

Möglichkeiten zur Bestimmung der Gebrauchstauglichkeit bei der Entwicklung neuartiger Bausysteme

Neue Wege bei der Zulassung von Bauprodukten

Hans-Peter Leimer und Arne Lüdemann

1 Kurzfassung und Ziel

Im Rahmen einer Entwicklung eines neuartigen Dämmsystems wurden neue Vorgehensweisen zur Bestimmung der Gebrauchstauglichkeit unter realitätsnahen, baupraktischen Bedingungen geführt. Hier wurden, ergänzt durch normierte Laborprüfungen einzelner Bauteilkomponenten und numerische Simulationsberechnungen des Systems, die Auswirkungen eines regional unterschiedlichen, europäischen Klimas auf ein ganzes Gebäude und dessen Bauteile im Rahmen eines 1:1 - Praxistests geprüft und bewertet. Zur Bestimmung der Gebrauchstauglichkeit wurde durch das BBS INSTITUT ein Untersuchungsprogramm erarbeitet, das im Klima- und Windtunnel „Jules Verne“ des „Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)“ in Nantes-Frankreich durchgeführt wurde. Ziel einer solchen Untersuchung war es, ein besseres Verständnis der physikalischen Einflüsse von Wind und anderen klimatischen Einflüssen wie Regen, Schnee und Temperatur auf ganze Gebäude, deren Bauteile und das Tragwerk zu erhalten und so die Qualität eines Produktes ohne eine mehrjährige Bewährungsprobe in der Praxis für den Anwender zu gewährleisten.

2 Einleitung

Führende Unternehmen zeichnen sich u.a. dadurch aus, dass sie Engagement, Leistungsfähigkeit und Innovationen verbinden und durch strategische Ausrichtungen ihres Produktportfolios ihre Markstellungen festigen. Hierzu müssen neben den Erfordernissen des Marktes die wirtschaftlichen Aspekte von neuen Bauprodukten und Systemen genauestens analysiert werden. Bei solchen Bauproduktentwicklungen stehen den Unternehmen grundsätzlich 2 Möglichkeiten zur Verfügung:

- Die Entwicklung von "Me-too" Produkten,
- Die Entwicklung neuer Produkte und/oder Kombination einzelner Produkte zu abgestimmten Systemen.

Während die erste Möglichkeit grundsätzlich darauf abzielt direkt vergleichbare Produkte zu entwickeln, die, bedingt durch ihre Bekanntheit, Innovationen auf die Optimierung der Herstellung mit geringen Modifikationen der Produktleistungsfähigkeit beschränken, werden bei der Neuentwicklung von Bauprodukten grundlegende Überlegungen für Einsatz, Fertigung und Montage erforderlich. Eine solche Entwicklung erstreckt sich über mehrere Jahre und fordert als Ergebnis ein gebrauchstaugliches Produkt, das den Grundlagen der anerkannten Regeln der Technik entspricht.

Unter dem (juristischen) Begriff der (allgemein) anerkannten Regeln der Technik versteht man die auf Erkenntnissen und Erfahrungen beruhenden, geschriebenen und ungeschriebenen Regeln der Technik, die in zugehörigen Fachkreisen bekannt sind und auf deren Einhaltung geachtet werden muss. Diese Regeln werden als richtig anerkannt und beruhen auf wissenschaftlichen Grundlagen die sich in der Praxis bewährt haben. Es wird so die Gebrauchstauglichkeit von Produkten und Systemen gefordert, die effektiv, effizient und zufrieden stellend ihre zugesicherten Eigenschaften erfüllen und zweckdienlich den an sie gestellten Anforderungen im entsprechenden Einsatz genügen (*Nach DIN 55350-11, 1995-08, Nr. 4).

Wie kann nun die Eignung von neuen Bauprodukten und Systemen nachgewiesen werden?

