

14 (1987) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

K. Gertis und H. Erhorn

Feuchteunempfindliche Schornsteine - wie funktionieren sie bauphysikalisch?

1. Problemstellung

Der Schornstein einer Verbrennungsstätte hatte von jeher die Aufgabe, die Abgase aus dem Haus abzuführen; bei Feuerstellen mit natürlichem Zug hat er zusätzlich auch die erforderliche Verbrennungsluft anzusaugen. Dies ist über Jahrhunderte hinweg bei den damals üblichen Verbrennungsstätten ohne Probleme bewerkstelligt worden. In den letzten Jahren wurden die Heizkessel, um Energie zu sparen und die Umwelt zu schonen, erheblich weiterentwickelt und verbessert. Die Wärmeleistung der Feuerungsanlagen ging aus Einspargründen zurück. Anlagen unter 20 kW werden immer häufiger. Kleine Anlagen können bezüglich Tauwasserausscheidung im Schornstein kritischer sein als große, weil der geringere Abgasmassenstrom nicht mehr jene Energie aufbringt, die nötig ist, um die Schornsteinwandung über der Taupunkttemperatur zu halten.

Die Vermeidung von Feuchteschäden an Schornsteinen infolge tauendem Wasserdampf gewinnt bei verbesserten Brenntechniken eine immer größere Bedeutung. Hierzu sind in letzter Zeit sog. "feuchteunempfindliche" Schornsteine auf den Markt gekommen, bei denen bei ständigem Betrieb mit Innenwandtemperaturen unterhalb der Wasserdampftaupunkttemperatur des Abgases die Abgasfeuchte nicht zu Gefahren oder unzumutbaren Belästigungen führen darf. Ähnlich den bekannten Fassaden- bzw. Flachdachbauarten werden auch für feuchteunempfindliche Schornsteine unbelüftete Bauarten (mit relativ feuchtedichten Innenschalen) oder belüftete Bauarten (mit Belüftungsspalten oder Belüftungskanälen) eingesetzt.

2. Wärme- und Feuchtehaushalt des Schornsteines

Der Wärme- und Feuchtehaushalt eines feuchteunempfindlichen Schornsteins wird durch Bild 1 verdeutlicht. Man erkennt, daß sowohl die Abgase, als auch die Luft in den Belüftungsspalten verschiedene Bereiche durchlaufen, nämlich:

Bereich A

Dieser Bereich ist normal beheizt und liegt innerhalb eines beheizten Gebäudes. Im Bereich A kann stockwerkweise eine außenseitige Verfließung mit keramischen Belägen vorkommen, z.B. dann, wenn der Schornstein durch ein Badezimmer verläuft. Die Plattierung, welche den Feuchtetransport beeinflusst, wird in der Regel zweiseitig angebracht.

Bereich B

Dieser Bereich führt durch Dachböden, Speicher, Spitzböden und dgl. Er ist unbeheizt, aber vor Außenluft geschützt. Evtl. weist der Schornstein in diesem Bereich eine zusätzliche Wärmedämmung auf.

Bereich C

Dieser Bereich liegt über dem Dach. Er ist voll der Außenluft ausgesetzt. In der Regel besitzt der Schornsteinkopf zusätzliche Dämm- und Bekleidungsschichten.

Die Wärme- und Feuchteübertragungsvorgänge in den einzelnen Bereichen sind rechnerisch mittels eines dreidimensionalen Computerprogramms und experimentell an aufgebauten Schornsteinen im Maßstab 1:1 untersucht worden [1]. Zwischen Rechnung und Messung ergab sich eine ausgezeichnete Übereinstimmung.

3. Tauwasserbildung über die Schornsteinhöhe

In den Bildern 2 und 3 sind für unbelüftete und belüftete Schornsteine die berechneten Verteilungen des Wasserdampfpartialdrucks über den Schornsteinquerschnitt in verschiedenen Höhen wiedergegeben. Die der Rechnung zugrundeliegenden Randbedingungen werden in [1] beschrieben. Man erkennt deutlich, daß im Bereich B und C Tauwasser ausfällt. Im Bereich A tritt keine Tauwasserbildung auf.

