

MINDESTLUFT GEGEN FEUCHTE



Beitrag zur praktischen Bestimmung des bauphysikalischen Mindestluftstromes zur Vermeidung von Tauwasserbildung in Außenecken

Es wird ein Verfahren zur einfachen Bestimmung des spezifischen bauphysikalischen Mindestluftstroms vorgestellt, der notwendig ist, um einen Feuchteausfall an der Innenoberfläche von zweidimensionalen Außenwandecken zu vermeiden. Basisluftstrom und Zusatzluftstrom werden für vier Bewirtschaftungsmodelle repräsentativer Wohnungen bestimmt. Eine ausreichende Belüftung von Wohnungen erfordert definierte Undichtheiten der Gebäudehülle.

Dipl.-Ing. Peter Lübke,
Remscheid

A 255

1. Problemstellung

Mit dem verstärkten Einbau „fugendichter“ Fenster im Wohnungsbestand erfolgte eine Störung des Gleichgewichts der Feuchteproduktion und -abfuhr. Die wesentliche Komponente in der natürlichen Lüftung, die kontinuierliche Fugenlüftung, wurde unkontrolliert verringert. Feuchteprobleme in Wohnungen in der Gestalt von Stockflecken und Schimmelbildung kamen in der Literatur [1] mehrfach zur Diskussion. Die Problemanalyse zeigt, daß das Wertetripel:

- Mindestwärmeschutz,
- Mindestluftwechsel,
- Grundbeheizung

von Wohnungen zur Beherrschung des Feuchtehaushalts von Wohneinheiten gemeinsam zu betrachten ist.

Die bauphysikalische Verknüpfung des Wertetripels wurde in [5] untersucht. Die britische Lüftungsnorm skizziert die Zusammenhänge [2].

2. Wissenschaftlicher Bearbeitungsstand

Zur Vermeidung von Feuchteausfall an der Innenoberfläche von Außenwänden wurde in Abhängigkeit des Wärmeschutzniveaus, diskreter meteorologischer Verhältnisse und der Raumlufttemperatur die höchstzulässige Raumluftfeuchte ermittelt [4]. Homogene Wandbereiche und Wärmebrücken erfordern gesonderte Betrachtungen. Die Wandtemperatur an der Innenoberfläche von Außenwänden ϑ_{oi} ist die kontrollierende Größe der zulässigen Raumluftfeuchte. Durch die Definition einer vom Wärmeschutzniveau abhängenden dimensionslosen Temperatur wird die allgemein gültige Abhängigkeit der Größen

- Außenlufttemperatur ϑ_{LA} [$^{\circ}$ C],
- Raumlufttemperatur ϑ_{Li} [$^{\circ}$ C],
- Wandtemperatur an der Innenoberfläche ϑ_{oi} [$^{\circ}$ C]

dargestellt [5].

$$\Theta = \frac{\vartheta_{oi} - \vartheta_{LA}}{\vartheta_{Li} - \vartheta_{LA}}$$

Der Strahlungswärmeaustausch ist vernachlässigt.

Für diskrete Datensätze der Außenlufttemperatur ϑ_{LA} und der Raumlufttem-

peratur ϑ_{Li} ist die Wandtemperatur der Innenoberfläche von Außenwänden ϑ_{oi} bestimmbar. Damit erhält man den jeweiligen höchstzulässigen Wassergehalt der Raumluft x_{max} . Für definierte Feuchteemission in Wohnungen kann im nächsten Schritt in Abhängigkeit von der Außenluftfeuchte der bauphysikalische Mindestluftwechsel berechnet werden.

Zwei- und dreidimensionale Außenwandecken wurden in [5] in einigen Beispielen untersucht. Die einfachere allgemeine Auswertung der in [5] skizzierten Zusammenhänge erlaubt die Verwendung eines Nomogramms. Die Betrachtung des Mindestluftstroms wird für die zweidimensionale Außenwanddecke durchgeführt.

