



Komfortlüftungsinfo Nr. 5

Gebäude-Luftdichtheit

Inhalt

1. Notwendigkeit und Vorteile
2. Planungs- und Ausführungsempfehlungen
3. Qualitätskontrolle („Blower Door Test“)
4. Richt- und Grenzwerte
5. Auswirkungen auf den Energiebedarf

1. Notwendigkeit und Vorteile

Eine luftdichte Gebäudehülle soll den Austausch zwischen Raum- und Außenluft unterbinden. Im ersten Moment erscheint diese Anforderung im krassen Gegensatz zu unserem Bedürfnis nach Frischluft zu stehen. Aus Komfort- und Energiespargründen würde heute aber niemand mehr ein undicht gebautes Gebäude akzeptieren. Allein durch den Einbau dicht schließender Fenster werden Häuser noch nicht ausreichend luftdicht, jedoch ist der verbleibende natürliche Luftwechsel über Fugen in der Baukonstruktion weder bauphysikalisch erwünscht, noch hygienisch geeignet, um zufriedenstellende Raumluftzustände für den Menschen und einen ausreichenden Feuchte- und Schimmelschutz für die Bausubstanz zu gewährleisten.

Während die Winddichtheit auf der Außenseite der Gebäudehülle das Eindringen von Außenluft in die wärmedämmende Baukonstruktion verhindern soll, ist die Luftdichtheitsebene im Regelfall immer auf der Innenseite angeordnet.

Ziel eines der heutigen Zeit entsprechenden Gebäude- und Energiekonzeptes ist es, die Luft über hygienisch einwandfreie, inspizier- und reinigbare Wege ins Haus zu leiten und den Luftwechsel unabhängig von den Witterungsbedingungen an die Bedürfnisse des Menschen anzupassen. Die bei einer Komfortlüftung integrierte effiziente Wärmerückgewinnung minimiert die Wärmeverluste durch den Außenluftwechsel auf ein Minimum und temperiert die einströmende Luft auch in heißen Sommerperioden. Eine luftdichte Gebäudehülle erhöht die Effizienz des Lüftungssystems und verhindert die Austrocknung der Raumluft im Winter, die durch unerwünschte zusätzliche Leckagen des Gebäudes hervorgerufen wird.

Im Folgenden sind alle wesentlichen Vorteile eines möglichst luftdicht gebauten Gebäudes kurz erörtert:

■ Energieeinsparung

Eine luftdichte Gebäudehülle verringert den Wärmebedarf und hilft wertvolle Heizenergie einzusparen. Insbesondere bei starkem Wind und tiefen Temperaturen werden die Unterschiede zu undichten Häusern deutlich. Im Sommer wird das Eindringen heißer Außenluft vermindert und die Überwärmungsneigung reduziert.

■ Feuchteschäden

Feucht-warme Raumluft ist leichter als kalte Außenluft und erzeugt im Dachgeschoß einen leichten Überdruck. Bei Undichtheiten strömt diese Luft durch die Dachkonstruktion bzw. oberste Geschoßdecke. Dabei kühlt sie sich ab, wobei Wasserdampf kondensiert und die Dämmung oder Holzbauteile durchfeuchten kann. Anhaltende Feuchte verringert die Wärmedämmwirkung erheblich und fördert das Wachstum holzerstörender Pilze.

■ Raumlufthygiene

Eine luftdichte Baukonstruktion hat neben der bauphysikalischen Notwendigkeit auch spürbare Vorteile für das Wohlbefinden. Stäube, Fasern, Sporen, Schad- und Geruchstoffe aus der Baukonstruktion bzw. von außen können nicht mehr in die Raumluft gelangen.

■ Verhinderung von Geruchsübertragung

Wenn in WCs oder Küchenräumen keine nennenswerten Außenleckagen auftreten, können Gerüche auch nicht in andere Räume übertragen werden. Der leichte Unterdruck in Ablufträumen, der durch die Abluft einer Lüftungsanlage erzeugt wird, verhindert bei geschlossenen Innentüren eine Ausbreitung von Gerüchen auf andere Räume.

■ Thermischer Komfort

Zugluft und Kaltluftseen durch undichte Türen, Steckdosen, Kamine, etc. sind bei luftdichter Bauweise ausgeschlossen.

