfassung des Kochwrasens um eine Ausbreitung der Geruchsstoffe in den Raum weitestgehend zu minimieren. Die Wrasenerfassung ist von der Grundfläche der Küche weitestgehend unabhängig. Der erforderliche Volumenstrom für eine gute Wrasenerfassung wird vielmehr von der Positionierung der Dunstabzugshaube im Raum sowie der Bauform der Dunstabzugshaube bestimmt.

Überschlägige Berechnungen in Anlehnung an die [VDI 2052] (vgl. Parameterstudie Abschnitt 3.1.1.3) zeigen, dass der tatsächlich erforderliche Erfassungsvolumenstrom für Haubensysteme mit einer guten Erfassung deutlich geringer ausfallen kann als in Abbildung 66 beschrieben. Die Erfassung wird hier vor allem von der Anordnung der Haube im Raum und der sensiblen Wärmeabgabe des Kochfeldes beeinflusst.

Hinweise für den Umluftbetrieb

Zusätzlich erforderlicher hygienischer Luftwechsel	Im Umluftbetrieb werden keine Feuchtelasten abgeführt. Zur Vorbeugung von Feuchteschäden wird ein Grundluftwechsel in der Küche von $\geq 0,5/h$ empfohlen, welcher mit einem dauerhaften Abluftvolumenstrom von $45 \text{ m}^3/h$ [DIN 1946-6] erreicht wird.
Besonderheiten Kochfeldabsaugung	• Bei der Kochfeldabsaugung wird der Wrasen systembedingt nach unten abgesaugt und in den Sockelbereich des Unterschranks geführt. • Zur Vorbeugung von Feuchteschäden wird empfohlen, die Umluft im Kanal aus dem Sockelbereich herauszuführen. Die Umluftauslässe (Gitter) dürfen nicht verbaut oder zugestellt werden.
Nachlaufzeit	Eine kurze Nachlaufzeit von 5 – 10 Minuten zur Trocknung des Haubensystems (vor allem des Aktivkohlefilters) wird generell empfohlen. Für Kochfeldabsaugungen wird eine Nachlaufzeit von 15 – 20 Minuten empfohlen.
Druckverluste und Geräuschemission	Umluftfilter stellen einen großen Strömungswiderstand dar und führen daher zu einem erhöhten Druckverlust. Dadurch kann der am Kochfeld wirksame Luftvolumenstrom reduziert werden und die Geräuschemission zunehmen. <i>Bei hohen Druckverlusten werden ausgewiesene Volumenströme nicht erreicht.</i>
Wartung	Um die Funktion der Umluftfilter zu gewährleisten, müssen sie in regelmäßigen Abständen regeneriert bzw. getauscht werden.

Hinweise für den Abluftbetrieb

Nachströmung	Ausreichende Luftnachströmung muss sichergestellt werden, da sonst ein unzulässiger Unterdruck in der Küche entstehen kann. Die Luftnachströmung kann realisiert werden durch: • Geöffnetes Fenster (manuell geöffnet oder automatisch per Fensterkontakt gekoppelt an Dunstabzugshaube) • Steuerbare Außenluftdurchlässe (sALD) • Zuluftmauerkasten • Abluft-Zuluft-Mauerkasten Luftnachströmung aus benachbarten Räumen sollte zur Vermeidung von Geruchsübertragungen vermieden werden (z.B. Luft aus Bad/WC).
Kanallänge und Druckverluste	Der Strömungsquerschnitt und die Länge des Kanals haben Einfluss auf die Druckverluste und damit auf den wirksamen Luftvolumenstrom. <i>Bei hohen Druckverlusten werden ausgewiesene Volumenströme nicht erreicht.</i> Folgende Punkte sind zu beachten: • Verbau eines 150er Querschnitts (ø150mm oder gleichwertiger Rechteckquerschnitt) • Kanallänge möglichst kurz mit weniger Richtungsänderungen • Mauerkasten/Außenluftdurchlässe mit einem großen freien Strömungsquerschnitt
Mauerkästen/Außenluftdurchlässe	Mauerkasten/Außenluftdurchlässe sollten bei nicht-aktivem Betrieb der Dunstabzugshaube möglichst dicht schließen und zu keinem Leckage-Volumenstrom führen. Des Weiteren ist eine zusätzliche Isolierung vorteilhaft.
Gemeinsamer Betrieb mit Feuerstätten	Der gemeinsame Betrieb einer Abluft-Dunstabzugshaube und einer Feuerstätte (insbesondere raumluftabhängig) ist sicherheitsrelevant, da es durch einen unzulässig hohen

