

Doppelte WDVS-Befestigung als einfache Lösung

Nachweis der Standsicherheit geklebter und gedübelter WDVS nach der geltenden Windlastnorm DIN 1055-4 – Heribert Oberhaus und Theo Gahlen, Manuskript März 2012

Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) an Bauwerken im Bestand werden im Regelfall zusätzlich zur Klebung gedübelt, weil eine sichere Untergrundbeurteilung geputzter und/oder gestrichener Wandoberflächen häufig kaum möglich ist. Wer das WDVS wirtschaftlich erstellen will, kommt am rechnerischen oder vereinfachten Standsicherheitsnachweis nach DIN 1055-4 nicht vorbei. Ein für Nicht-„Statiker“ nicht ganz einfaches Berechnungsverfahren, bei dem es von der vorliegenden Windzone und den dazugehörigen Windlasten, über die Geländekategorie bis zur Windsoglast je Dübel einiges zu beachten gilt.

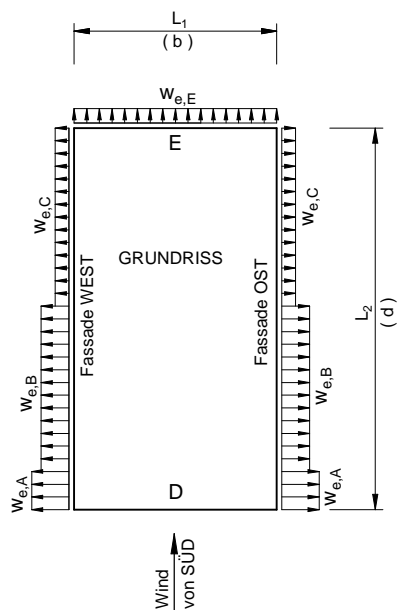
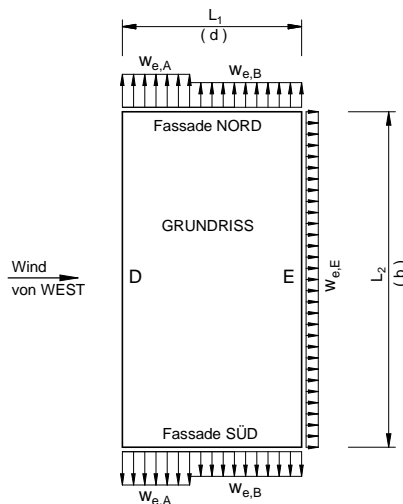
Windlastannahmen

Die DIN 1055-4:1986-08/A1:1987-06 (alt) regelte differenziert die Windsogkräfte einheitlich für ganz Deutschland und lediglich in drei Höhenbereichen. Danach waren einfache Ausführungsvorschriften für die Verarbeitung der WDVS möglich. Die für die Aufnahme der Windsogkräfte erforderlichen Dübelmengen waren in der Regel in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (AbZ), erteilt durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt, Berlin), angegeben worden.

Die DIN 1055-4 (neu) hingegen differenziert zunächst nach dem „Standard-Verfahren“ (Windsog wird bauwerkspezifisch berechnet) und dem „vereinfachten Verfahren“ (der Böengeschwindigkeitsdruck wird für 7 verschiedene topografischen Lagen der Gebäude und für drei verschiedene Bauwerkshöhen tabellarisch angegeben); nachstehend werden einige der Regelungen der DIN 1055-4 beschrieben.

Ferner gibt es einen neuen Ansatz der Aufteilung der Fassadenflächen in Teilflächen mit unterschiedlich großen Winddrücken bzw. Windsogkräften. Dies wird in den Abbildungen (1) und

(2) verdeutlicht. Die dem Wind zugewandte Seite trägt die Kennzeichnung „D“, sie wird durch Winddruck belastet und muss nicht weitergehend betrachtet werden.

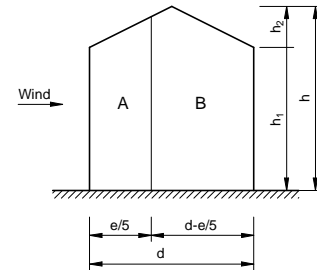


(1) Grundrissbeispiel für die Anwendung der DIN 1055-4, Bild 4 mit qualitativer Windsogwirkung

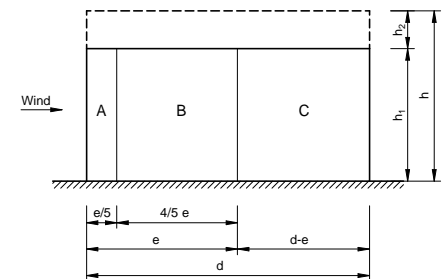
Die dem Wind abgewandte Seite „E“ wird durch Windsog beansprucht. Die Querseiten werden – in Abhängigkeit von den Gebäudeabmessungen – in die Teilflächen „A“ und „B“ bzw. „A“, „B“ und „C“ eingeteilt. Bei parallel zur Windrichtung sehr „schlanken“ Gebäuden (Verhältnis $e > 5d$) ist die gesamte Querseite dem Flächentyp „A“

zugeordnet. Aufgrund von Windverwirbelungen herrscht in der Teilfläche „A“ die größte Windsogbeanspruchung.