3. Bestimmung des Mindestluftstroms

In Anlehnung an BBSS 5925 [2] wird die Verwendung eines Nomogramms vorgeschlagen. Auf einfache Weise kann für verschiedene Raum- und Außenluftzustände der spezifische bauphysikalische Mindestluftstrom bestimmt werden. Unter Berücksichtigung

- der Außenlufttemperatur ϑ_{LA} [$^{\circ}$ C],
- der relativen Außenluftfeuchte φ_A [%],
- oder des Wassergehaltes der Außenluft x_A [g/m^3],
- des Wärmeschutzniveaus der ungestörten Außenwand k [$W/m^2 K$],
- der Rauminnentemperatur ϑ_{Li} [$^{\circ}$ C].

wird die notwendige Luftmenge bestimmt, die zur Abfuhr einer Feuchteemission im Raum von $\Delta m_F = 100 g$ erforderlich ist.

Handhabung des Nomogramms gemäß Bild 1: In Sektion A wird der Außenluftzustand durch die Temperatur ϑ_{LA} (Abszisse) und die Luftfeuchte (φ_A oder x_A) festgelegt.

Von der Außenlufttemperatur ϑ_{LA} wird über den darunterliegenden „Hilfsmaßstab“ der Raumlufttemperatur ϑ_{Li} die Temperaturdifferenz Raumluft – Außenluft ($\vartheta_{Li} - \vartheta_{LA}$) bestimmt.

Von der Abszisse Sektion B ($\vartheta_{Li} - \vartheta_{LA}$) wird die dem Wärmeschutzniveau der ungestörten Außenwand entsprechende Kurve A, B oder C geschnitten, so daß an der Ordinate der Sektion B die Temperaturdifferenz Raumlufttemperatur – Temperatur der Innenwandoberflä-