	Unterdruck im Aufstellraum der Feuerstätte zu einem Austritt von Rauchgasen in den Raum kommen kann. DIN 1946-6 Bbl.3 und Bbl.4 fordert für den gemeinsamen Betrieb von Lüftungsanlagen bzw. Abluft-Dunstabzugshauben mit raumluftabhängigen Feuerstätten einen maximal zulässigen Unterdruck von 4 Pa und den Einbau geeigneter Sicherheitseinrichtungen: • Sicherstellung eines ausschließlich wechselseitigen Betriebs • Gemeinsamer Betrieb mit Differenzdrucküberwachung oder Positionsüberwachung der Zuluftöffnung Grundsätzlich ist – insbesondere in modernen, hochdichten Gebäuden - der Einsatz von raumluftunabhängigen Feuerstätten zu empfehlen, die über eine separate Verbrennungsluftversorgung verfügen und deshalb weniger empfindlich für Unterdrücke im Raum sind (maximal 8 Pa Unterdruck zulässig).
Gemeinsamer Betrieb mit Lüftungsanlagen	Die Einbindung der Dunstabzugshaube in die Wohnungslüftungsanlage kann aus den folgenden Gründen nicht empfohlen werden: • Brandschutz: mögliche Übertragung von Feuer und Rauch, geltende brandschutztechnische Regelungen sind zu beachten • Hygiene: Fettablagerungen in Luftkanälen • Auslegung: Wohnungslüftungsanlagen werden üblicherweise für Luftvolumenströme in der Größenordnung von 100 bis 200 m³/h ausgelegt, für Dunstabzugshauben sind Luftvolumenströme bis zu 650 m³/h zulässig und üblich. • Wird die Abluft-Dunstabzugshaube ohne Luftnachströmung gleichzeitig mit der Zu-

	/Abluftanlage betrieben, dann verschlechtert sich die Wärmerückgewinnung.
--	---

7 Zusammenfassung

Technische Entwicklungen im Gebäudebereich werden in jüngerer Vergangenheit maßgeblich durch höhere Komfortansprüche und Anforderungen an die Energieeffizienz bestimmt. Vor diesem Hintergrund besteht die Zielsetzung des Forschungsvorhabens darin, die Wechselwirkung von Dunstabzugshaussystemen in Wohnküchen mit dem Gebäude sowie ebenfalls die Bewertung von Dunstabzugssystemen umfassend zu beleuchten.

Die folgenden Abschnitte stellen die wesentlichen Erkenntnisse des Vorhabens zusammen:

Normative und gesetzliche Rahmenbedingungen

Bei der Vielzahl an normativen und gesetzlichen Rahmenbedingungen gelingt es den Akteuren, wie z.B. Küchenplanern, kaum die wesentlichen Anforderungen zu identifizieren. Aktuell besteht u.a. eine Unsicherheit darin, welche normativen und gesetzlichen Anforderungen bei energieeffizienten Gebäuden gelten. Im Rahmen des Vorhabens wurde daher eine Übersicht zu wesentlichen normativen, gesetzlichen und weiteren Rahmenbedingungen für die Verwendung von Dunstabzugshauben erstellt.

Technische Bewertung von Dunstabzugshauben

Die technische Bewertung von Dunstabzugshauben stellt eine weitere zentrale Fragestellung der Studie dar. Die aktuellen Bewertungsverfahren und normativen Grundlagen wurden hierzu kritisch überprüft. Dabei sollte insbesondere untersucht werden, ob praxisnahe Bedingungen zu abweichenden Ergebnissen führen.

Bewertung der Erfassung von Abluft-Dunstabzugshauben

Bisher sind hierzu keine standardisierten Verfahren verfügbar. Simulationsrechnungen deuten darauf hin, dass der in der Prüfnorm DIN EN 61591 beschriebene Geruchsminderungsgrad für eine Bewertung nicht geeignet ist.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden zwei Bewertungsverfahren erprobt.

- Bei einem der angewendeten Verfahren wurde der Prüfaufbau zur Messung der Geruchsminderung modifiziert. Mit Hilfe der MEK-Konzentration in der Abluft

lässt sich der Erfassungsgrad auswerten. Im Rahmen der Messunsicherheit führte der modifizierte Prüfaufbau zu plausiblen Ergebnissen.

- Ferner wurde ein optisches Verfahren zur Bewertung der Erfassung angewendet. Hier wurde bestimmt, welcher Abluftstrom mindestens erforderlich ist, um eine definierte Wrasenfreisetzung zu erfassen. Die Untersuchung deutet auf erhebliche Unterschiede zw. den bewerteten Dunstabzugshauben hin (die ermittelten Mindestluftströme unterschieden sich um 60%). Außerdem konnte der Einfluss der Montagehöhe einer Wandhaube sowie der Einfluss der Topfhöhe bei Kochfeldabsaugungen veranschaulicht werden.

Bewertung des Einflusses auf Mobiliar

Bei Umluft-Dunstabzugshauben werden im Gegensatz zu Abluft-Dunstabzugshauben keine Feuchtelasten abgeführt, was dazu führt, dass die relative Feuchtigkeit im Raum während des Kochvorgangs zunimmt und Wandschränke, gerade diese in unmittelbarer Umgebung der Dunstabzugshaube, mit verstärkter Feuchtigkeitseinwirkung durch temporären Wasserdampf und/ oder Kondensat konfrontiert werden können. Den Effekt, den diese Einwirkung auf das Mobiliar hat, wurde im Bericht am Beispiel von Geschirrspülmaschinen erläutert.

Für Dunstabzugshauben und die angrenzenden Möbel konnten auf Grund der verfügbaren Datenlage keine Empfehlungen abgeleitet werden. Es wird daher auf die Herstellerangaben bezüglich der Mindestabstände zum Mobiliar verwiesen.

Druckverluste der Dunstabzugssysteme

In DIN EN 61591 sind unterschiedliche Druckverluste in Abhängigkeit des Rohrquerschnittes hinterlegt. Diese dienen der Spezifikation des theoretischen Arbeitspunktes von Abluftsystemen. Die Annahmen der Druckverluste wurden mit einer praxisnahen Verbausituation verglichen und neue Vorschläge mit höheren Werten formuliert.

