Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 11 (1980)

Artikel: Leichte Aussenwandkonstruktionen unter extremen Beanspruchungen

Autor: Schaupp, Wilhelm

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-11311

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

VI

Leichte Aussenwandkonstruktionen unter extremen Beanspruchungen

Lightweight External Wall Constructions under Extreme Conditions

Parois extérieures de construction légère sous des conditions extrêmes

WILHELM SCHAUPP
Professor Dr.-Ing.
Institut für angewandte Baustoffkunde und Baukonstruktion
Grünwald bei München, Bundesrepublik Deutschland

ZUSAMMENFASSUNG
Aus statischen Überlegungen sind bei Hochhäusern, Türmen und Hochgebirgbauten leichte, ausfachende Aussenwände wirtschaftlich. Sie müssen den dort herrschenden extremen Beanspruchungen voll gerecht werden.

SUMMARY
For static reasons, lightweight infilling external walls offer economic advantages in multi-storey buildings, towers and alpine buildings. This type of external walls must fully meet the extreme requirements.

RESUME
Pour des raisons statiques, les parois extérieures légères de remplissage sont économiques pour des bâtiments élevés, tours et bâtiments de haute montage. Ce type de paroi extérieure doit satisfaire entièrement aux conditions extrêmes.

1. EINLEITUNG

Bei herkömmlichen massigen und schweren Gebäuden entsprach die aus einem Baustoff bestehende Außenwand schlecht und recht den an sie gestellten Anforderungen: Sie lastet die Eigengewichte, Nutz- und Verkehrslasten der darüber liegenden Geschosse ab, nahm die Winddruck- und Sogbeanspruchungen und Stoßlasten auf und erreicht ohne zusätzliche Maßnahmen eine gewisse Wärmedämmung. Durch die hohe Masse wurde eine günstige Wärmespeicherung erzielt, aufgrund des großen Wandvolumens war auch eine ausreichende Wasserspeicherung gegen Schlagregen gegeben; damit wurde der Witterungsschutz erfüllt und die Raumluftfeuchtigkeit ergänzt. Die Schalldämmung war noch kein Problem. Die Feuerbeständigkeit der Mauersteine gewährleistete den Brandschutz (1).

Alle diese Eigenschaften muß auch eine leichte Außenwandkonstruktion besitzen.

Eine der ältesten leichten Außenwände ist die hölzerne, mit Ziegeln ausgemauerte Fachwerkwand (Bild 1). Die Gefache zwischen den tragenden Decken und Säulen werden durch Pfosten und Riegel geteilt und mit Füllungen oder Fenstern geschlossen. Der Vorfertigungsgrad solcher Konstruktionen entscheidet über die erreichbare Wirtschaftlichkeit. Werden Pfosten, Riegel, Paneele und Fenster getrennt vorgefertigt und an Ort und Stelle zusammengebaut, so ist der Montageanteil noch sehr hoch. Vorteilhafter ist es, ganze Elemente mit zwei Halbstielen und Kämpfern einschließlich der Füllungen im Werk zusammenzubauen, anzuliefern, hochzuziehen, am Rohbau auf Konsolen aufzusetzen und zusammenzuschieben. Der Rohbauverschluß kann durch Doppelelemente - nebeneinander oder zweigeschossig übereinander - beschleunigt werden. So ist es möglich, bis zu 20 m^2 große Elemente über die Schienen der bereits versetzten einzufahren (Bild 2).