Ansicht SÜD für $d \leq e \leq 5d$



Ansicht OST für $e < d$



(2) Wand-Flächenbereiche gemäß Bild 4 der DIN 1055-4 für vertikale Wände an den quer zum Wind liegenden Fassaden sowie an der Gebäuderückseite mit $e = b$ oder $e = 2h$ (kleinerer Wert maßgebend), $b =$ Abmessung des Gebäudes quer zum Wind

Nachweisführung

Das einfachste Konzept der Nachweisführung ist das von uns vorgeschlagene Lastklassenkonzept: Einem Dübel wird eine zulässige Last zugewiesen. Dabei ist nicht festgelegt, wie die Dübel gesetzt werden (z. B. teilweise auf die Plattenfugen und die Plattenflächen). Der Windsogwiderstand des auf die Dämmplattenfuge gesetzten Dübels ist in der Regel etwas kleiner als des auf die Plattenfläche gesetzten. Als Lastklasse des Systems versteht man im Allgemeinen die zulässige Tragfähigkeit des auf die Dämmplattenfugen gesetzten Dübels.

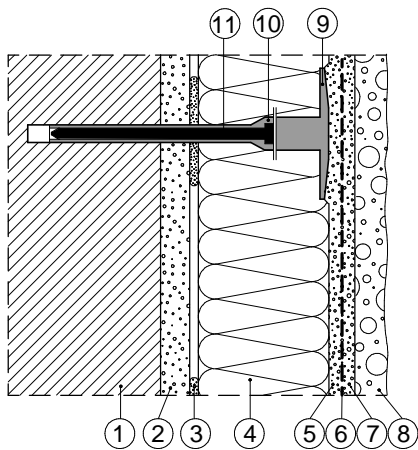
In den „Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen“ (abZ) der Kennziffer Z-33.84-... wird dasselbe Konzept verfolgt, wie auch in der „Leitlinie für europäische technische Zulassungen von WDVS“ (ETAG 004). Danach wird rechnerisch berücksichtigt, wie viele

Dübel auf den Plattenfugen und den Plattenflächen sitzen.

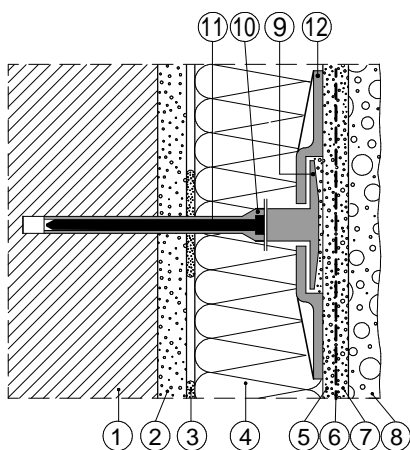
Die Tragfähigkeit des WDVSystem kann aber auch tabellarisch beschrieben werden, indem den verschiedenen Befestigungsmöglichkeiten (Dübel-schemata) zulässige Lasten zugewiesen werden (Tragfähigkeitstabelle).

Aufbau von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS)

Wärmedämmverbundsysteme weisen unterschiedliche Konstruktionsmerkmale auf. In den Abbildungen (3) und (4) werden daher beispielhaft zwei Aufbauvarianten gezeigt. Abweichende Systemaufbauten (z. B. mit versenkten Dübeln) sind möglich.



(3) Aufbau des WDVSystem mit Klebung und Dübelung unter dem Gewebe



(4) Aufbau des WDVSystem mit Mineralwollelammellendämmplatten und Mineralwollelammellendämmplatten geringerer Festigkeit - Dübelung mit untergelegtem Dübelteller

- 1 Wandbaustoff
- 2 ggf. vorhandener Altputz oder ggf. erforderlicher Ausgleichsputz
- 3 Klebemörtel gemäß Zulassung und Verarbeitungsrichtlinie des Systemherstellers (z. B. Randwulst-Punkt-Verklebung)
- 4 Dämmstoff
- 5 Unterputz (1. Arbeitsgang)

- 6 Bewehrungsgewebe
- 7 Unterputz (2. Arbeitsgang) nass-in-nass aufgebracht; der Unterputz kann auch in einer Lage aufgetragen werden, anschließend wird das Gewebe eingebracht
- 8 Oberputz
- 9 Dübelteller Ø 60 mm
- 10 Dübelschaft
- 11 Dübelschraube
- 12 Dübelteller Ø 90 / 110 / 140 mm, unter den Teller Ø 60 mm gesteckt

Regelungen der Windlastnorm DIN 1055-4

Windzonen

Wie die Windzonenkarte gemäß DIN 1055-4 Anhang A (5) zeigt, sind für den größten Teil Deutschlands die Zonen 1 und 2 relevant. Die Zonen 3 und 4 sind die küstennahen Bereiche an Nord- und Ostsee.