Tauwasserbildung kann aber nicht nur, wie aus den Bildern 2 und 3 ersichtlich ist, vom Innenrohr ausgehen, sondern beim belüfteten Schornstein auch vom Luftspalt, d.h., daß dann auch quasi a tergo

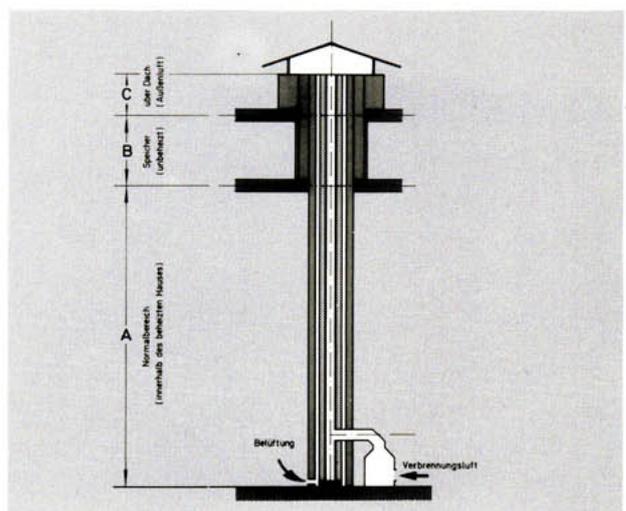


Bild 1: Schematische Darstellung der Bereiche, welche ein Schornstein durchläuft.

- A: Normalbereich, beheizt
- B: Dachraum (Speicher), unbeheizt
- C: Überdach-Bereich, Außenluft

eine Befuchtung von "hintenherum" auftreten kann, weil sich die Spaltbelüftungsluft längs ihres Strömungsweges mit Feuchte sättigt und ab einer bestimmten Schornsteinlänge keine weitere Feuchte mehr aufnehmen kann. Die Massenströme in Bild 4 verdeutlichen dies. Um die Aussagen über die dort abgebildeten Massenströme verallgemeinerungsfähig zu halten, werden anstelle der Ströme Prozentwerte angegeben. Als Bezugswert gilt dabei der Diffusionsstrom, der vom Abgasrohr in die Konstruktion gelangt (100 %-Wert). Die Massebilanz ist für jeden Schnitt ausgeglichen. Aus Bild 4 erkennt man, daß im unteren Schornsteinbereich ca. 80 % der in die Konstruktion diffundierenden Feuchte über die Belüftung abgeführt wird. Mit ansteigender Schornsteinhöhe verschlechtert sich jedoch die Abfuhrmöglichkeit. Wenn die Schornsteine genügend lang sind, stellen sich beim belüfteten Schornstein schwerwiegendere Feuchte-transportprobleme als beim nichtbelüfteten. Ein genügend langer belüfteter Schornstein blockiert sich hydrodynamisch selbst; er geht bauphysikalisch in einen unbelüfteten Schornstein über. Die Feuchteaufnahme-fähigkeit der Spaltluft erschöpft sich im Bereich C bzw. - bei großen Schornsteinhöhen - auch schon im Bereich B oder im oberen Teil von A praktisch vollständig. Die Belüftung wird dann sogar pervertiert: Anstatt Feuchte abzuführen, befeuchtet sie den Schornstein. Dies wird durch die Umkehr der Pfeilrichtung in Schnitt I (oben in Bild 4) eindrucksvoll bestätigt. Man erkennt, daß dort ein Feuchtestrom von 111 % aus dem Kanal in die Wärmedämmschicht hinein übertragen wird; in den übrigen Schnitten II bis IV verlief die Pfeilrichtung noch in den Belüftungskanal hinein. Der 111-%ige Strom ist größer als der mit 100 % angesetzte Strom vom Abgasrohr her. Dies bedeutet, daß das Belüftungssystem im Schnitt I den Schornstein stärker befeuchtet als die im Abgas enthaltene Feuchte.

Das Phänomen, daß Belüftungsspalte sich ab einer gewissen "kritischen Länge" in ihrer Wirkung erschöpfen, ist von Flachdächern und belüfteten Dachkonstruktionen her seit langem bekannt [2] und hat bei der 1981 erfolgten Neuauflage der DIN 4108 [3] zur Festlegung längenabhängiger Diffusionswiderstände belüfteter Flachdächer geführt.

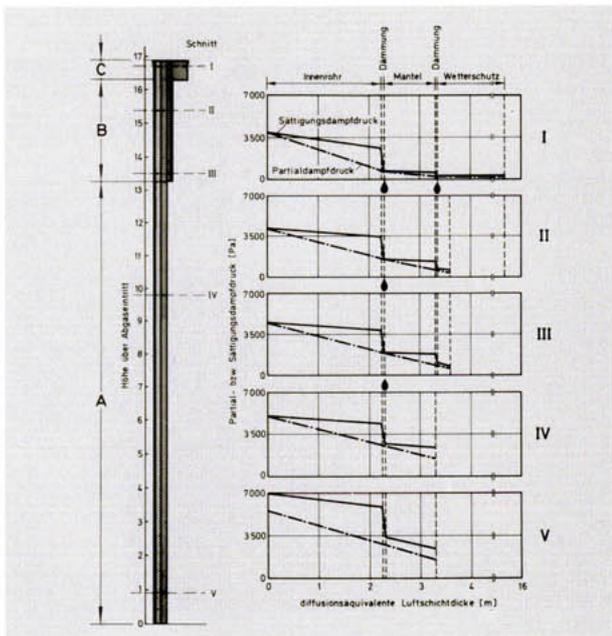


Bild 2 Berechnete Verteilungen des Wasserdampfpartialdruckes und Sättigungswasserdampfdruckes über den Querschnitt eines unbelüfteten Schornsteins in verschiedenen Schornsteinhöhen mit Angabe des Ortes von Tauwasseranfall.