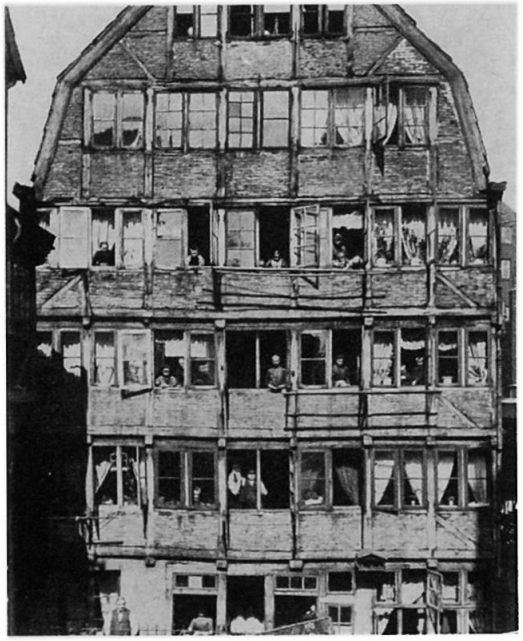


Bild 1 Altes ausgemauertes Holzfachwerk

Bild 2 Aufziehen eines zwei Geschoss hohen Fassadenelements

Der Flugzeugzellenbau hat die Herstellung von ausfachenden Paneelen gefördert. Man hat daraus gelernt, schubsteife Dämmstoffe mit Deckschichten zu verleimen und damit flächenstabile Schalen herzustellen.

Mit der Möglichkeit des Tiefziehens von Blechen oder des Laminierens von Kunststoffschalen werden raumgroße Sandwichelemente ohne Pfosten und Riegel mit den notwendigen Aussparungen für die Fensteröffnungen hergestellt.

Nicht nur für gerasterte Flachbauten und Hochhäuser, sondern auch für die Ausfachung von Kanzeln der Fernmeldetürme und für die Umhüllung von Hochgebirgsbauten, Observatorien, Wetterstationen usw. hat sich diese Vorfertigung bewährt und durchgesetzt (Bild 3).

2. BEANSPRUCHUNGEN DER LEICHTEN AUSSENWANDKONSTRUKTION

Die leichte, nichttragende Außenwand - auch "Curtainwall" genannt - hat nur die auf ihre Fläche von außen und innen treffenden Lasten und nicht die vertikalen Gebäudelasten aufzunehmen; sie hat auch keine aussteifende Funktion. Selbstverständlich muß sie in der Lage sein die Bewegungen der tragenden Rohbaukonstruktion und ihre eigenen aus Temperaturschwankungen entstehenden Längenänderungen ohne Funktionsverlust auszugleichen (2).

2.1 Windlasten

Schäden durch Windsog haben gezeigt, daß die Windlastverteilung an einem umströmten Baukörper genauer erfaßt werden muß. Die Auswertung von Schadensfällen und vergleichenden Windkanalversuchen führten zu einer Überarbeitung der Windlastannahmen in DIN 1055, Blatt 4 (3). Bei den Windlastannahmen in bezug auf die Gebäudehöhe und Windgeschwindigkeit waren keine Ergänzungen nötig. In "Ergänzenden Bestimmungen" (Fassung März 1969) zur DIN 1055, Blatt 4 (4) wurden bereits für Schnittkanten zweier Wandflächen oder von Wand- und Dachflächen erhöhte Beiwerte festgelegt (Bild 4). Die Beiwertsammlung (5) zur DIN 1055,

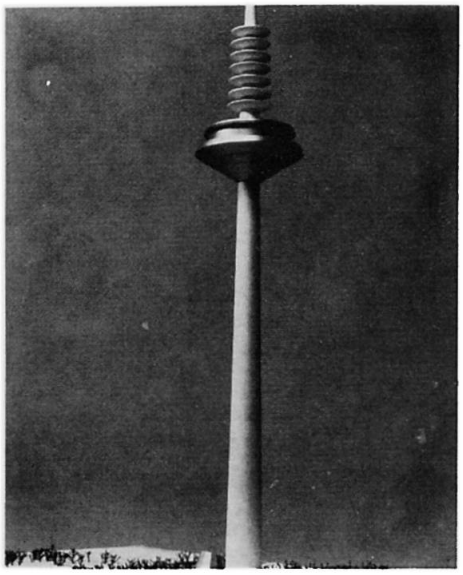


Bild 3 Frankfurter Fernmeldeturm Kanzeldurchmesser 60 m

Tabelle 1. Zusätzlich zu DIN 1055 Blatt 4 anzusetzende Soglasten für flache Dächer