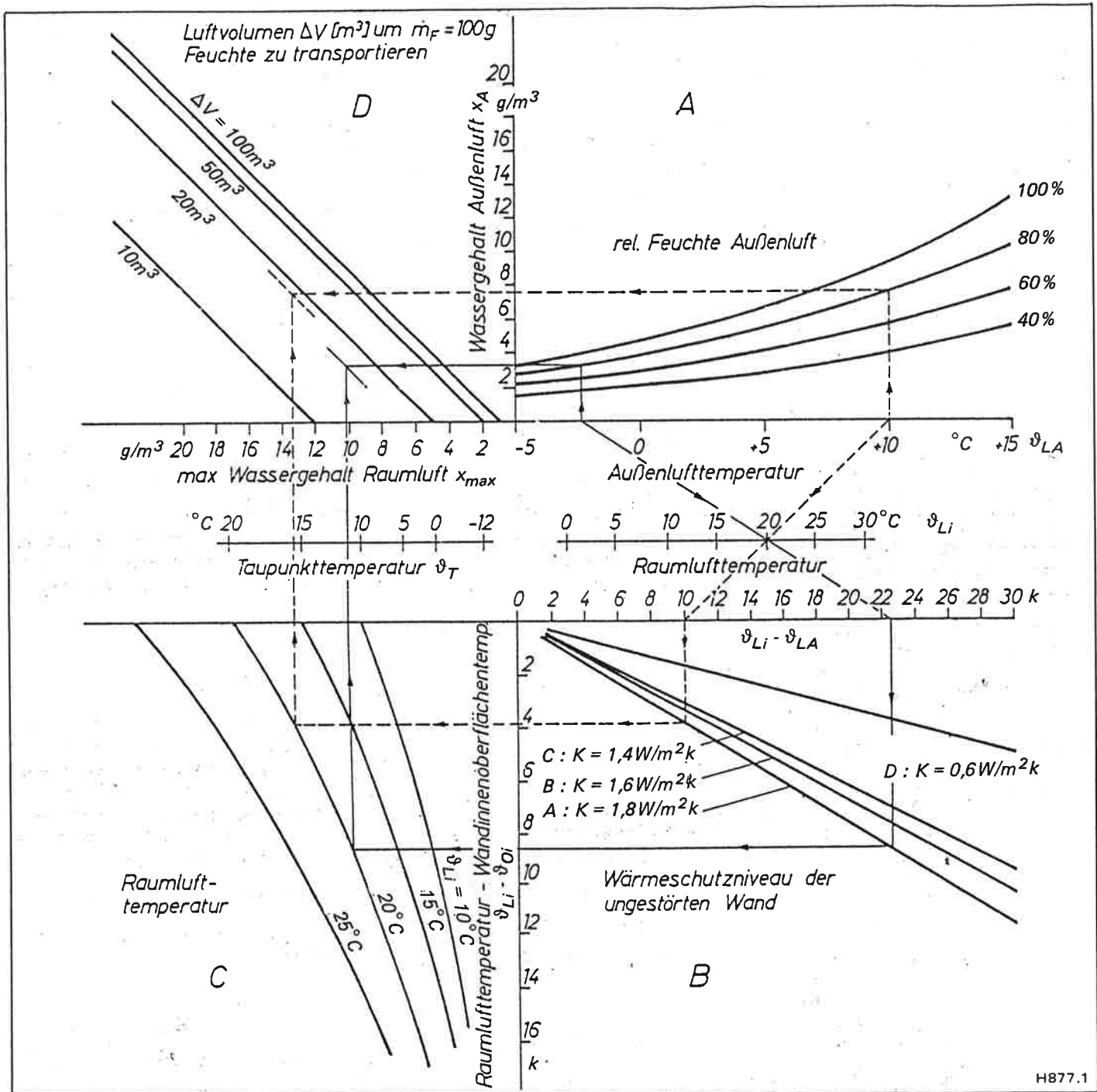


Bild 1: Mindestluftvolumenstrom, um Feuchteausfall an zweidimensionalen Außenwandoecken zu vermeiden. In Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur ϑ_{LA} , dem Wassergehalt der Außenluft x_A , der Raumlufttemperatur ϑ_{LI} und dem Wärmeschutzniveau (k -Wert) der „ungestörten“ Außenwand wird der Luftstrom bestimmt, der zur Abfuhr von $\Delta m_F = 100$ g emittierter Raumfeuchte bei vollständiger Mischung notwendig ist

che ($\vartheta_{LI} - \vartheta_{oi}$) abzulesen ist. Die Gerade wird weiter in die Sektion C hinein bis zur Kurve der maßgeblichen Raumlufttemperatur ϑ_{LI} verlängert, so daß auf der Abszisse der Sektion C der maximale Wassergehalt der Raumluft x_{max} und die Taupunkttemperatur ϑ_T abgelesen werden können.

Die Taupunkttemperatur ϑ_T entspricht der niedrigsten Temperatur der Innenwandoberfläche ϑ_{oi} , bei der gerade kein Kondensat an den Außenwandoecken auftritt. In Sektion D bestimmt der Schnittpunkt der senkrechten Linie aus

Sektion C mit der waagerechten Linie aus Sektion A (Außenluftzustand) die Luftmenge, die zur Abfuhr einer im Raum emittierten Feuchtemenge $\Delta m_F = 100$ g erforderlich ist.

Die so bestimmte Luftmenge gilt für den theoretischen Idealfall, der eine homogene Durchmischung und Erwärmung der zugeführten Außenluft voraussetzt. Mit dem Nomogramm lassen sich unmittelbar die Aussagen ableiten:
 1. Ein besseres Wärmeschutzniveau der ungestörten Außenwand verringert den

theoretischen Mindestluftstrom geringfügig.

2. Bei konstantem Außenluftzustand (ϑ_{LA} , φ_A) und Wärmeschutzniveau (k -Wert) ist zur Abfuhr einer im Raum emittierten spezifischen Feuchtemenge bei niedrigen Raumlufttemperaturen ϑ_{LI} ein größerer Außenluftstrom als bei höheren Raumlufttemperaturen erforderlich.

3. Mit steigender relativer Außenluftfeuchte φ_A wird bei konstanter Außenlufttemperatur ein höherer Frischluftstrom zur Entfeuchtung erforderlich.