Elektrische Leistungsaufnahme der Dunstabzugssysteme

Umluftsysteme müssen bisher nach [65/2014] nicht angezeigt werden, dabei ist die elektr. Leistungsaufnahme dieser Systeme in der Regel höher als in der Abluft-

Ausführung. Auch für Umluft-Dunstabzugssysteme sollte eine Kennzeichnungspflicht bestehen.

Wie exemplarische Untersuchungen an Abluft-Dunstabzugssystemen zeigen, werden bedeutende Unterschiede in der elektrischen Leistungsaufnahme mit der Kenngröße fluiddynamische Effizienz FDE nicht abgebildet. Effizientere EC-Gebläse, welche insbesondere im Teillastbetrieb Vorteile haben, werden mit der Kenngröße nicht adäquat bewertet. Durch breiteren Einsatz effizienter EC-Gebläse und strömungstechnisch optimierter Dunstabzugssysteme sind deutliche Einsparungen beim Strombedarf zu erwarten.

Bewertung nach EcoDesign

- Der Fettabscheidegrad GFE ist der Anteil an Fett, der von den Filtern einer Dunstabzugshaube aufgenommen wird. Die Betrachtung geht davon aus, dass von dem Abzugssystem 100% des Wrasens erfasst wird. Der Anteil an Wrasen, der möglicherweise von der Dunstabzugshaube gar nicht erfasst wird, wird nicht berücksichtigt.
- Die Fluiddynamische Effizienz FDE spiegelt das Verhältnis aus gefördertem Volumen und realisiertem Druckunterschied zur elektrischen Leistungsaufnahme im „Bestpunkt“ des Ventilators wieder. Ziel ist die Bewertung der Ventilatoren hinsichtlich ihrer Effizienz. Die Angaben zum FDE erlauben nur bedingt Rückschlüsse auf die elektrische Leistungsaufnahme unter praxisnahen Bedingungen (vgl. elektrische Leistungsaufnahme).
- Die Energieeffizienzkennzeichnung lässt ferner einen wesentlichen energetischen Einfluss, die zusätzlichen Lüftungswärmeverluste, außer Acht. Die Kennzeichnung für Endverbraucher sollte dahin gehend überprüft werden.
- Derzeit gilt die Kennzeichnungspflicht nur für Abluftsysteme. Die Kennzeichnung sollte auch für Umluftsysteme gelten.

Geruchsminderung von Dunstabzugshauben

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden zahlreiche Versuche (unter gegenüber der DIN EN 61591 modifizierten Prüfbedingungen) durchgeführt. Die Untersuchungen führten auf folgende wesentliche Erkenntnisse:

- Abluft- Dunstabzugshauben: Die untersuchten Modelle erzielen vergleichbare Ergebnisse und zeigen nur eine geringe Abhängigkeit von der Lüfterstufe (Geruchsreduzierungsgrad > 90%). Die Messungen bestätigen die theoretischen Ergebnisse anhand von Simulationsrechnungen.
- Umluft- Dunstabzugshauben mit Aktivkohle-Filter: Die Ergebnisse zeigen keinen signifikanten Einfluss der Bauform auf die Geruchsminderung. Vielmehr ist ein herstellerbezogener Einfluss erkennbar, wobei hier vor allem die Filterausführung – insbesondere die Kapazität - von entscheidender Bedeutung ist (Messwerte zur Geruchsminderung 60% ... 90%).
- Umluft-Dunstabzugshauben mit Aktivkohle-Filter (Alterung): Die Ergebnisse zeigen, dass eine Filteralterung den Geruchsminderungsgrad überwiegend negativ beeinflusst, wobei vor allem der vom Hersteller verwendete Filter einen entscheidenden Einfluss hat. Für die Wirksamkeit in der Praxis ist daher mitentscheidend, dass die Aktivkohle-Filter auch regelmäßig entsprechend der Herstellerempfehlung erneuert bzw. regeneriert werden.
- Umluft-Dunstabzugshauben mit Aktivkohle-Filter und zusätzlicher Wohnungslüftungsanlage (Küchenabluft gemäß DIN 1946-6): In Kombination mit einer Wohnungslüftung erzielen Umluft-Systeme annähernd vergleichbare Ergebnisse bzgl. der Geruchsreduzierung wie Abluft- Dunstabzugshauben (Median der untersuchten Umluft-Dunstabzugshauben liegt bei 90%, die besten Umluft-Systeme erreichten 96%). Die Messreihen für Umluft-Dunstabzugshauben zeigen, dass in Kombination mit einer Wohnungslüftung sich die Geruchsreduzierung um bis zu 10%-Punkte unter den Prüfbedingungen verbessern (bei Aktivkohle-Systemen mit hohem Geruchsreduzierungsgrad ist der Einfluss der Wohnungslüftung auf die Geruchsreduzierung geringer).

Untersuchung zu Behaglichkeit und Luftqualität

Luftnachströmung und Zugluftisiko

Bei Verwendung einer Dunstabzugshaube im Abluftbetrieb muss der Abluftvolumenstrom durch nachströmende (und im Winter kalte) Zuluft kompensiert werden. Üblicherweise erfolgt die Luftnachströmung über gekippte Fenster, aber auch Mauerkästen mit Klappen werden für die Zuluftbereitstellung verwendet.