Dachneigungswinkel α	Beiwert c nach Bild 1	
	Im Eckbereich	Im Randbereich
0 – 25 °	2,8	1,4
30 °	1,4	0,7
≥ 35 °	0	0

Beiwerte c für 25 ° < α < 35 ° sind geradlinig einzuschalten

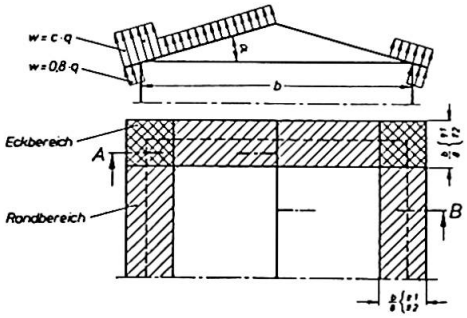


Bild 4 Ergänzende Bestimmungen DIN 1055 Bl.4 Fassung März 1969

Blatt 4 vom Juli 1978 gibt für die kritischen Schnittkanten noch differenziertere Ersatzflächenlasten an (Bild 5). Die Berücksichtigung dieser Werte ist für die richtige Dimensionierung von leichten und elastischen Außenwänden sowie von hinterlüfteten Bekleidungen und Dächern von großer Bedeutung. Versuche an hinterlüfteten Bekleidungen und belüfteten Flachdächern haben bis jetzt noch zu keinen Verminderungen dieser Lastannahmen Anlaß gegeben. So muß die volle Winddruck- und Sogbeanspruchung sowohl von der Bekleidungs- bzw. Dachfläche als auch von der eigentlichen raumumschließenden Wand oder Dachdecke aufgenommen werden. Die angegebenen Beiwerte sind Ersatzflächenlasten, die die Berechnung vereinfachen sollen. Das Lastprofil hat an den Kanten extrem hohe Werte, die sich zur Mitte hin abflachen (Bild 6) und (6). Die dynamische Wirkung des Windes ist noch nicht erfaßt. Die Werte gelten nur für nicht schwingungsanfällige Bauwerksteile.

Abweichungen von den in (3, 4, 5) angegebenen Beiwerten können durch Windkanalversuche und Gutachten einer Prüfstelle begründet werden, z.B. bei ungünstigen Raumformen, Bauwerkslage und Bauzuständen. Die hierbei ermittelten Werte können dann der Bemessung zugrunde gelegt werden (Bild 7).

Der statische Nachweis ist mit diesen Lastflächen und unter Einhaltung der zulässigen Spannungen zu führen. Die Durchbiegung der Einzelflächen unter Last ist nicht festgelegt. In der DIN E 18 516 "Außenwandbekleidungen mit großformatigen Platten" (7) wurde die Durchbiegung nur auf die Gebrauchsfähigkeit der Bekleidung begrenzt. Die Befestigungsmittel müssen bei der Durchbiegung auch auf Schrägzug nachgewiesen werden (siehe die Richtlinien für Fassadenbekleidungen mit und ohne Unterkonstruktion (8) des Instituts für Bautechnik, Berlin, vom Februar 1975) (Bild 8).

Schwingungsanfällige Bauteile sind gesondert zu untersuchen. Balkongeländer, Laufroste, Sonnenschutzlamellen, Attikaverblechungen, Reklameaufbauten usw. dürfen durch Windanblasung nicht zu Schwingungen angeregt werden. Um Resonanzen und damit Geräuschbelästigungen und Beschädigungen zu vermeiden, muß die Eigenfrequenz dieser Bauteile von der kritischen Windfrequenz weit genug entfernt sein.