Die Eignung von neuen Bauprodukten und Systemen wird durch die nationalen und internationalen Zulassungsstellen für Bauprodukte in Deutschland gemäß der Bauproduktenrichtlinie (BPR) geregelt.

Nach der Bauproduktenrichtlinie dürfen Bauprodukte nur in den Verkehr gebracht werden, wenn sie brauchbar sind, d.h. solche Merkmale aufweisen, dass das Bauwerk, in das sie eingebaut werden sollen, bei ordnungsgemäßer Planung und Bauausführung die wesentlichen Anforderungen erfüllen kann, wenn und soweit national solche vorgesehen sind. Zur Konkretisierung der rechtlichen Anforderungen verweist die Bauproduktenrichtlinie auf "technische Spezifikationen", d.h. auf harmonisierte europäische Normen (EN) und auf europäische technische Zulassungen (European Technical Approvals - ETA).

In Deutschland schreiben die Landesbauordnungen diese Eignungen für Verfahren und Produkte vor, die nach Vorschriften der Mitgliedstaaten der EU - einschließlich deutscher Vorschriften - und der Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum zur Umsetzung von Richtlinien der EU in Verkehr gebracht und gehandelt werden dürfen und die die CE-Kennzeichnung tragen.

Das Deutsche Institut für Bautechnik hat die Aufgabe, die technischen Regeln für Bauprodukte und Bauarten in den Bauregellisten A und B sowie Liste C aufzustellen. Grundsätzlich werden hier Bauprodukte, für die es technische Regeln gibt (geregelt Bauprodukte) und für die es keine Regeln gibt (nicht geregelte Bauprodukte) unterschieden.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen werden für solche Bauprodukte und Bauarten im Anwendungsbereich der Landesbauordnungen gefordert, für die es keine allgemein anerkannten Regeln der Technik oder auch keine nationalen oder internationalen Normen gibt oder die von diesen wesentlich abweichen. Im Rahmen der Zulassung sind die "wesentlichen Anforderungen" an die Produkte und Verfahren mittels international festgelegter Prüfverfahren nachzuweisen. Diese labortechnischen Prüfungen oder numerischen Simulationsrechnungen umfassen die Aspekte

- Mechanische Festigkeit und Standsicherheit
- Brandschutz
- Schallschutz
- Wärmeschutz
- Umweltschutz und Energieeinsparung
- Hygiene und Gesundheit
- Nutzungssicherheit.

Die Prüfungen für die Nutzungssicherheit, insbesondere unter Berücksichtigung der Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit unter realitätsnahen baupraktischen Bedingungen, konnten bis dato nicht ausreichend geführt werden, weil auf regionale Einflüsse des Klimas wie Temperatur, relative Luftfeuchte, Schlagregen, Schnee, Wind und Strahlung unter instationären Bedingungen nicht umfassend eingegangen werden konnte.

Die Bestimmung der Gebrauchstauglichkeit ist insbesondere für die Langzeitbewährung solcher neuen Bauprodukte oder Systeme notwendig. Einflüsse während der Nutzung können so nur mittels numerischer Simulationsverfahren oder praxisnaher Tests im Maßstab 1:1 in speziellen Klimakammern durchgeführt werden.

Im Rahmen einer Systemneuentwicklung eines neuartigen Dämmsystems wurde durch das BBS INSTITUT im Auftrag der Firma URSA International mittels neuer Vorgehensweisen der Nachweis zur Bestimmung der Gebrauchstauglichkeit unter realitätsnahen baupraktischen Bedingungen geführt. Hier wurden, ergänzt durch normierte Laborprüfungen an einzelnen Komponenten und numerische Simulationsberechnungen am gesamten System, die regionalen Einflüsse im Rahmen eines 1:1 - Praxistests sowie die Auswirkungen der unterschiedlichen Klimate in Europa auf ein ganzes Gebäude und seine Bauteile überprüft und bewertet. Diese Erkenntnisse flossen sowohl in die Projektentwicklung als auch in die Zulassung des Systems beim DIBt ein.