■ Schallschutz

Der Schallschutz gegen Außenlärm durch hochwertige Fenster und Außenwände kommt bei luftdichter Ausführung erst voll zur Geltung. Kleinste Fugen die eine deutliche Schwächung bedeuten würden, werden vorbeugend verhindert.

2. Planungs- und Ausführungsempfehlungen

Eine luft- und winddichte Ausführung der Gebäudehülle entspricht dem Stand der Bautechnik und ist auch in den Bauordnungen verankert (siehe Punkt 4). Luftdichtheit ist primär Aufgabe der Planung. Im Planungsprozess wird bereits wesentlich über Erfolg oder Misserfolg des Vorhabens Luftdichtheit entschieden. Die prinzipielle Vermeidung problematischer Durchdringungen ist dabei oberstes Gebot. Unvermeidbare Anschlüsse und Installationsdurchführungen sollten bezüglich Lage, und Ausführung mit den betroffenen Gewerken detailliert besprochen werden. Die Abfolge der Gewerke ist gegebenenfalls danach zu richten, damit die Anbringung der Luftdichtheitsebene z. B. nicht durch eine zu frühe Verlegung von Sanitär- oder Lüftungsleitungen erschwert wird.

Für alle kritischen Anschlüsse und Durchdringungen sollte es Detailpläne oder zumindest Ausführungsskizzen geben.

Für die folgenden kritischen Bauteile und Anschlussstellen eines Gebäudes gibt es zugehörige Lösungen:

- Leitungsdurchführungen aus Installationsschächten, Fugen von Wartungstüren
 - Horizontale Abdichtung des Schachtes im untersten und obersten Geschoß durch Ausgießen oder Weichschott, Gummimanschetten für Rohrdurchführungen
- Türen zu nicht beheizten Bereichen (Kellerräume, Stiegenhäuser, Wintergärten,...)
 - Gleiche Anforderungen an die Dichtheit wie bei Außentüren
- Kamine (luftdurchlässiger Kaminmantelstein, Putztüren)
 - Mantelstein allseitig spachteln oder verputzen, luftdichte Kaminsysteme verwenden
- Abluftdunstabzüge (siehe Komfortlüftungsinfo Nr. 7)
 - Stattdessen Umluftdunsthäube verwenden bzw. bestehende Häube umrüsten
- Unterputzinstallationen, Elektroverteiler, Heizungsverteiler in der Wand, wenn Putz die luftdichte Ebene darstellt
 - Nicht in Außenwänden unterbringen bzw. Nische vorher luftdicht verputzen
 - Spezielle luftdichte Elektrodosen verwenden
- Unvermeidbare Durchführungen durch Dampfbremsen (Luftleitungen, Kabel, etc.)

- Spezielle Gummimanschetten verwenden
- Fehlender Putz hinter Installationsleitungen oder Vorwandinstallationen
 - Wand vor Installation verputzen bzw. verspachteln
- Öfen und Kamine (siehe Komfortlüftungsinfo Nr. 6)
 - nur raumluftunabhängige Feuerstätten einsetzen
 - Sicherheitseinrichtungen vorsehen
- Fenster- und Türanschlüsse, Bauanschlussfugen
 - Fenstereinbau nach ÖNORM B 5320
 - Quellfugenbänder (Fugen zwischen Holzbauteilen)

Die flächige Dichtheit ist durch Beton, Putz, Dampfbremsfolien oder geeignete Holzwerkstoffplatten im Regelfall gewährleistet.

ACHTUNG! Konventioneller PU-Schaum ist nicht geeignet, um Fugen abzudichten. Silikon oder Acryl ist nur bei sogenannten Wartungsfugen (zugängliche Stellen) zulässig, da diese Stoffe keine dauerhaft* rissfreie Fuge gewährleisten können. Für haltbare, nicht mehr zugängliche Verklebungen müssen spezielle dauerelastische Klebepasten oder Klebebänder verwendet werden. Die Oberflächen sind entsprechend vorzubereiten, um die nötige Haftung zu erreichen.