4. Bei konstanter Raumlufttemperatur ϑ_{LI}

und relativer Außenluftfeuchte φ_A machen „höhere“ Außenlufttemperaturen ϑ_{LA} einen größeren Außenluftstrom zur Feuchteabfuhr notwendig.

Unter gleichen Voraussetzungen ist in der Übergangszeit ein größerer bauphysikalischer Mindestluftwechsel als bei extrem niedrigen Außentemperaturen erforderlich.

Die Aussagen werden durch die Anwendungsbeispiele gemäß *Tabelle 1* veranschaulicht.

4. Feuchteanfall in Wohnungen

Tabelle 2 enthält eine Zusammenstellung verschiedener Feuchteemittenten in Wohnungen. Die Daten wurden u.a. der Literatur [5 bis 9] entnommen. Weiterhin erscheint es zweckmäßig, zwischen kontinuierlicher und zeitlich begrenzter Feuchteproduktion zu unterscheiden.

4.1 Kontinuierliche Feuchteproduktion

Als kontinuierliche Feuchteemittenten sind zu betrachten: Menschen, Haustiere, Topf- und Schnittpflanzen, Aquarien, Baukörper (Baufeuchte, gepufferte Feuchte), Heimtextilien (Geschirr- und Handtücher, Bettwäsche), Oberbekleidung.

4.2 Zeitlich begrenzte Feuchteproduktion

Hier sind insbesondere die hohen Feuchteabgaben aus Bewirtschaftungsvorgängen wie Kochen, Spülen, Wäsche waschen und trocknen, Putzen, Körperhygiene und der Feuchteabgabe der Menschen bei anstrengenden Tätigkeiten zu sehen.

5. Wohn- und Bewirtschaftungssituation

5.1 Repräsentative Wohnungsgrößen und Personenbelegung

Im Wohnungsbestand können folgende Wohnungsgrößen als repräsentativ betrachtet werden [10]:

- Kleinwohnung: Wohnfläche $A \approx 40 \text{ m}^2$
- Mietwohnung: Wohnfläche $A \approx 68 \text{ m}^2$
- Eigentümerwohnung: Wohnfläche $A \approx 102 \text{ m}^2$

Die statistische Belegungsdichte von Wohnungen wird auf ganze Personen aufgerundet:

- Kleinwohnung: 2 Personen
- Mietwohnung: 3 Personen
- Eigentümerwohnung: 4 Personen

Mit diesen Daten werden verschiedene Nutzungsmodelle zur Abschätzung der Feuchteproduktion in Wohnungen untersucht.

Tabelle 1: Anwendungsbeispiele Theoretischer Mindestluftstrom, um Feuchteanfall an zweidimensionalen Außenwandoberflächen zu vermeiden. Feuchteanfall $\Delta m_F = 100 \text{ g}$

k-Wert [W/m ² K]	ϑ_A [°C]	φ_A [%]	ϑ_{i1} [°C]	V [m ³]
1,4	10	80	20	15
1,8	10	80	20	17
1,8	10	80	16	23
1,8	10	40	16	11
1,8	-2	80	20	15

Tabelle 2: Feuchteabgabe $\dot{m}_{W,i}$ in Wohnungen durch Pflanzen, Menschen und Bewirtschaftungsvorgänge

Emittent	$\dot{m}_{W,i}$
Zimmerblumen z.B. Veilchen	5–10 g/h
Topfpflanzen	7–15 g/h
Mittelgroßer Gummibaum	10–20 g/h
Wasserpflanzen	6–8 g/h
Freie Wasseroberfläche	ca. 40 g/m ² h
Jungbäume	2–4 kg/h
Menschen	
– Schlafen	40–50 g/h
– häufige Tätigkeiten im Haushalt	ca. 90 g/h
– anstrengende häusliche Tätigkeit	ca. 175 g/h
Hygiene	
– Wannenbad	ca. 1400 g/Bad
– Duschbad	ca. 1700 g/Bad (15 min)
Kochen	
– Kurzzeitgericht	400–500 g/h Kochzeit
– Langzeitgericht	450–900 g/h Kochzeit
– Backofengericht	500–1200 g/h Kochzeit
– Braten	ca. 600 g/h Kochzeit
Geschirrspülen	
– Maschine	ca. 200 g/Spülgang
– Vorreinigung/Säubern	130–280 g/Tag
Trocknende Wäsche (4,5 kg Trommel) geschleudert	50–200 g/h tropfnaß
Waschmaschine	100–500 g/h
	200–350 g/Waschvorgang