3 Bestimmung der Gebrauchstauglichkeit von neuen Bauteilen und Systemen unter realitätsnahen Bedingungen

Zur Bestimmung der Gebrauchstauglichkeit von neuen Bauteilen und Systemen unter realitätsnahen Bedingungen wurde durch das BBS INSTITUT ein Untersuchungsprogramm für ein Testhaus erarbeitet, das im Klima- und Windtunnel „Jules Verne“ der Abteilung „Aerodynamique et Environnement Climatique (AEC)“ des „Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)“ in Nantes-Frankreich durchgeführt wurde. Ziel eines solchen Versuches ist es, ein besseres Verständnis der physikalischen Einflüsse von Wind und anderen klimatischen Einflüssen auf ganze Gebäude, Tragwerke, aber auch auf diverse großformatige Industrieprodukte und Kraftfahrzeuge zu erhalten.



Bild 1: Testhauses im Windtunnel

Der Windtunnel gliedert sich in zwei, voneinander unabhängig zu betreibende Einzelversuchsövale. Hier besteht die Möglichkeit, einzelne Klimaparameter wie Wind, Regen, Schnee, Temperatur, Strahlung nach Bedarf zu kombinieren und zu regeln. So können Klimabeanspruchungen auf ein Gebäude unter sehr realen Bedingungen durchgeführt werden. Die Aussagekraft der Tests ist dementsprechend hoch.

Im größeren, äußeren Windtunnel werden regionale und zeitlich veränderbare Windereignisse im Bereich 5 (siehe Abbildung 1) bis 100 km/h abgebildet. Die höchsten Windgeschwindigkeiten bis 280 km/h werden im Bereich 1 erreicht.

Im inneren Windtunnel können die Temperaturen in einer Bandbreite von -25°C bis 50°C und Luftfeuchten von 30% bis 100% geregelt werden. Die maximale Luftgeschwindigkeit kann im Bereich 13 von 90 km/h auf 140 km/h geregelt werden. Hier können Regenereignisse bis zu einem Niederschlag von 250 mm/h und bei Bedarf auch Sandstürme erzeugt werden. Zusätzlich ist es möglich mit Schneekanonen ein Schneesturm im Klimatunnel zu erzeugen. Die Niederschlagsmenge beträgt bis zu 150mm Schnee/h.