Zusammenfassend gilt für die verglichenen Varianten:

- Jede Art Nachströmung, gerade bei kalten Außenlufttemperaturen, kann durch Zugluft und die mögliche Ausbildung von Kaltluftseen die Behaglichkeit beeinflussen.
- Der Einfluss auf die Behaglichkeit ist umso größer, je höher der Abluftvolumenstrom (und damit die erforderliche Luftnachströmung) ist.
- Bei Verwendung von Mauerkästen, welche idealerweise über der Kochstelle angeordnet sind, ist der Einfluss auf die Behaglichkeit vermutlich am geringsten.
- Der Einfluss der Anordnung auf die Erfassung des Kochwrasens wurde dabei nicht untersucht.

Relative Feuchtigkeit

Ausgehend von einem erwarteten höheren Schimmelpilzrisiko durch die Feuchtigkeit, die durch den Kochvorgang an die Raumluft abgegeben wird, wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens eine Parameterstudie zur Entwicklung der relativen Feuchtigkeit durchgeführt. Untersucht wurde, welcher ergänzende Luftwechsel zur Kompensation der zusätzlichen Feuchtequelle erforderlich ist, damit weiterhin kein Schimmelpilzrisiko besteht.

Folgende Ergebnisse und Erkenntnisse können aus der Parameterstudie zusammengefasst werden:

- Der zusätzliche erforderliche Luftwechsel pro Wohnung zur Kompensation der Feuchteabgabe durch den Kochvorgang beträgt $0,01$ und $0,03 \text{ h}^{-1}$.
- Die Feuchtebelastung durch den Kochvorgang ist bezogen auf die gesamte Wohnung eher unkritisch.
- In den Küchen gibt es dennoch eine zumindest temporäre Belastung, was die Erfahrung von Küchenplanern bestätigt.
- Bezüglich der Entwicklung der Raumluftfeuchte unkritische Fälle sind:
 - Abluft-Dunstabzugshauben sowie
 - Umluft-Dunstabzugshauben bei gleichzeitigem Grundluftwechsel durch eine kontrollierte Wohnungslüftung.

Des Weiteren wurde die Entwicklung der relativen Feuchtigkeit im bzw. unterhalb des Korpus untersucht. Gegenstand der Untersuchung war ein bereits von vielen

Marktbeteiligten als kritisch eingestuftes System der Kochfeldabsaugung im Umluftbetrieb, wobei der Kochwrasen nach unten in den Sockelbereich des Unterschranks geführt und dort ausgeblasen wird (ohne den Kochwrasen über einen Kanal aus dem Sockelbereich herauszuführen).

Wie zu erwarten muss diese Lösung als kritisch eingestuft werden. Sogar ohne Außenwände oder Wärmebrücken im Sockelbereich kann sich die relative Feuchtigkeit an den Oberflächen auf 80 bis 100% erhöhen. Damit ist die Voraussetzung für Schimmelpilzwachstum bereits für den vergleichsweise unkritischen Fall gegeben.

Schall

Im Sinne eines zweckmäßigen Gebrauchs sind leisere Dunstabzugssysteme sowohl in der maximalen Betriebsstufe (für den tatsächlichen Kochbetrieb) als auch in der minimalen Einstellung (für eine Nachlaufzeit) wünschenswert. Wie eine Marktrecherche zeigte, bestehen zwischen den Produkten erhebliche Unterschiede.

Einfluss bei Gebäuden mit sehr geringem Heizwärmebedarf

- Einsatz von Abluft-Dunstabzugshauben: An kalten Tagen sind während dem Abluftbetrieb deutliche Unterschreitungen der Raumsolltemperatur und Komfortbeeinträchtigungen zu erwarten. Vor diesem Hintergrund sind Abluft-Dunstabzugssysteme zu bevorzugen, die mit moderaten Abluftvolumenströmen eine ausreichende Erfassung sicherstellen. Ferner wird in Gebäuden mit sehr geringem Heizwärmebedarf (wie z.B. Passivhäusern) empfohlen, die Heizleistung im Küchenbereich bei Abluft- Dunstabzugssystemen höher zu dimensionieren.
- Umluft-Dunstabzugssysteme haben hingegen keinen Einfluss auf den thermischen Komfort und die Beheizbarkeit von energieeffizienten Gebäuden. In Verbindung mit einem vorhandenen Grundluftwechsel zur Kompensation der Feuchtelasten (z.B. durch eine Wohnungslüftung) sind Umluft-Dunstabzugssysteme in Gebäuden mit sehr geringem Heizwärmebedarf die erste Wahl.

Luftnachströmung und Wechselwirkung mit anderen Systemen

Wechselwirkungen mit anderen Systemen

Ausgehend von normativen Anforderungen bezüglich des maximal zulässigen Unterdrucks

- Ohne Feuerstätte – maximaler Differenzdruck zur Öffnung von Türen 50 – 75 Pa
- Mit raumluftunabhängiger Feuerstätte maximal 8 Pa
- Mit raumluftabhängiger Feuerstätte maximal 4°Pa

wurde eine Variantenuntersuchung bezüglich der möglichen Einhaltung der Unterdrücke für eine Abluft-Dunstabzugshaube mit Nachströmung über einen marktüblichen steuerbaren Außenluftdurchlass mit einem Querschnitt von 10,5 cm durchgeführt.