5.2 Bewirtschaftung

Es soll der kontinuierliche und „stoßartige“ Feuchteanfall in Wohnungen für die Modelle:

Tabelle 3: Kontinuierlicher und stoßartiger Feuchteanfall in Wohnungen für vier Bewirtschaftungsfälle. 50% des stoßartigen Feuchteanfalls werden in 4 h/d abgelüftet

Feuchteproduktion	Kleinwohnung		Mietwohnung	Eigentumswohnung	
	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4	
kontinuierliche Feuchteproduktion	Personen; 24-h-Mittel	117 g/h	80 g/h	180 g/h	240 g/h
	Blumen	100 g/h	100 g/h	200 g/h	200 g/h
stoßartige Feuchtepr.	Tiere/freie Wasserflächen	20 g/h	–	20 g/h	20 g/h
	Heimtextilien	40 g/h	40 g/h	50 g/h	50 g/h
	„Feuchteabgabe Baukörper“	136 g/h	142 g/h	187 g/h	223 g/h
	kontin. Feuchteabgabe	413 g/h	362 g/h	637 g/h	743 g/h
50% von:	Kochen	3270 g/d	3407 g/d	4479 g/d	5336 g/d
	Spülen				
	Wäsche waschen				
	Wäsche trocknen				
	Hygiene				

- 1. Kleinwohnung: 2 nicht berufstätige Personen
- 2. Kleinwohnung: 2 berufstätige Personen
- 3. Mietwohnung: 1 berufstätige Person und 2 nicht berufstätige Personen
- 4. Eigentümerwohnung: 1 berufstätige Person und 3 nicht berufstätige Personen betrachtet werden.

Die personengebundene Feuchteabgabe wird als 24-Stunden-Mittelwert errechnet, der einen täglichen Aktivitätsgang aller Personen berücksichtigt. Dabei wird zwischen Ruhephasen mit $\dot{m}_F = 50 \text{ g/h} \cdot \text{Person}$ und verschieden starker körperlicher Belastung $90 \text{ g/h} \cdot \text{Person} \leq \dot{m}_F < 175 \text{ g/h} \cdot \text{Person}$ der Bewohner unterschieden. Die Feuchteabgabe von Schnitt- und Topfpflanzen wird einheitlich mit $\dot{m}_F = 10 \text{ g/h} \cdot \text{Pflanze}$ angesetzt. Der sogenannte stoßartige Feuchteanfall aus Bewirtschaftungsvorgängen wird für einen Wochenzyklus aufsummiert und auf die Tage gleich verteilt. Damit sollen nicht täglich anfallenden Feuchtemengen, z.B. Wäsche waschen und trocknen etc., Rechnung getragen werden.

Unter den gegebenen Lüftungsrandbedingungen in Wohnungen wird stoßartig anfallende Feuchte nur begrenzt unmittelbar vom Entstehungsort abgeführt. Ein Teil der Feuchte wird in gasförmiger und flüssiger Form an den Wänden und Einrichtungsgegenständen der Wohnung angelagert.

Dabei können von wohnungsüblichen Materialien beträchtliche Feuchtemengen gepuffert werden [11].

Der Modellbetrachtung wird zugrunde gelegt, daß 50% des stoßartigen Feuchteanfalls gespeichert und über 24 Stunden kontinuierlich abgelüftet werden (Teil der Basislüftung).