**Anmerkung: Unter Dauerhaftigkeit versteht man eine dem Bauwerk entsprechende Lebensdauer, die im Regelfall mehr als 50 Jahre beträgt.*



Abbildung 1: Produktbeispiele für die luftdichte Ausführung

3. Qualitätskontrolle („Blower Door Test“)

Die erste Kontrolle der Ausführungsqualität sollte bereits während der Verarbeitung durch Sichtkontrolle eines Fachkundigen erfolgen. Solange die luftdichte Ebene noch zugänglich ist, ist eine Luftdichtheitsmessung einschließlich Leckagesuche in der Wohneinheit bzw. für den gesamten beheizten Bereich durchzuführen. Das in der ÖNORM EN 13829 beschriebene Differenzdruckverfahren, im allgemeinen Sprachgebrauch auch „Blower Door Test“ genannt, beruht auf der Messung des Leckagenvolumenstroms des zu untersuchenden Gebäudes bzw. Gebäudeteils bei konstantem Differenzdruck zwischen Innenraum und Umgebung. Der Differenzdruck wird dabei durch einen Ventilator erzeugt, der mit Hilfe eines Spannrahmens und einer Plane in eine Außentür oder ein Fenster gesetzt wird. Am Ventilator befindet sich eine Volumenstrom-Messeinrichtung, wobei

gleichzeitig der erzeugte Unter- bzw. Überdruck (je nach Richtung des Ventilators) im Gebäude erfasst wird.

Dieses Verfahren kann dazu benutzt werden:

- um den Nachweis einer Luftdichtheitsanforderung eines Gebäudes oder Gebäudeteiles zu erfüllen
- um die Luftdurchlässigkeit verschiedener, ähnlicher Gebäude bzw. Gebäudeteile miteinander zu vergleichen
- um Undichtheiten zu lokalisieren
- um die Verringerung der Luftdurchlässigkeit zu bestimmen, die durch einzelne Nachbesserungsmaßnahmen erreicht wird

Es gibt grundsätzlich ein Verfahren „A“ – Gebäude im Nutzungszustand und ein Verfahren „B“ – Prüfung der Gebäudehülle. Der Unterschied besteht darin, welche Öffnungen in der Gebäudehülle bei der Messung abgedichtet werden dürfen oder nicht. Das in Österreich grundsätzlich anzuwendende Verfahren „A“ lässt eine Abklebung von absichtlich vorhandenen Öffnungen (Briefschlitze, Außenluftdurchlässe, Abluft-Dunstabzüge) nicht zu. Niedrigenergie- und Passivhäuser vermeiden solche Gebäudeöffnungen prinzipiell. Die Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung ist während der Blower Door Messung abzuschalten, und die Außenluft- und Fortluftleitungen sind abzudichten.

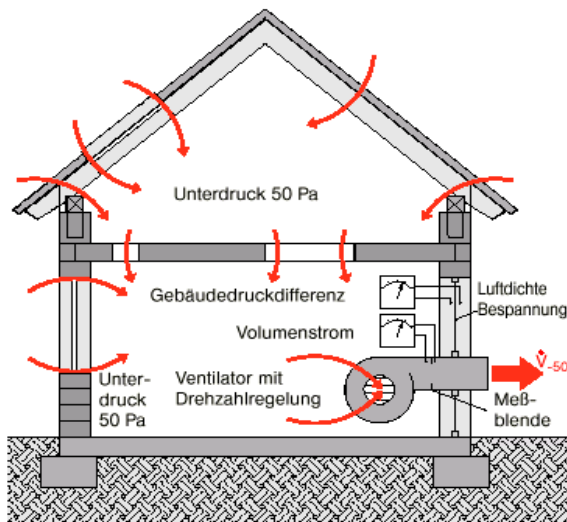


Abbildung 2: schematischer Messaufbau
(Quelle: Zeller, Luftdichtheitsmessung)



Abbildung 3: Messaufbau in der Praxis
(Quelle: leit-wolf Luftkomfort)

Um die Luftdichtheit eines Gebäudes bewerten zu können, wird der gemessene Leakagevolumenstrom bei 50 Pascal (Pa) Differenzdruck in 2 getrennten Messungen bei Unter- und Überdruck gemessen. Ein Druck von 50 Pa entspricht etwas 5 kg/m² und wird in der Natur durch eine Windgeschwindigkeit von ca. 35 km/h erzeugt.

Im Rahmen einer Luftdichtheitsmessung sollte immer auch eine Leckagesuche durchgeführt werden, da auch ein geringer Leakagevolumenstrom nicht auf Mängelfreiheit schließen lässt.