Folgende Erkenntnisse können aus den Ergebnissen der Untersuchung abgeleitet werden (Außenluftdurchlass mit Durchmesser: 10,5 cm):

- Bei sehr kleinen Wohneinheiten (20 m²) sollten keine Abluft-Dunstabzugshauben eingesetzt werden, da hier schnell Unterdrücke erreicht werden können, die bereits bezüglich der Öffnung von Türen kritisch sind.
- Bei größeren Wohneinheiten (200 m²) mit raumluftabhängiger oder/ und raumluftunabhängiger Feuerstätte können die zulässigen Unterdrücke nicht eingehalten werden.
- Bei größeren Wohneinheiten (200 m²) kann bei sehr dichter Gebäudehülle (z.B. in Passivhäusern) der für das Öffnen von Türen kritische Unterdruck nicht eingehalten werden.

Zudem wurden erforderliche Querschnittsdurchmesser für eine ausreichende Nachströmung abhängig von der Wohnungsgröße und dem Luftdichtheitskennwert berechnet und einer Matrix zusammengestellt.

Eine ebenfalls gebräuchliche Lösung ist eine Nachströmung über ein gekipptes Fenster, während ein Fensterkontaktschalter sicherstellt, dass die Dunstabzugshaube ausschließlich bei geöffnetem Fenster betrieben werden kann.

Energetische Bewertung in Neubau und Gebäudebestand

Abluft-Dunstabzugshauben verursachen zusätzliche Wärmeverluste (durch den Abluftbetrieb des Dunstabzugssystems, durch ungewollten Luftaustausch außerhalb des Betriebs und durch zusätzliche Transmissionswärmeverluste von Verschlussklappen), die sich abhängig von den Nutzungsgewohnheiten auf 450 bis rund 900 kWh/a je Wohnungsküche mit Abluft-Dunstabzugssystem summieren können. Überraschend stellt der Infiltrationsverlust bei Annahme von marktgängigen Produkten einen maßgeblichen Beitrag. Neuere Produkte mit aufwendigeren Verschlusssystemen lassen deutlich geringere Infiltrationsverluste erwarten.

Besonderheiten für energieeffiziente Gebäude

Abhängig von der Wohnungsgröße (Annahme zw. 40 m² und 160 m²) beträgt der spezifische zusätzliche Wärmeverluste bei Abluft-Dunstabzugssystem demnach zwischen 3 und 23 kWh/(m²a). Bei nahezu der Hälfte aller Wohneinheiten in Deutschland handelt es sich um eher kleinere Wohnungen. Werden nur kleinere Wohnungen betrachtet (mit 40 bzw. 60 m²), beträgt der zu erwartende Wärmeverlust zwischen 7 und 23 kWh/(m²a). (Zum Vergleich: Bei Passivhäusern beträgt der Heizwärmebedarf max. 15 kWh/(m²a)).

Die Untersuchungen zeigen, dass der energetische Einfluss von Abluft-Dunstabzugssystemen insbesondere bei kleinen Wohnungen in Gebäuden mit sehr geringem Heizwärmebedarf maßgeblich werden kann.

Empfehlungen für Gebäude mit sehr geringem Heizwärmebedarf:

- Umluft-Dunstabzugssysteme sind zu bevorzugen.
- Abluft-Dunstabzugssysteme sind möglich, hierzu sind bestimmte Aspekte zu beachten (u.a. müssen Abluftöffnung und ggf. Nachströmöffnung mit dichtschießenden Abschlüssen versehen werden)

Systemabhängige Kosten und Wirtschaftlichkeit

Eine Lebenszyklusbetrachtung soll zudem Aufschluss geben, welcher Lösungsansatz

- Abluft-Dunstabzugshaube oder Umluft-Dunstabzugshaube

aus ökonomischer Sicht zu bevorzugen ist. Die Berechnung hat lediglich beispielhaften Charakter und ist mit üblichen Unsicherheiten behaftet (Annahme zu Investitionskosten, Energiepreis, Nutzungsgewohnheiten, etc.). Bei Umluft-Dunstabzugshauben sind zusätzliche jährliche Kosten für den Wechsel des Aktivkohlefilters zu berücksichtigen.

Die resultierenden Lebenszykluskosten liegen demnach für beide betrachteten Systemvarianten in vergleichbarer Größenordnung.

Literaturverzeichnis

[2008_50_EG]	Europäisches Parlament und Rat der europäischen Union (2008): Richtlinie 2008/50/EG des europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa.
[AMK 2014]	AMK-Merkblatt - Küchenmöbel - Kochumfeld und Raumbelüftung (AMK-MB-008). Februar 2014, Mannheim: Arbeitsgemeinschaft Die Moderne Küche e.V.
[BImSchV]	Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2010): 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen.
[Blauer Engel]	https://www.blauer-engel.de/de/produktwelt/elektrogeraete/cooker-hoods/household-cooker-hoods
[Brasche 2003]	Brasche, S. et al.: Vorkommen, Ursachen und gesundheitliche Aspekte von Feuchteschäden in Wohnungen - Ergebnisse einer repräsentativen Wohnungsstudie in Deutschland, Bundesgesundheitsblatt 46, 2003
[Bruns 2018]	Alfred Bruns, Entwicklung eines Algorithmus zur luftqualitätsgeführten Volumenstromregelung bei Dunstabzugshauben, Dissertation, Universität Kassel 2018.
[CE-Kennzeichnung]	http://www.ce-zeichen.de/
[DeStatis 2016]	Datenreport 2016, Kap. Wohnen, Statistisches Bundesamt
[DGUV 2015]	DGUV - Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (2015): IFA Report 4/2015 - Grenzwertliste 2015 - Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz.
[DIN 1946-6 Beiblatt 3 und Beiblatt 4:2017]	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 1946-6 Beiblatt 3/4: Raumluftechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung; Beiblatt 3: Gemeinsamer und nicht gemeinsamer Betrieb von Lüftungsgeräten und Einzelraumfeuerstätten für feste Brennstoffe - Installationsregel / Beiblatt 4: Gemeinsamer Betrieb von Lüftungsgeräten und Einzelraumfeuerstätten für feste Brennstoffe - Installationsbeispiele. 2017. Beuth Verlag GmbH, Berlin