Der Rest der Feuchte soll während der aktiven Bewirtschaftungszeit der Wohnung (ca. 4 h/d) über die Zusatzlüftung abgeleitet werden. *Tabelle 3* enthält eine

Tabelle 4: Bauphysikalischer Mindestluftstrom für Wohnungen zur Vermeidung von Feuchteausfall an zweidimensionalen Außenwandoberflächen. Kontinuierlicher Basisluftstrom und Zusatzluftstrom für vier Modellfälle. Nettovolumenstrom in m³/h

Lüftungsart	Raumlufttemperatur ϑ_{Li} [°C]	Kleinwohnung		Mietwohnung	Eigentumswohnung
		Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Basisluftstrom	20 16	70 95	62 83	108 146	126 170
Zusatzluftstrom	20 16	280 380	248 332	432 584	504 680

Parameter: Außenlufttemperatur $\vartheta_{LA} = 10^\circ\text{C}$ Wärmeschutzniveau
 Außenluftfeuchte $\varphi_{LA} = 80\%$ ungestörte Außenwand $k = 1,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Zusammenstellung möglicher Feuchtebelastung in Wohnungen.

$$\vartheta_{Li} = 20^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_{Li} = 16^\circ\text{C}$$

6. Notwendige Lüftung zur Feuchteabfuhr

Für die vier Modellfälle der Wohnungsbewirtschaftung gemäß Ziffer 5.2 und Tabelle 3 wird der kontinuierliche Basisluftstrom und der zeitlich begrenzte Zusatzluftstrom bestimmt. Es wird vorausgesetzt, daß der Zusatzluftstrom während des drei- bis vierstündigen „aktiven“ Hauswirtschaftszeitraums gewährleistet ist. Mit Hilfe des Nomogramms gemäß Bild 1 und dem Feuchteanfall gemäß Tabelle 3 kann für verschiedene Parameterkombinationen von Wärmeschutzniveau, Außenluftzustand und Raumlufttemperatur der bauphysikalisch erforderliche Mindestluftstrom bestimmt werden. Tabelle 4 enthält eine Auswertung für:

$$\vartheta_{LA} = 10^\circ\text{C}$$

$$\varphi_{LA} = 80\%$$

$$k = 1,8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}} \text{ (ungestörte Außenwand)}$$

Um einen Feuchteausfall an zweidimensionalen Außenwandoberflächen zu vermeiden, werden für die Modellfälle

- kontinuierliche Basisluftströme $70 \text{ m}^3/\text{h} \leq \dot{V}_{L \text{ Basis}} \leq 170 \text{ m}^3/\text{h}$
- Zusatzluftströme $280 \text{ m}^3/\text{h} \leq \dot{V}_{L \text{ Zusatz}} \leq 680 \text{ m}^3/\text{h}$

erforderlich.

Die rechnerische Simulation der natürlichen Lüftung von Wohnungen [12] zeigt, daß die bauphysikalisch notwendige Lüftung nicht gewährleistet ist!

Zum Schutz der Bausubstanz sind definierte Undichtheiten in der Gebäudehülle erforderlich.

7. Wirksamkeit der Lüftung

Die Wirksamkeit der Lüftung wird durch die Luftführung und die Lage der Feuchtequellen bestimmt. Die abgeleiteten Volumenströme (Nettoluflußrate) gelten für den Lüftungstechnischen Idealfall.

Die praktisch in Wohnungen erforderlichen Luftvolumenströme (Bruttoluflußrate) sind unter Berücksichtigung der Lüftungseffektivität ε_v zu bestimmen:

$$\dot{V}_{L \text{ Brutto}} = \frac{\dot{V}_{L \text{ Netto}}}{\varepsilon_v}$$

Für ausgeführte Wohnungen kann näherungsweise $\varepsilon_v \leq 0,5$ angenommen werden. [H 877]