♣ Tauwasser

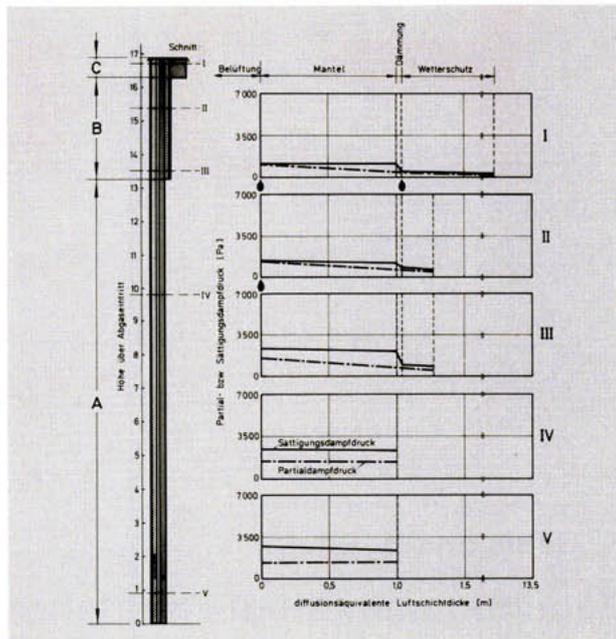


Bild 3 Berechnete Verteilung des Wasserdampfpartialdruckes und des Sättigungswasserdampfdruckes über den Querschnitt eines belüfteten Schornsteins in verschiedenen Schornsteinhöhen mit Angabe des Ortes von Tauwasseranfall.

♣ Tauwasser

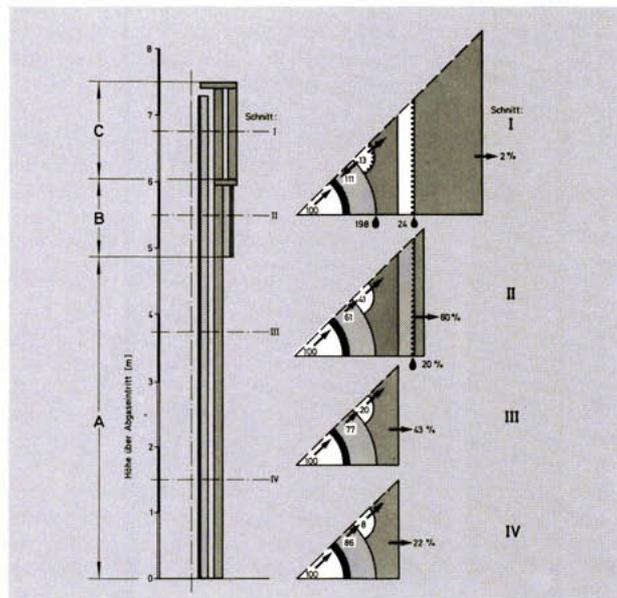


Bild 4 Darstellung der Feuchtediffusionsströme in verschiedenen Ebenen des untersuchten eckbelüfteten Schornsteins. Die Diffusionsströme werden auf den über das Rauchgasrohr in die Konstruktion eindiffundierenden Feuchtestrom (100 %) bezogen.

4. Literatur

- [1] Gertis, K. und Erhorn, H.: Feuchteunempfindliche Schornsteine. Wärme- und Feuchtehaushalt aus bauphysikalischer Sicht. Erscheint demnächst in Bauphysik.
- [2] Gertis, K.: Die hygrische Wirkung von Luftspalten in belüfteten Flachdächern. Betonwerk und Fertigteil-Technik 45 (1979), H. 2, S. 108-114.
- [3] DIN 4108: Wärmeschutz im Hochbau. Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz. Hinweise für Planung und Ausführung; Teil 5: Berechnungsverfahren. August (1981), Beuth-Verlag, Berlin.

Herstellung und Druck:
IRB Verlag, Informationszentrum RAUM und BAU
der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart
Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des
Fraunhofer-Instituts für Bauphysik



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK
7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel.(0711)6868-00
8150 Holzkirchen (OBB), Postf. 1180, Tel. (08024)643-0