[DIN 1946-6:2009]	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 1946-6: Raumluftechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung. 2009. Beuth Verlag GmbH, Berlin
[DIN 4108-2]	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, 2013. Beuth Verlag GmbH, Berlin
[DIN EN 12101-6]	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN 12101-6: Rauch- und Wärmefreihaltung - Teil 6: Festlegungen für Differenzdrucksysteme, Bausätze, 2005. Beuth Verlag GmbH, Berlin
[DIN EN 13141-1]	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN 13141-1: Lüftung von Gebäuden - Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen - Teil 1: Außenwand- und Überströmluftdurchlässe, 2004. Beuth Verlag GmbH, Berlin
[DIN EN 13779]	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme, 2007. Beuth Verlag GmbH, Berlin (zurückgezogene Norm, ersetzt durch DIN EN 16798-3:2017)
[DIN EN 15251]	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN 15251: Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumlufqualität, Temperatur, Licht und Akustik, 2012. Beuth Verlag GmbH, Berlin
[DIN EN 15780:2012]	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN 15780: Lüftung von Gebäuden - Luftleitungen - Sauberkeit von Lüftungsanlagen. 2012. Beuth Verlag GmbH, Berlin
[DIN EN 60335-2-31 / VDE 0700-31:2015]	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN 60335-2-31: Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke - Teil 2-13: Besondere Anforderungen für Dunstabzugshauben und andere Wrasenabsaugungen. 2015. Beuth Verlag GmbH, Berlin

[DIN EN 60704-2-13:2011]	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN 60704-2-13: Elektrische Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke - Prüfvorschrift für die Bestimmung der Luftschallemission - Teil 2-13: Besondere Anforderungen für Dunstabzugshauben. 2011. Beuth Verlag GmbH, Berlin
[DIN EN 61591:2016]	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN 61591: Haushalt-Dunstabzugshauben - Verfahren zur Messung der Gebrauchseigenschaft. 2016. Beuth Verlag GmbH, Berlin
[DIN EN ISO 10211]	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN ISO 10211: Wärmebrücken im Hochbau - Wärmeströme und Oberflächentemperaturen - Detaillierte Berechnungen, 2008. Beuth Verlag GmbH, Berlin
[DIN FB 4108-8]	Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN Fachbericht 4108-8: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Fachbericht Teil 8: Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Wohngebäuden, 2010. Beuth Verlag GmbH, Berlin
[Domaplasma]	Domaplasma (2017): Montage- und Bedienungsanleitung.
[EEWärmeG]	Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich. August 2008, Berlin: Bundesregierung
[Energieeffizienz-kennzeichnung]	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0065&from=DE
[EnEV]	Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik in Gebäuden. November 2013, Berlin: Bundesregierung
[ErP-Richtlinie]	http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0066&from=DE
[Feist et al. 2000]	Feist, W.; Loga, T. und Großklos, M.: Durch Messungen bestätigt - Jahresheizenergieverbrauch bei 22 Passivhäusern in Wiesbaden unter 15 kWh/m ² Wohnfläche, in BundesBauBlatt, 3/2000, S. 23-27.
[GEG]	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden. Referentenentwurf. Januar 2017, Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie & Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

[GS-Zeichen]	https://www.tuv.com/germany/de/gs-zeichen-%E2%80%93-gepr%C3%BCfte-sicherheit.html
[Künzel 2009]	Künzel, H.: Wohnungslüftung und Raumklima, Beitrag: Feuchteabgabe in Wohnungen, S.109 ff., 2. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2009
[Li / Delsante 1996]	Li/Delsante 1996: Derivation of Capture Efficiency of Kitchen Range Hoods in a Confined Space, Building and Environment, 31, 461-468.
[Li et al. 1997]	Li, Y., Delsante, A., Symons, J., Residential Kitchen Range Hoods - Buoyancy-Capture Principle and Capture Efficiency Revisited, Indoor Air, 1997, 151-157.
[Li/Delsante 1996]	Li, Y. and Delsante, A., Derivation of capture efficiency of kitchen range hoods in a confined space, Building and Environment, 31, 461-468 (1996)
[Lunden et al. 2014]	M. M. Lunden, W. W. Delp, B. C. Singer, Capture Efficiency of Cooking-Related Fine and Ultrafine Particles by Residential Exhaust Hoods, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley / Aclima Inc., San Francisco, 2014.
[MFeuV 2007]	Muster-Feuerungsverordnung. Arbeitskreis Technische Gebäudeausrüstung der Fachkommission Bauaufsicht der ARGEBAU.2007. http://www.schornsteinfeger.de/bilder_ziv/files/musterfeuerungsverordnungmfeuvfassungseptember2007ndfebr2010.pdf
[PHPP]	W. Feist, et. al: Passivhaus-Projektierungspaket Version 9, Passivhaus Institut, Darmstadt 2018.
[PlasmaMade 2017]	PlasmaMade (2017): PlasmaMade. Produktbeschreibung.
[PlasmaNorm 2017]	PlasmaNorm (2017): Küchenumlufsysteme. Produktbeschreibung.
[Reiß/Erhorn 2003]	Reiß, Johann und Erhorn, Hans: Messtechnische Validierung des Energiekonzeptes einer großtechnisch umgesetzten Passivhausentwicklung in Stuttgart-Feuerbach, IBP-Bericht WB 117/2003, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart 2003.
[Rietschel 1994]	Brandt F.; Fanger P.O.; Fortak H. et al. (1994): Raumklimatechnik. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
[Schnieders 1998]	Schnieders, Jürgen und Wolfgang Feist: Passivhaus-Reihenhäuser: Über die Zuluft beheizbar? Simulation des