(5) Windzonen nach DIN 1055-4 (Quelle: Wikipedia.org)

Das Deutsche Institut für Bautechnik hält auf der Internetseite eine Excel-Tabelle mit der Angabe der Windzonen in Abhängigkeit von Verwaltungsgrenzen als Download zur Verfügung (http://www.dibt.de/de/aktuelles_technische_baubestimmungen.html).

In die Ermittlung der Winddruck- und Sogkräfte (w_e) fließen der Böengeschwindigkeitsdruck (q) und der aerodynamische Beiwert (c_{pe}) ein.

Dem Böengeschwindigkeitsdruck (q) legt man eine Böengeschwindigkeit zugrunde. Es gilt:

$$w_e = c_{pe} \cdot q$$

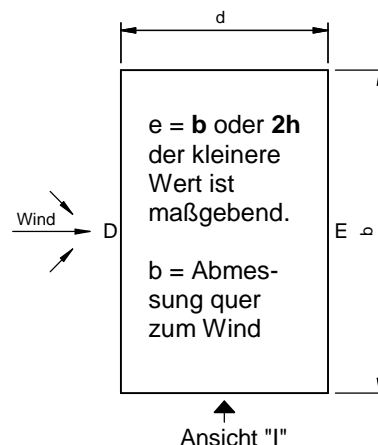
DIN 1055-4 sieht einen rechnerischen Nachweis (hier „Standard-Verfahren“ genannt) und für Gebäude bis zur Höhe 25 m den vereinfachten Nach-

weis vor. Auf beide Nachweisverfahren wird nachfolgend eingegangen.

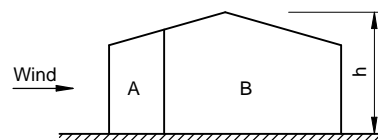
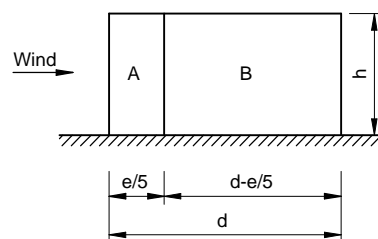
Einteilung der Wandflächen in die Bereiche „A“, „B“, „C“

Die dem Wind zugewandte Seite ist der Bereich „D“ (Luv), die dem Wind abgewandte Seite der Bereich „E“ (Lee). Die windparallelen Wände werden in maximal 3 Bereiche A bis C eingeteilt (6).

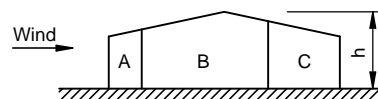
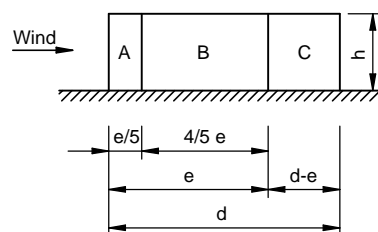
Grundriss



Ansicht "I" für $d \leq e \leq 5d$



Ansicht "I" für $e < d$



(6) Wand-Flächenbereiche gemäß Bild 4 der DIN 1055-4 für vertikale Wände an den quer zum Wind liegenden Fassaden sowie an der Gebäuderückseite

Parallel zur Windrichtung schlanke Baukörper (man könnte auch turmartig sagen, $e > 5d$) weisen an der schmalen Ansicht nur den Bereich A auf. Da man in der Regel Wind von allen Seiten berücksichtigen muss, ist der Bereich „A“ auch an den in Abbildung (6) zu sehenden rechten Gebäudekanten anzusetzen und an diesen schließt wieder der Bereich „B“ an. Bei vielen Baukörpern ist daher insgesamt kein Bereich „C“ mehr vorhanden. Giebelseiten sind häufig vollständig „A“-Bereich.

Höhenstaffelung der Winddruck- und Sogkräfte (w_e)

Für Wände von Baukörpern mit rechteckigem Grundriss dürfen die Winddruck- bzw. Windsogkräfte über die Baukörperhöhe gestaffelt nach Bild 3 der DIN 1055-4 angesetzt werden. Dazu wird angenommen, dass der Druck (bzw. Sog) in horizontalen Streifen konstant ist. Als Bezugshöhe (z_e) für den höhenabhängigen Geschwindigkeitsdruck des jeweiligen Streifens ist die Höhe seiner Oberkante anzusetzen. Die Staffelung erfolgt in Abhängigkeit vom Verhältnis von Baukörperhöhe zu -breite h/b (7).