Literaturverzeichnis

[1] Gertis, K., u. C. Soergel: Tauwasserbildung in Außenwänden. Kritische bauphysikalische und rechtliche Anmerkung zu einem Urteil des Oberlandesgerichtes Hamm. DAB 15 (1983), Nr. 10, S. 1045/50.
 [2] BS 5925: 1980. Code of practice for design of buildings ventilation principles and designing for natural ventilation. British Standards Institution.
 [3] Jardinier, P., u. J. Simonnot: La ventilation des logements: bilan et perspectives L'installateur, Nr. 436, 1981.
 [4] Gertis, K.: Bauphysikalische Grundlagen der Wohnungslüftung. Vortrag anlässlich Kolloquium „Wohnungslüftung/-heizung in Zukunft“, Bonn, 1983.
 [5] Gertis, K., u. H. Erhorn: Wohnfeuchte und Wärmebrücken. HLH 36 (1985) Nr. 3, S. 130/35.
 [6] Gertis, K., u. H. Erhorn: Neue Überlegungen zum Mindestwärmeschutz, WKSB, erscheint demnächst.
 [7] Fanger, P. O.: Thermal Comfort. McGraw-Hill Book Company, N.Y. (1972).
 [8] Bley, H.: Innenküche. Untersuchung über Feuchte- und Temperaturverhalten von fensterlosen Innenküchen. Dissertation Universität Dortmund (1983).
 [9] Schmittlutz, R.: Sanitärzellen im Wohnungsbau. Untersuchungen der Heizungs- und Lüftungsprobleme unter besonderer Berücksichtigung der wärmephysiologischen, bauphysikalischen und nutzungsbedingten Forderungen. Dissertationen Universität Braunschweig (1975).
 [10] Herberger, L., et al.: Bestand und Struktur der Gebäude und Wohnungen. Wirtschaft und Statistik (1980) Nr. 5.
 [11] Künzel: Die Feuchtigkeitsabsorption von Innenoberflächen und Inneneinrichtungen. Institut für technische Physik der Fraunhofer-Gesellschaft Stuttgart.
 [12] Lübke, P., u. O. Kampfenkel: Wohnungen mit Abluft- oder Abgasschächten ausstatten. Natürliche Belüftung von Wohnungen unterschiedlicher Ausgestaltung – Parameterstudie. SHT, Heft 3, 1985.

Rechtsprechung

KEINE BESONDERE STEUERBEGÜNSTIGUNG FÜR SAUNA

Nach § 82a Einkommensteuereinführungsgesetz kann der Steuerpflichtige bei einem Gebäude von den Herstellungskosten erhöhte Absetzungen für den Einbau bestimmter Anlagen und Einrichtungen vornehmen. Zu den begünstigten Anlagen und Einrichtungen gehören auch „neuzzeitliche sanitäre Anlagen“. Bei dieser Ausgangslage hat sich der Bundesfinanzhof im Urteil vom 26. 7. 1983 – VIII R 145/81 – mit der Frage befaßt, ob eine Sauna zu den begünstigten Anlagen und Einrichtungen gehört.

Insoweit darf nun nicht unberücksichtigt bleiben, daß die Einkommensteuer-

durchführungsverordnung auf § 51 Einkommensteuergesetz beruht und mittelbar die Mindestausstattung im sozialen Wohnungsbau behandelt wird. Das bedeutet zwar, daß Mehrausstattungen von der Begünstigung nicht unbedingt ausgeschlossen sind. Die gesetzliche Ermächtigung ist aber als Rechtsgrundlage für eine Rechtsverordnung gedacht gewesen, durch die die Angleichung der Ausstattung der Altbauwohnungen an die beim sozialen Wohnungsbau vorgeschriebene Mindestausstattung steuerlich gefördert werden sollte. Demgemäß ist nicht eine Begünstigung von Anlagen vorgesehen, die über die Mindestausstattung der Anlagen und Einrichtungen

im sozialen Wohnungsbau erheblich hinausgehen.

Die Zielsetzung der gesetzlichen Begünstigung legt es also nahe, daß der Gesetzgeber mit dem Ausdruck „neuzzeitliche sanitäre Anlagen“ an eine Mindestausstattung mit Anlagen, die der Hygiene dienen, gedacht hat, nicht aber an Anlagen, die mehr dem medizinischen Verständnis des Ausdrucks „sanitäre Anlagen“ zuzuordnen sind. So wurden dem Steuerpflichtigen für den Einbau der Sauna keine erhöhten Absetzungen gemäß § 82a Einkommensteuereinführungsgesetz zuerkannt.

Dr. O. [H 772]