Üblicherweise wird zuerst eine erste Messung des Volumenstroms bei 50 Pa Unterdruck

durchgeführt, um einen Richtwert für den Zustand des Gebäudes zu erhalten. Anschließend erfolgt bei 50 Pa oder auch höherem Unterdruck die Suche nach Lufteintritten. Die Ortung kann bei niedrigen Außentemperaturen und temperiertem Innenraum auch bereits sehr gut mit dem Handrücken und den Fingern gefühlt werden. Kleine Nebelerzeuger oder Thermoanemometer erleichtern die Suche bei kritischen Anschlüssen und ermöglichen eine Sichtbarmachung kleinster Strömungen.

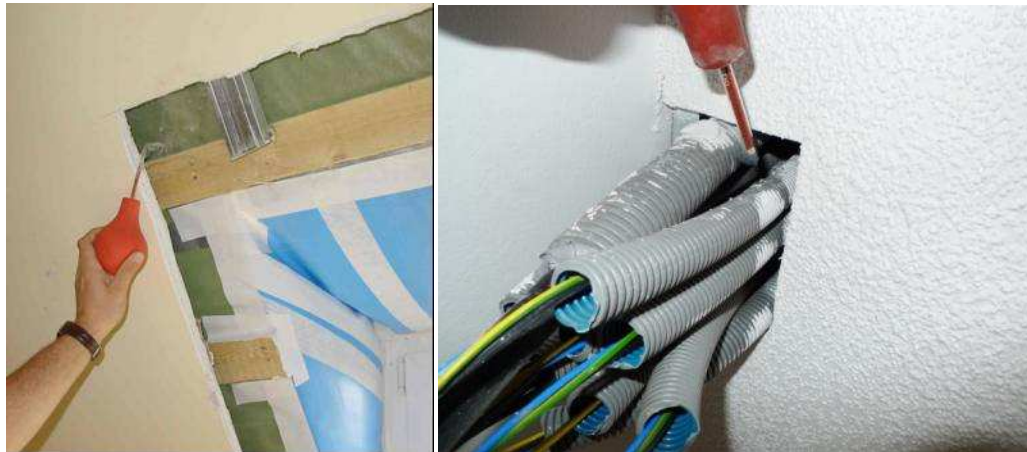


Abbildung 4: Lokalisieren von Lufteintritten durch Rauchröhrchen

Größere Nebelerzeuger werden gegebenenfalls zum Vernebeln ganzer Wohnungen eingesetzt. Dabei wird die zu untersuchende Zone in Überdruck versetzt, um an der Außenhülle oder in angrenzenden Gebäudezonen Leckagen aufzeigen zu können. Auch die Vernebelung von Schächten oder anderen typischen Problemzonen ist empfehlenswert. Diese Methode bewährt sich vor allem bei großen Glasfassaden oder hohen Industriegebäuden. Bei Wohngebäuden mit mehrschichtigen oder hinterlüfteten Konstruktionen ist die Analyse der raumseitigen Leckagenursache meist schwieriger, da der Austrittsort des Nebels an der Außenseite mehrere Meter davon entfernt sein kann.

Zur anschaulichen Darstellung der Abkühlungserscheinungen durch Lufteintritte an größeren Flächen kann die Infrarot-Thermografie herangezogen werden. Voraussetzung ist eine ausreichende Temperaturdifferenz zwischen Raum- und Außenluft von mindestens 15 Grad.

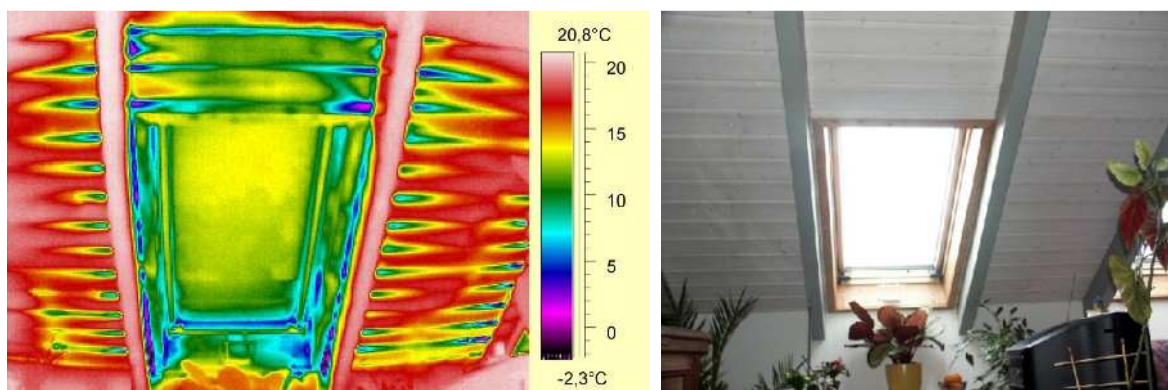


Abbildung 5: Infrarot- und Realbild eines mangelhaft eingebauten Dachflächenfensters bei Unterdruck (Quelle: wikipedia)