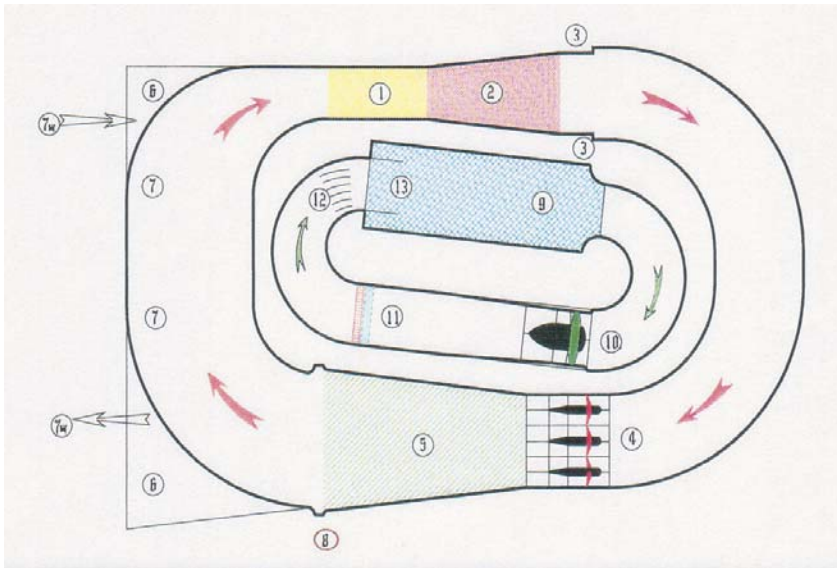


Abbildung 1 : Windtunnels „Jules Verne“ des CSTB in Nantes

1.	Hochgeschwindigkeitsabschnitt	30 m ² Prüfquerschnitt; Windgeschwindigkeit = 78m/s
2.	Verteilabschnitt	50 m ² Prüfquerschnitt
3.	Lufteinlassöffnungen	Temperaturregelung
4.	Ventilatoren	
5.	Umweltprüfungen	134 m ² Prüfquerschnitt
8.	Kontrolle des Atmosphärendrucks	
9.	Versuchskammer; Klimatunnel	Länge: 25 m; Höhe:7 m; Prüfquerschnitt 30 m ² Nachbildung von natürlicher Luftströmung, Nebel und Frost; Schnee (bis 15cm/h); Schneesturm; Nachbildung von Sonnenstrahlung Windgeschwindigkeit bis 35m/s Temperaturbereich -25°C bis 50°C rel. Luftfeuchte 30% bis 100% Strahlungsstärke bis 1100W/m ²
10.	Ventilator	
11.	Heiz- und Kühlregister	
12.	Leitbleche	
13.	Düse	Einstellbarer Prüfquerschnitt 18 bis 30 m ² Windgeschwindigkeit ≤ 40 m/s

4 Das Testhaus und Dachsystem

Um die Versuche im Windtunnel durchführen zu können, musste das Testhaus auf die Größenverhältnisse des Windtunnels des CSTB nur ganz geringfügig angepasst werden. Das Testhaus bestand aus einem Metallrahmen, auf den nach Bedarf die entsprechenden Bauelemente aufgesetzt werden können. Eine Variation des Dachneigungswinkels ist beliebig möglich. Für die im Folgenden durchgeführten Versuche wurde eine Dachneigung von 45° gewählt. Das Hauptaugenmerk lag bei dieser Untersuchung auf den Dachelementen und dem darunterliegenden Dachraum. Damit während des Wintertests eine aussagekräftige Thermographie erstellt werden konnte, war es erforderlich auch den Zwischenboden und die Giebelwände zu dämmen und die Bauteilanschlüsse luftdicht auszuführen. Der Innenraum wurde mit einem regelbaren Heizlüfter auf übliche Innenraumtemperaturen von ca. 20 °C aufgeheizt.

Eine umfassende Messtechnik zur Aufnahme der Lufttemperaturen, der rel. Luftfeuchten, der Oberflächentemperaturen sowie der Materialtemperaturen und – feuchten wurde installiert und die Daten mittels Datenloggern während der Versuche aufgezeichnet.

5 Das Prüfprogramm

Das Prüfprogramm zur Überprüfung der Dachelemente in Hinblick auf Ihre Gebrauchstauglichkeit gliedert sich in 6 Abschnitte:

1. Versuch Regentest
2. Versuch Sommertest
3. Versuch Wintertest
4. Versuch Flugschnee
5. Versuch Windtest mit Dachziegel
6. Versuch Windtest ohne Dachziegel

Um die Wechselwirkungen des Klimas auf das Testhaus zu erkennen wurde ein Prüfschema festgelegt, bei dem die jeweils ungünstigsten Prüfbedingungen in der Klimakammer erzeugt wurden. Die Reihenfolgen der einzelnen Prüfungen wurden so aufeinander abgestimmt, dass auch Effekte wie Umkehrdiffusion Berücksichtigung fanden. Dazu wurde z.B. der Regentest vor dem Sommertest durchgeführt und die Dachziegel erst nach dem Sommertest aufgelegt. Zudem wurden die Dachelemente einer extremen Beanspruchung ausgesetzt, indem das Dach ohne Auflast aus einer harten Bedachung bei maximaler Windbelastung geprüft wurde.