Bild 5 Entwurf DIN 1055 Teil 45

Geltende Werte für Teilbereiche lotrechter Wandflächen — Beiwerte c_p

1) für Teile, die insgesamt innerhalb des angegebenen Streifens der Breite $b_1 = b/16$ liegen
$c_{p1} = 2{,}5$

2) für alle übrigen Teile innerhalb des angegebenen Streifens der Breite $b_2 = b/8 \leq 6$ m
$c_{p2} = 1{,}5$

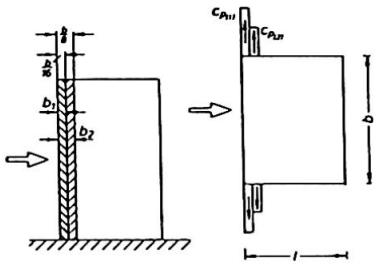
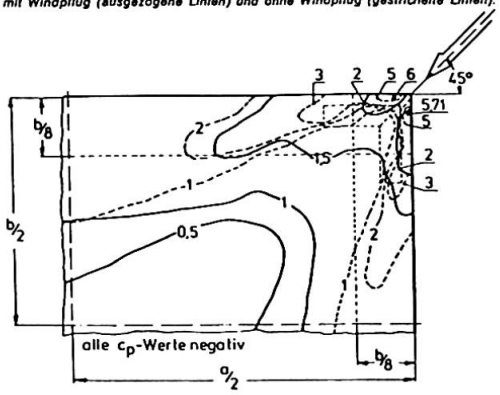


Bild 6 *Linien gleichen Windsoglast-Beiwertes auf einem Flachdach gemessen mit Windpflug (ausgezogene Linien) und ohne Windpflug (gestrichelte Linien).*



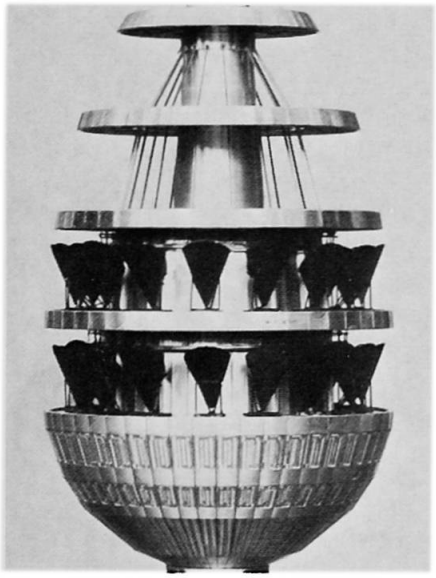


Bild 7 Windkanalmodell des Nürnberger Fernmeldeturmes mit Antennenbelegung

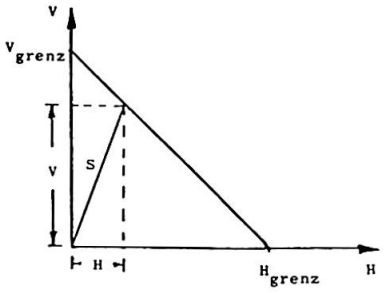


Bild 8 Grenzwerte für Schrägzug

2.2 Anprallasten

Vom Gebäudeinneren her ist mit dem Anprall einer stürzenden Person (weicher Stoß) und mit dem Gegenstoßen von Gerätschaften (harter Stoß) zu rechnen. Die U.E.A.t.c. (9) hat hierfür Prüfmethoden festgelegt, die auch auf leichte Trenn- und Montagewände (DIN 4103) angewendet werden (10). Von außen wirken Anprallasten durch Anlegen von Leitern oder Fahrgerüsten.

Unter diesen Beanspruchungen darf der leichte Raumabschluß nicht unzulässig verformt und beschädigt werden und nicht zum Einsturz kommen. Versammlungsräume, wie Aussichtsterrassen, Restaurants und dergl., müssen auch die horizontalen Lasten aus Menschengedränge aufnehmen können. Hierfür werden eigene Schutzgeländer erforderlich.

Für die Ermittlung der Dicke der Verglasung sind zwar von der Glasindustrie Tabellen und Formeln entwickelt, die seit langem in der Praxis Eingang und in der DIN 18 056 (11) Aufnahme gefunden haben; sie basieren aber nicht auf zulässigen Glasspannungen, wie sie für andere Baustoffe in den Technischen Baubestimmungen und Berechnungsnormen enthalten sind. Erschwerend kommt noch hinzu, daß die Glasherstellung weitgehend vom Zieh-Verfahren zum Floatglas-Verfahren umgestellt wurde. Die erreichbare Biegebruchfestigkeit hängt sehr stark von der Art der Glasabkühlung und vom Zuschneiden des Probekörpers ab - siehe DIN 52 303 (12).