4. Richt- und Grenzwerte

Als Kenngrößen für die Bewertung der Luftdurchlässigkeit einer Gebäudehülle wird ein Bezug des Leckagevolumenstroms V_{50} zum Innenvolumen V hergestellt. Dieser Wert wird als Luftwechselzahl n_{50} bezeichnet. Für die Bewertung der Luftdichtheit wird der Mittelwert aus Unter- und Überdruckmessung herangezogen.

$$\text{Luftwechselzahl } n_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V} \quad [1/h]$$

Da für die Berechnung der Lüftungswärmeverluste im Energieausweis ein Bezug zum Innenvolumen erforderlich ist, wird hauptsächlich der Wert n_{50} ausgewiesen. Für die Luftwechselzahl n_{50} gibt es folgende anerkannte Richt- bzw. Grenzwerte:

Richtlinie	Lüftung	Grenzwert n_{50} (1/h)
OIB-Richtlinie 6	Gebäude ohne mechanische Lüftung	$\leq 3,0$
	Gebäude mit mechanischer Lüftung (Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung oder Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung)	$\leq 1,5$
komfortlüftung.at EFH-Standardwert / EFH-Zielwert	Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung	$\leq 1,0 / \leq 0,6$
klima:aktiv-Haus bronze und silber		$\leq 1,0$
klima:aktiv-Haus gold		$\leq 0,6$
Passivhaus		

Tabelle 1: Grenzwerte n_{50} für unterschiedliche Standards

Für die vom Gebäudevolumen unabhängige Bewertung der Luftdurchlässigkeit der Hülle ist der Wert q_{50} heranzuziehen, der den Leckagevolumenstrom V_{50} auf die Hüllfläche A bezieht.

$$\text{Luftdurchlässigkeit } q_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{A} \quad [m^3/(m^2 \cdot h)]$$

Dieser Kennwert ist insbesondere bei großvolumigen Gebäuden eher zur Bewertung geeignet, als der n_{50} -Wert. Für q_{50} kann man einen allgemeinen Richtwert von $\leq 1,0$ $m^3/(m^2 \cdot h)$ angeben. Für Passivhäuser gilt ein q_{50} -Richtwert $\leq 0,6$ $m^3/(m^2 \cdot h)$.

5. Auswirkungen auf den Heizwärmebedarf

Im Energieausweis wird der energetisch wirksame Luftvolumenstrom berechnet, der sich aus dem Normluftwechsel von 0,4/h, reduziert um die Lüftungswärmerückgewinnung, und aus der Falschlufrate n_x zusammensetzt. Die Falschlufrate n_x wird aus dem n_{50} -Wert der Luftdichtheitsmessung abgeleitet.