Tabelle 1 : Versuchsprogramm

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5	Versuch 6
	Regen	Sommer	Winter	Schnee	Wind	Wind
Temperatur [°C]	25	30	-10	-10	23	23
Windgeschwindigkeit [m/s]	12	3	3	12	5 – 35	5 – 50
Regenmenge [mm]	60					
Schneemenge [g/m ³]				2		
Strahlungsintensität [W/m ²]		1000				
Ausrichtung [°]	0	90	90	0	30	30
Versuchsdauer [h]	60	150	3	1	30	30

5.1 Regentest

Der Regentest wurde im Bereich 9 „thermal unit“ (siehe Abbildung 1) im inneren Tunnel durchgeführt. Hier galt es die Regensicherheit des Dachsystems ohne Dacheindeckung, entsprechend einer Belastung im Bauzustand zu überprüfen.

Das Regenereignis erfolgte traufseitig des Testhauses. Eine Regenintensität von 60 mm/h wurde durch Regelung der Wasserdruckverhältnisse in den Zuleitungsrohren und in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit von 12 m/s geregelt. Die Regenstärke entspricht einer Regenspende von 167 l/s*ha. Der Wert ist der 3-fache der Regenmenge gleich zusetzten, die im Sommer 2002 während der Jahrhundertflut in Dresden gemessen wurde.

Die Versuchsdauer betrug 1 h. Während des gesamten Versuches wurde die Temperatur im Klimatunnel auf 25°C konstant gehalten.



Bild 2: Testhaus während Regentest

Nach Versuchsende konnten nach Begutachtung keine undichten Stellen in der Unterdeckung sowie Undichtigkeiten der Dachelemente raumseitig festgestellt werden. Erhöhte Holzfeuchten in den Holzwerkstoffplatten unterhalb der Unterspannbahn und den Dachuntersichten wurden nach der (kurzen) Versuchsdauer nicht festgestellt.

5.2 Sommertest

Im Rahmen dieses Testes sollte die Umkehrdiffusion, die infolge der Feuchte auf der USB bedingt durch die Temperaturerhöhung auf der Bauteiloberfläche in den Bauteilquerschnitt gerichtet statt findet, geprüft werden. Im Weiteren sollten die Auswirkungen einer erhöhten Einstrahlung auf das Dachsystem überprüft werden. Die Dauerhaftigkeit gegen UV Strahlung war nicht Gegenstand der Prüfung. Diese Prüfung kann in Dauerhaftigkeitstests nach DIN EN 1297 durchgeführt werden.

Das Testhaus wurde für diesen Versuch auf der Bestrahlungsfläche unterhalb der Strahler mit einer maximalen Leistung von 1200 W um 90° gedreht ausgerichtet, um auch eine Bestrahlung durch die seitlich angeordneten Strahler zu ermöglichen. Die Temperatur im Klimatunnel wurde von 25°C auf 30°C erhöht. Die Windgeschwindigkeit auf 3 m/s heruntergeregelt. Die Versuchsdauer betrug insgesamt 150 min bestehend aus 90 min Aufwärmphase und 60 min Versuchsdauer unter konstanten Bedingungen. Die Messergebnisse der Strahlungsintensität gemessen auf der Versuchsoberfläche zeigen Tabelle 2.

Tabelle 2 Strahlungsmessung auf dem Dach während des Sommertests

Messpunkt	Traufe	Mitte	First	First	Mitte	Traufe
Höhe [m]	1,5	2,2	2,8	2,8	2,2	1,5
Strahlung [W/m²]	625	930	1100	1050	1100	625