Vorgespannte "Einscheiben-Sicherheitsgläser" (ESG) erreichen andere Verformungen und höhere Biegebruchfestigkeiten als Normalglas. Verbundsicherheitsgläser (VSG) brechen zwar viel früher, geben aber erst nach extremster Verformung die Fläche frei. Für besonders hohe Beanspruchungen werden deshalb Isolierglaseinheiten aus VSG- und ESG-Scheiben verwendet.

Schräg liegende Scheiben oder Brüstungsverglasungen müssen statisch nachgewiesen werden. Durch Biege- und Flächenbelastungsversuche, weichen und harten Stoß sind die tatsächlichen Bruchlasten zu ermitteln und statistisch auszuwerten. In der BRD bestimmt auf Antrag die zuständige Zulassungsbehörde, z.B. mit einer Zulassung im Einzelfall, mit welcher Sicherheit gegen Bruch gerechnet werden darf. Erst wenn die Norm "Glas im Bau" für die verschiedenen Glassorten zulässige Glasbiegespannungen angibt, kann die bei anderen Baustoffen übliche Art der Berechnung nach den Technischen Baubestimmungen durchgeführt werden.

2.3 Wärmedämmung und -speicherung

Bei den zu berücksichtigenden hohen Windgeschwindigkeiten ist die Wärmeableitung der Außenseite besonders kritisch. Aus diesem Grund muß die Wärmedämmung - nicht nur in bezug auf das Energieeinsparungsgesetz - EnEG - (13), sondern auch um erträgliche raumklimatische Verhältnisse zu gewährleisten - erhöht werden.
Die tragenden Profile werden deshalb weitgehend thermisch getrennt. Bei der Sandwich- oder Schalenbauweise ist dies schon vom Aufbau her gewährleistet. Die thermische Trennung bringt aber Probleme in der Statik und beim Brandverhalten mit sich: Die thermischen Kupplungen werden meistens aus Kunststoffen hergestellt, für die es keine zulässigen Spannungen gibt. Besonders kritisch sind Dauerbeanspruchungen und Brandverhalten. Aus Sicherheitsgründen werden zusätzliche statisch nachweisbare metallische Kupplungen unter Inkaufnahme von Kältebrücken angeordnet.

Die hier angesprochenen Gebäude werden meistens mit einer Be- und Entlüftung versehen, so daß die Innenseite der leichten Wand einem ständigen Luftstrom ausgesetzt ist, wodurch der α_i-Wert günstig beeinflußt und die Schwitzwasserbildung verzögert wird. Vorhänge, Einbauten usw. können diesen Luftstrom von der Fassadenfläche ablenken und zu einer vorzeitigen Tauwasserbildung bei stagnierender Luft Anlaß geben.

Leichte Außenwände haben wegen ihres niedrigen Gewichtes nur eine geringfügige Wärmespeicherung, was durch kontinuierliche Heizung und nur geringer Nachtabsenkung ausgeglichen werden muß.

Durch richtigen Aufbau der Paneele muß der unerwünschten Wärmeeinstrahlung entgegengewirkt werden (Temperatur-Amplitudenverhältnis). Tag- und Nachttemperaturschwankungen sind durch den Schichtenaufbau möglichst auszugleichen.

2.4 Wasserdichtigkeit und Dampfdichtigkeit

Leichte Außenwände müssen nicht nur von innen nach außen, sondern auch von Geschoß zu Geschoß und von Raum zu Raum einen dampfdichten Abschluß erbringen. Selbstverständlich muß dies auf der warmen Seite erreicht werden. Ist die Dichtung im kalten Bereich, kommt es zu Schwitzwasser, bei niedrigen Außentemperaturnen sogar zu Eisbildung. Diese Dampfdichtigkeit muß sich über die ganze Fläche erstrecken, d.h. auch an den Stoßfugen von Pfosten und Riegeln sowie an allen anderen Fugen. Es besteht sonst die Gefahr der Eiszapfenbildung (Bild 9).