$$v_V = [0,4 \cdot (1 - \eta_{Vges}) + n_x] \cdot V_V \text{ in m}^3/\text{h}$$

η_{Vges} ...Wärmebereitstellungsgrad des Lüftungsgerätes

n_x ...Falschlufrate aus Tabelle 2

n_{50}	n_x
> 1,5	0,11
≤ 1,5	0,07* n_{50}
≤ 0,6	0,04

Tabelle 2: Falschlufrate in Abhängigkeit von n_{50}

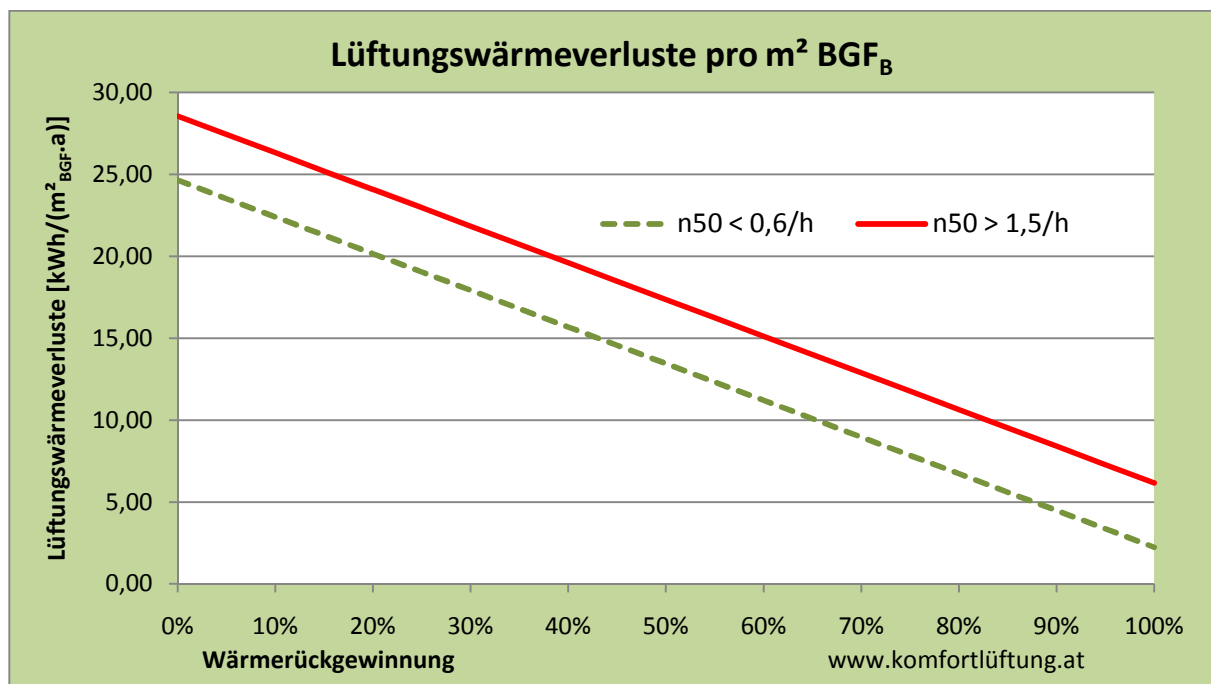


Abbildung 6: Lüftungswärmeverluste beim Referenzklima in Abhängigkeit der Lecklufrate und der Wärmerückgewinnung

Die rechnerische Differenz des Heizwärmebedarfs zwischen einem Bestandsgebäude ($n_{50} > 1,5/h$) und einem Passivhaus ($n_{50} < 0,6/h$) beträgt ca. 4 kWh/(m²_{BGF.a}). Der Betrieb einer hochwertigen Lüftungswärmerückgewinnung reduziert den Heizwärmebedarf je nach Dichtheit der Gebäudehülle um insgesamt 13-17 kWh/(m²_{BGF.a}). Typischerweise um 16 kWh/(m²_{BGF.a}) Umgerechnet auf 1 m² Nutzfläche (NF) bzw. Wohnfläche (WF) und einem Wirkungsgrad der Heizung von 80 % ergibt sich eine Einsparung von ca. 25 kWh/m²NF.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Produktbeispiele für die luftdichte Ausführung	4
Abbildung 2: schematischer Messaufbau Abbildung 3: Messaufbau in der Praxis	5
Abbildung 4: Lokalisieren von Lufteintritten durch Rauchröhrchen	6
Abbildung 5: Infrarot- und Realbild eines mangelhaft eingebauten Dachflächenfensters bei Unterdruck (Quelle: wikipedia).....	6
Abbildung 6: Lüftungswärmeverluste in Abhängigkeit der Falschlufrate und der Wärmerückgewinnung	8

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grenzwerte n_{50} für unterschiedliche Standards	7
Tabelle 2: Falschlufrate in Abhängigkeit von n_{50}	8

Die Reihe Komfortlüftungsinfo wurde im Rahmen des Projektes „Marketingoffensive und Informationsplattform: Raumluftqualität und Komfortlüftung“ entwickelt. Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gefördert.



Zusammengestellt von:
Ing. Wolfgang Leitzinger
im Auftrag des AIT

wolfgang.leitzinger@leit-wolf.at

Herausgegeben von:
komfortlüftung.at
gesund & energieeffizient

Weitere Informationen auf www.komfortlüftung.at
Kritik und Anregungen bitte an office@komfort-lueftung.at

Diese Information wurde nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Eine Haftung jeglicher Art kann jedoch nicht übernommen bzw. abgeleitet werden.