Bild 3: Testhaus während Sommertest

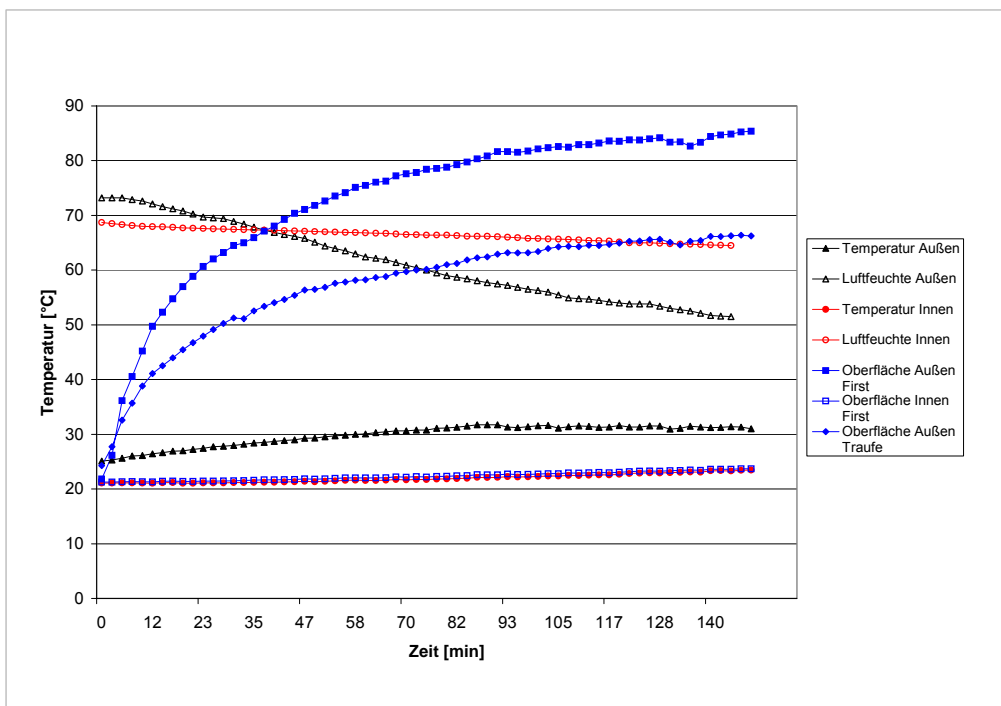


Diagramm 1: Temperaturen und Luftfeuchten im Windtunnel und im Testhaus

Während des Versuches wurden die Temperaturverläufe der Lufttemperaturen innen und außen, sowie die Oberflächentemperaturen aufgezeichnet. Der Firstbereich zeigte aufgrund der größeren Nähe zu den Scheinwerfern Oberflächentemperaturen von $> 80^{\circ}\text{C}$. Im Traufbereich waren die Temperaturen mit 65°C deutlich geringer. Mit zunehmender Versuchsdauer stiegen zeitlich verzögert die Oberflächentemperatur im Dachraum und die Temperatur der Innenluft an. Bedingt durch die Erwärmung des Windtunnels sinkt die hohe Außenluftfeuchtigkeit aus dem

Regentest. Im Innenraum sinkt die rel. Luftfeuchte im Verhältnis zur Erhöhung der Raumlufftemperatur. Die geringen Schwankungen der Temperaturen des Klimatunnels sind auf die Trägheit des Heizregisters zurückzuführen.

5.3 Wintertest

Die im Versuch nach dem Sommertest durchgeführte extreme Abkühlung auf ein Winterklima sollten Erkenntnisse über die Frosttauwechselbelastung des Dachsystems aufzeigen. Hierbei sollten insbesondere thermische Längenänderungen des Systems beobachtet werden.

Im Rahmen des Versuches wurde die Temperatur auf -10°C abgesenkt, die Windgeschwindigkeit wurde minimiert (3 m/s), die Temperatur im Dachraum mit ca. 20°C konstant gehalten.