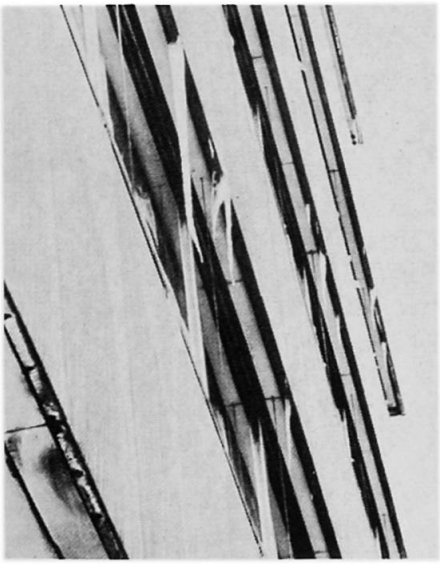


Bild 9 Eiszapfen an einer dampfdurchlässigen Metallfassade

Die leichte Außenwand muß schlagregendicht sein. Die DIN 18 055, Blatt 2 (Ausgabe August 1973) nennt die Beanspruchungsgruppen A - D für die Dichtigkeit von Fenstern (14). Man kann diese Forderungen aber auch auf leichte Außenwände, wie z.B. Fensterwandelemente, übertragen. Im Fensterprüfstand wird die Einhaltung der Dichtigkeitsforderungen überprüft.

2.5 Schallschutz

Der Schallschutz setzt die Winddichtigkeit voraus. Anforderungen an eine Außenwand sind in der DIN 18 005 (15) enthalten ("Schallschutz im Städtebau").

Die Raumakustik kann in Großräumen zu einer Schrägstellung der Fensterscheiben Anlaß geben, um den Klirrfaktor bzw. das Flatterecho zu bekämpfen.

2.6 Sonnenschutz

Die für den Bewohner unerwünschte Sonneneinstrahlung in der warmen Jahreszeit wird am konsequentesten durch einen außen liegenden, verstellbaren Sonnenschutz abgeschirmt. Bei Gebäuden in extremer Lage sind verstellbaren Schutzvorrichtungen Grenzen gesetzt (Geräuschbelästigung und Beschädigung). Sonnenschutz ist auch durch verspiegelte bzw. bedampfte Gläser zu erreichen, die einen Teil des Tageslichteinfalles reflektieren. Die im Sommer erfreuliche Verbesserung verursacht in der dunkleren Jahreszeit eine Verringerung des Tageslichteinfalles und damit einen höheren Bedarf an Kunstlicht. Bei Dunkelheit wird eine gewisse Spiegelung im Raum erzeugt. In der kalten Jahreszeit ist die Sonneneinstrahlung erwünscht; eine örtliche Überwärmung kann durch die Umluftanlagen verteilt werden.

2.7 Brandschutz

Die Forderungen an den Brandschutz sind regional sehr verschieden. Sie hängen selbstverständlich auch von der Nutzung des Gebäudes und der Brandlast ab. Für leichte Außenwände wird die Abschirmung eines Feuerüberschlagweges von einem Geschoß ins andere oder über Eck von Geschoß zu Geschoß gefordert (F 30 - F 180). In diesem Zeitraum muß die leichte Außenwand ohne Verglasung dem Feuer Widerstand leisten. Auf der dem Feuer abgekehrten Seite darf keine Temperatur entstehen, die über Wärmestrahlung zur Entzündung angrenzender Bauteile führen kann. Für die Beanspruchung von außen nach innen gelten die abgeminderten Forderungen W 30 - W 180 (DIN 4102, Teil 3), d.h., daß z.B. eine Wand von innen nach außen F 30 ... und von außen nach innen W 30 ... erfüllen muß (16).