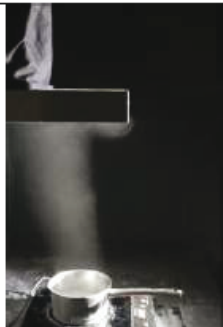
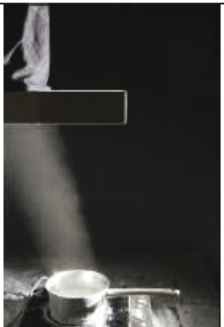
	thermischen Gebäudeverhaltens bei Variation ausgewählter Parameter und bei Zuluftnachheizung. CEPHEUS-Projektinformation Nr. 5, Fachinformation PHI 1998/12, Darmstadt, Passivhaus Institut, Dezember 1998
[Schnieders et al. 2001]	Schnieders, J.; Feist, W.; Pfluger, R.; Kah, O.: CEPHEUS Wissenschaftliche Begleitung und Auswertung. Endbericht; CEPHEUS-Projektinformation Nr. 22. Passivhaus Institut. Darmstadt, Juli 2001.
[Seifert 2014]	Seifert, J.: Repetitorium Raumluftechnik, VDE Verlag, Berlin/Offenbach, 2014
[VDE-Zeichen]	https://www.vde.com/tic-de/zeichen-und-zertifikate/pruefzeichen-und-bescheinigungen https://www2.vde.com/de/Institut/Leistungen/Zertifizierung/Seiten/VDE-Pruefzeichen.aspx
[VDI 2052]	Verein Deutscher Ingenieure: VDI 2052, Raumluftechnische Anlagen für Küchen. Beuth Verlag Berlin, April 2006.
[VDI 2310]	Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2001): VDI 2310 Blatt 15 - Maximale Immissions-Werte zum Schutz des Menschen - Maximale Immissions-Konzentrationen für Ozon.
[VDI 2441]	Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2016): VDI 2441 - Prozessgas- und Abgasreinigung durch Kaltplasmaverfahren.
[VDI 6022 Blatt 1:2018]	Verein Deutscher Ingenieure e.V.: VDI 6022 Blatt 1: Raumluftechnik, Raumlufqualität - Hygieneanforderungen an raumluftechnische Anlagen und Geräte. VDI Verlag, Düsseldorf
[Walker et al. 2016]	I.S. Walker, J.C. Stratton, W.W. Delp, M.H. Sherman, Development of a Tracer Gas Capture Efficiency Test Method for Residential Kitchen Ventilation, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley 2016.
[WEEE]	http://www.tuev-sued.de/produktpruefung/branchenloesungen/medizinprodukte/marktzulassung-und-zertifizierung/ce-kennzeichnung/weee-richtlinie
[WHO 2006]	World Health Organization (2006): Air Quality Guidelines - Global Up-date 2005 - Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.

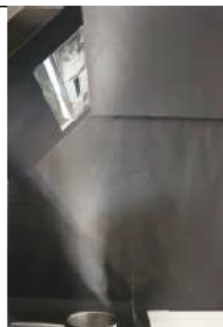
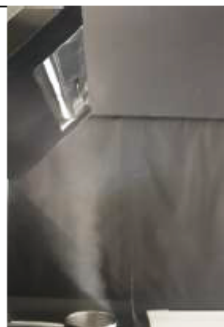
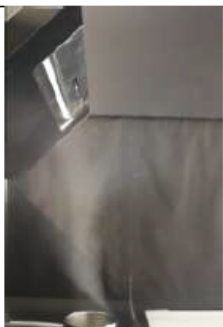
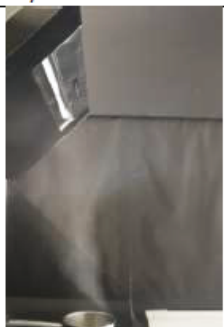
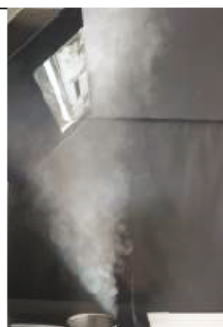
Anhang

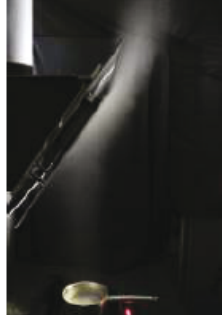
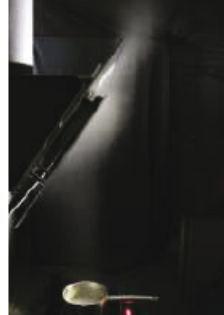
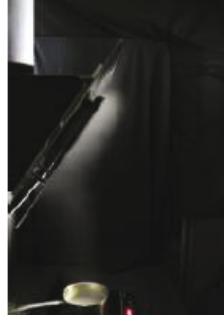
Anhang A: Bewertung der Wrasenerfassung (optisches Verfahren)