Die Auswirkungen eines Kaltklimas auf den Innenraum des Gebäudes wurden anhand von Wärmebrücken analysiert. Hierbei wurde ein Unterdruck auf den Dachraum aufgebracht und die, aber nur geringfügig vorhanden (siehe Bild 4) festgestellten, Fehlstellen mit einer Thermographiekamera aufgezeichnet. Die thermographischen Untersuchungen wurden mittels einer Thermographiekamera (THERMA CAM TH reporter 2000) durch eine Öffnung in der Giebelwand geführt.

Untersuchungen zur Gebäudedichtheit wurden mit Hilfe des Blowerdoorverfahren durchgeführt. Hier wurde im Überdruckverfahren Außenluft mit Rauch in den Dachraum eingeblasen, um die Leckagen zu bestimmen. Zwecks besserer visueller Begutachtung wurde dieser Test ohne Dachsteine durchgeführt.

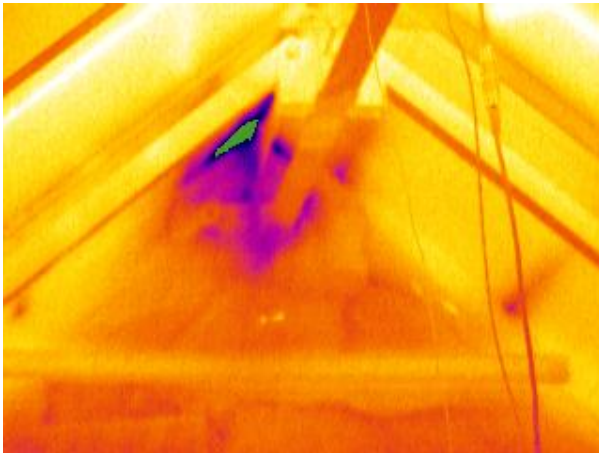


Bild 4: Thermographie des Innenbereiches des Dachraumes, Giebelspitze



Bild 5: Innenansicht des Dachraumes zum Thermographiebild

Bei der Untersuchung mittels Thermographie und Blowerdoorverfahren wurden Leckagen auf einer Giebelseite des Testhauses erkannt (Bilder 4, 5). Diese, so wurde festgestellt, sind nicht auf Undichtigkeiten der Elemente bzw. der Elementstöße des Dämmsystems zurückzuführen, sondern resultierten aus handwerklichen Fehlern bei der Herstellung des Anschlusses der Dachelemente an die Giebelwand. Diese Fehlstellen wurden noch während des Versuches geschlossen. Sonstige Bauteilfugen sowie Elementstöße wiesen keine Wärmebrückenwirkungen oder Undichtigkeiten auf.

5.4 Flugschnee

Eine entscheidende Aussage über die Gebrauchstauglichkeit von Dächern liefert das Verhalten der Konstruktion gegen das Eindringen von sehr feinkörnigem Flugschnee unter die Hartbedachung, unter die USB und in das System.

Das mit Ziegeln gedeckte Dach wurde mit der Traufseite in die Windrichtung gedreht. Der Schnee wurde mittels einer Schneekanone erzeugt. Die Windgeschwindigkeit wurde auf 12m/s erhöht und die Lufttemperatur bei -10°C konstant gehalten.



Bild 6: Windtunnel während des Schneetests

Nach der Testdauer von 1 h und einer mittleren Schneemenge von ca 2 g/m^3 (in der umgewälzten Luft) hatten sich in der Prüfkammer und auf dem Dach deutliche Schneeverwehungen gebildet. Im Traufbereich auf beiden Seiten des Daches war eine erhebliche Menge Schnee zwischen Ziegel und Unterdeckung eingedrungen. Ein Eindringen von Schnee unter die Unterdeckbahn oder gar in den Dachraum konnte nicht festgestellt werden.