Der Feuerüberschlagsweg wäre durch eine 10 cm dicke Stahlbetonbrüstung von 90 cm Höhe und 25 cm Sturz gedeckt; aber gerade dies steht ja bei der leichten Außenwand nicht zur Debatte. Aus diesem Grund muß das raumabschließende leichte Paneel mit seiner Halterung diese Aufgabe übernehmen.

Es gibt zugelassene Brandschutzplatten, die auf der Raumseite mit zusätzlicher Dampfsperre aufgeklebt werden; in diesem Fall ist aber die Forderung von außen nach innen noch nicht erfüllt. Solche Platten sind nicht wasserfest, sie können deshalb auf der Außenseite nicht verwendet werden. Der übliche Kleber solcher Platten besteht aus Wasserglas, welches im Brandfall eine harte, feuerfeste Schicht ergibt. Im Normalzustand führt eine Durchfeuchtung dieser Platten zu einer Herauslösung des stark alkalischen Wasserglases. Wasserglas schädigt die Oberfläche von Metallteilen und die Feuerpolitur der Glasscheiben. Was für den Brandschutz gut ist, ist für die Wetterbeständigkeit von großem Nachteil. Das "Ei des Columbus" wäre ein flächenstabiles, gut wärmedämmendes, wasserfestes und die Gestaltungsabsichten des Architekten nicht einschränkendes Paneel, welches die geforderten Eigenschaften F und W in sich vereinigt.

3. ABSCHLIESSENDE ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden die Beanspruchungen und Anforderungen für eine leichte Außenwandkonstruktion und die hierfür einschlägigen Normen und Bestimmungen aufgezeigt.

LITERATUR

(1) Schaupp, W.: "Die Außenwand" - Bekleidung, Wärmedämmung, Feuchtigkeitsschutz, Verlag Georg D.W. Callwey, München (1962);
"EXTERNAL WALLS" - Cladding, Thermal insulation, Damp-proofing, Crosby Lockwood, London (1967)
"LE MUR EXTERIEUR" - Revêtement, Isolation thermique, Protection contre l'humidité, Editions Eyrolles, Paris (1966)

(2) Schneider, Marten und Schimpfermann (BGS) Standsicherheit und Gebrauchsfähigkeit vorgehängter Hochhausfassaden. Forschungsbericht. Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn

(3) DIN 1055, Blatt 4, Fassung 1965, "Verkehrslasten - Windlasten"

(4) DIN 1055, Ergänzende Bestimmungen, Blatt 4, Fassung März 1969

(5) DIN 1055, Teil 45, Entwurf Mai 1977, "Aerodynamische Formbeiwerte für Baukörper"

(6) Kramer, C., Prof.Dr.-Ing. Mitteilung aus dem Strömungslaboratorium der Fachhochschule Aachen, DDH 16/75

(7) DIN E 18516, Normvorlage Oktober 1979, "Fassadenbekleidung mit großformatigen Platten"

(8) Institut für Bautechnik, Berlin, Fassung März 1975, "Richtlinien für Fassadenbekleidung mit und ohne Unterkonstruktion" und Einsfeld, U., Dr.-Ing. Erfahrungen mit der Anwendung der Richtlinien für Fassadenbekleidungen. Mitteilung Institut für Bautechnik, Berlin, Nr. 2/1979

(9) U.E.A.t.c

(10) DIN 4103, Blatt 2, Entwurf (März 1975), "Leichte Trennwände - Nachweis bei statischer und stoßartiger Belastung"

(11) DIN 18056, (Juni 1966), "Fensterwände - Messung und Ausführung"

(12) DIN 52303, (November 1976), "Prüfung von Glas - Biegeversuche"

(13) EnEG, Energie-Einsparungsgesetz vom 22.07.1976

(14) DIN 18055, Blatt 2, (August 1973), "Fenster - Fugendurchlässigkeit und Schlagregensicherheit - Anforderung und Prüfung"

(15) DIN 18005, (Mai 1971), "Schallschutz im Städtebau"

(16) DIN 4102, Teil 3, (Sept. 1977), "Brandverhalten von nicht tragenden Außenwänden"

Leere Seite
Blank page
Page vide