Wandhaube 1, Montagehöhe 600 mm				
Mittelwert				
Stufe 0	Stufe 1 – 90 m³/h	Stufe 2 – 220 m³/h	Stufe 3 – 350 m³/h	Stufe 4 (Boost) – 460 m³/h
„Worst-Case“				
Stufe 0	Stufe 1 – 90 m³/h	Stufe 2 – 220 m³/h	Stufe 3 – 350 m³/h	Stufe 4 (Boost) – 460 m³/h

Wandhaube 2, Montagehöhe 600 mm					
Mittelwert					
Stufe 0	Stufe 1 – 262 m³/h	Stufe 2 – 358 m³/h	Stufe 3 – 435 m³/h	Stufe 4 (B) – 626 m³/h	Stufe 5 (B) – 761 m³/h
„Worst-Case“					
Stufe 0	Stufe 1 – 262 m³/h	Stufe 2 – 358 m³/h	Stufe 3 – 435 m³/h	Stufe 4 (B) – 626 m³/h	Stufe 5 (B) – 761 m³/h

Wandhaube 3, Montagehöhe 600 mm				
Mittelwert				
Stufe 0	Stufe 1 – 265 m³/h	Stufe 2 – 320 m³/h	Stufe 3 – 395 m³/h	Stufe 4 (Boost) – 650 m³/h
				
„Worst-Case“				
Stufe 0	Stufe 1 – 265 m³/h	Stufe 2 – 320 m³/h	Stufe 3 – 395 m³/h	Stufe 4 (Boost) – 650 m³/h
				

Kopffreihaube 1, Montagehöhe 500 mm				
Mittelwert				
Stufe 0	Stufe 1 – 256 m³/h	Stufe 2 – 297 m³/h	Stufe 3 – 352 m³/h	Stufe 4 (Boost) – 432 m³/h
				
„Worst-Case“				
Stufe 0	Stufe 1 – 256 m³/h	Stufe 2 – 297 m³/h	Stufe 3 – 352 m³/h	Stufe 4 (Boost) – 432 m³/h
				

Kopffreihaube 2, Montagehöhe 500 mm				
Mittelwert				
Stufe 0	Stufe 1 – 265 m³/h	Stufe 2 – 341 m³/h	Stufe 3 – 425 m³/h	Stufe 4 (Boost) – 683 m³/h
				
„Worst-Case“				
Stufe 0	Stufe 1 – 265 m³/h	Stufe 2 – 341 m³/h	Stufe 3 – 425 m³/h	Stufe 4 (Boost) – 683 m³/h
				

Anhang B: Umsetzung des Messaufbaus nach DIN EN 61591

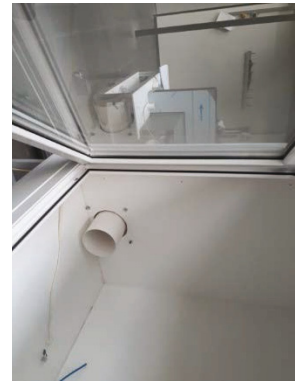
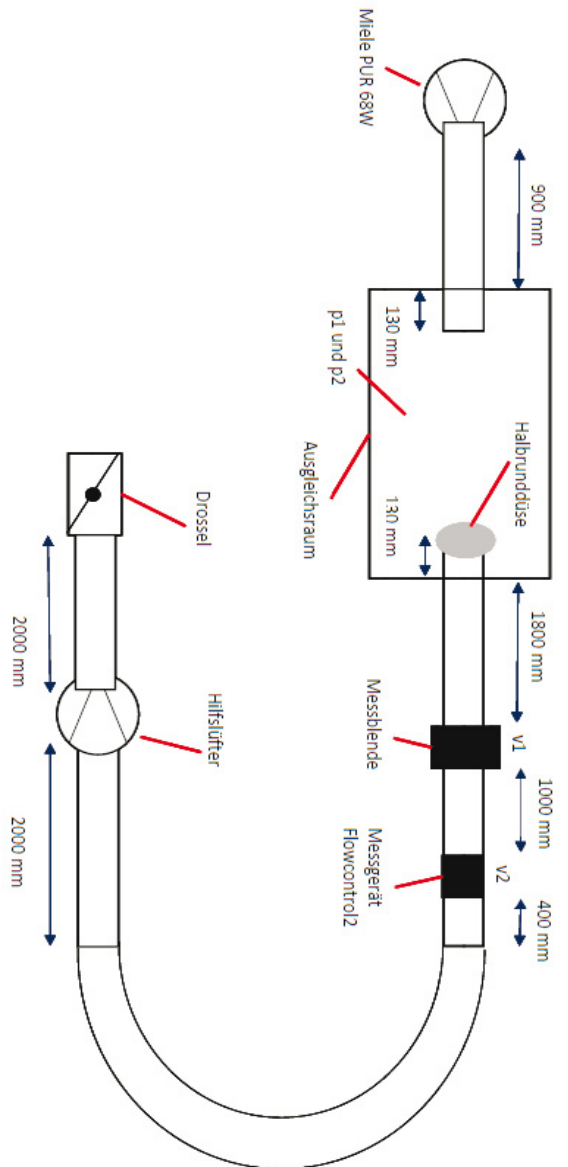


Abbildung 67: Umsetzung des Messaufbaus nach DIN EN 61591 am Beispiel eines Dunstabzugssystems mit Ablufführung