Bild 7: Testhaus nach Schneetest

5.5 Windtest

Eine der entscheidenden Bestimmungen der Gebrauchstauglichkeit von Dachsystemen ist die Bestimmung des Widerstandes gegen Winddruck und Windsog. Nur über den Funktionserhalt des Daches ist ein Schutz des Gebäudes möglich. Aus diesem Grund wurden nacheinander zwei Windtests im Hochgeschwindigkeitsbereich 1 (siehe Abbildung 1) des äußeren Windtunnels durchgeführt. Das Dach wurde in einem Winkel von 30° zur Windrichtung (ungünstigste Gebäudestellung) ausgerichtet.

5.5.1 mit Dachdeckung

Der Versuch wurde ohne zusätzliche Sicherung der Dachsteine mittels Klammern bei Windgeschwindigkeiten von bis zu 126 km/h entsprechend Windstärke 12 der Beaufort-Skala geführt. Die Windgeschwindigkeit wurde langsam

in Stufen von 5m/s bis auf 35m/s erhöht. Das Dachsystem zeigte bei Beobachtung keine Schäden an der Konstruktion sowie an den Elementen und deren Verbindungsmitteln.

5.5.2 ohne Dachdeckung

Der zweite Test, als worst case Belastung ohne Auflast durch die Dacheindeckung, diente der Überprüfung des Funktionserhaltes des Daches bei einer maximalen Windgeschwindigkeit bis zu 180 km/h, entsprechend Windstärke > 12 = starker Orkan. Die Windgeschwindigkeit wurde in Stufen von 5m/s bis auf 50 m/s erhöht. Bei maximaler Windgeschwindigkeit und ohne erkennbare Schäden, wurde dieser Test abgebrochen.



Bild 8: Windtunnel mit Testhaus im Hochgeschwindigkeitsbereich

Die Windtests geben gute Anhaltswerte für das Verhalten des Daches bei einem Sturm. Obgleich natürliche Sturmereignisse mit weiteren unterschiedlichen klimatischen und natürlichen Gegebenheiten auftreten können und hohe Windgeschwindigkeiten vor allem in Böen auftreten, können die im Windkanal durchgeführten Versuche dennoch eine größtmögliche Gebrauchstauglichkeit garantieren.

6 Fazit

Auch bei abschließender Analyse und vollständiger Demontage des Dachsystems/Gebäudes nach den durchgeführten Versuchen 1-6 zeigten sich keine Schäden oder Beeinträchtigungen des Funktionserhaltes des Dachsystems aus den Belastungen der unterschiedlichen, extremen Versuche.

Es ist bekannt, dass die üblicherweise bei der Produktentwicklung durchgeführten „Kleinversuche“ nur Teilaspekte untersuchen können. Hierbei ist es nicht möglich mittels normierter Laborversuche realitätsnah und im 1:1 - Maßstab das Verhalten gesamter Gebäude oder Bauteile nachzuempfinden. Mit Großversuchen, wie hier dargestellt, können gerade Fragen der Gebrauchstauglichkeit von Gebäuden und Bauteilen unter extremen Nutzungsbedingungen beantwortet werden. Dieses sichert dem Verbraucher die Eignung von Systemen, deren Bestätigung im Rahmen der anerkannten Regeln der Technik erst nach Jahren, wenn überhaupt, nachgewiesen werden können.

7 Zu den Personen

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer



Studium der Architektur TFH Berlin. Studium des Bauingenieurwesens TU Braunschweig. Promotion HAB Weimar. 1984 bis 1989 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Baukonstruktion und Holzbau, Prof. Horst Schulze, TU Braunschweig. Seit 1990 Selbstständige Tätigkeit im BBS INGENIEURBÜRO – BBS INSTITUT. Seit Sept. 2000 Professur für Baukonstruktion und Bauphysik an der Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst - Hildesheim. Seit 2001 Präsident der Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. in Europa.

Dipl.-Ing. Arne Lüdemann



1994 bis 1999 Ausbildung und Tätigkeit im Tischlerhandwerk. 1999 bis 2004 Studium des Holzingenieurwesens Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim. Seit 2004 Mitarbeiter im BBS INSTITUT.