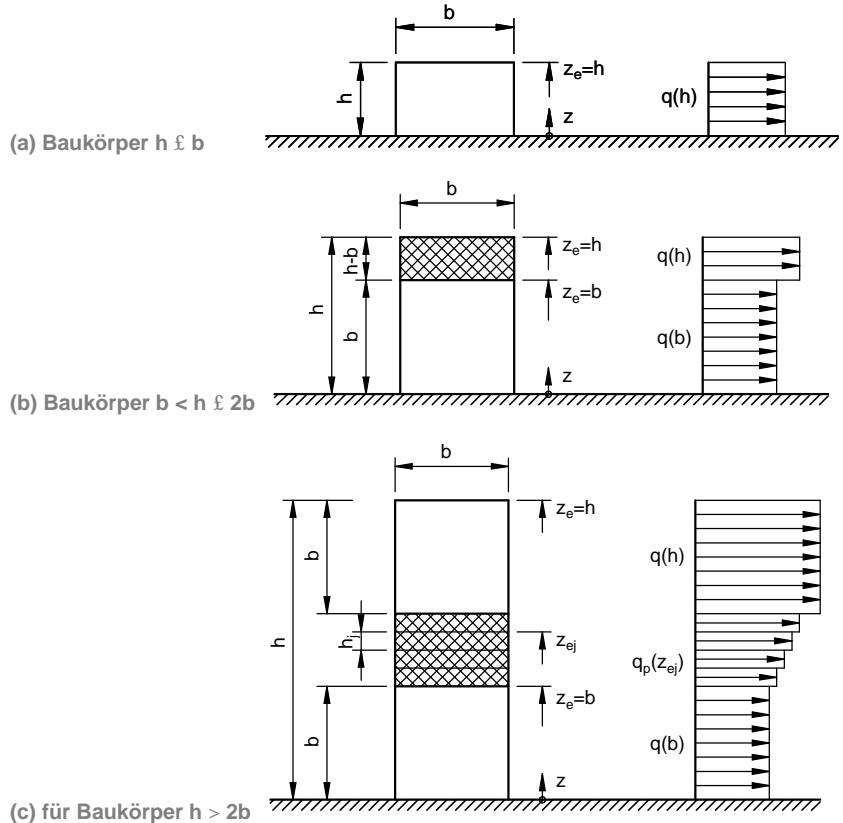
Die Höhenstaffelung ist vom Verhältnis h/b abhängig, also lastfallweise, d. h. für die verschiedenen Windrichtungen unterschiedlich. Strömt der Wind auf die (schmale) Giebelseite, so könnte das Verhältnis „ $b < h \leq 2b$ “ vorliegen. In diesem Lastfall sind die größten Windsogkräfte bzw. die Teilflächen „A“, „B“ und „C“ auf der Längsseite. Die Längsseite erfährt eine einfache Höhenstaffelung (7b). Strömt der Wind auf die (breite) Längsseite, so könnte das Verhältnis „ $h \leq b$ “ vorliegen. In diesem Lastfall sind die größten Wind-sogkräfte bzw. die Teilflächen „A“, „B“ und „C“ auf der Giebelseite. Die Giebelseite erfährt keine Höhenstaffelung (7a).

Geländekategorien (Gk)

DIN 1055-4 beschreibt die zugrunde zu legenden Geländekategorien (Gk) I bis IV wie folgt:

- I Offene See; Seen mit mindestens 5 km freier Fläche in Windrichtung; glattes flaches Land ohne Hindernisse.

Varianten der Staffelung: Gebäudeabm. Bezugshöhe Geschwindigkeitsdruck



(7) Höhenstaffelung der Winddruck- u. Sogkräfte (w_e) nach Bild 3 der DIN 1055-4

- II Gelände mit Hecken, einzelnen Gehölzen, Häusern oder Bäumen, z. B. landwirtschaftliches Gebiet.
 - III Vorstädte, Industrie- oder Gewerbegebiete; Wälder.
 - IV Stadtgebiete, bei denen mindestens 15 % der Fläche mit Gebäuden bebaut ist, deren mittlere Höhe 15 m überschreitet.
- und die „Mischgebiete“:

- „Mischprofil Küste“: Verhältnisse im Übergangsbereich zwischen den Geländekategorien I und II.
- „Mischprofil Binnenland“: Verhältnisse im Übergangsbereich zwischen den Geländekategorien II und III.

In Übergangsbereichen oder wenn man hinsichtlich der Zuordnung in die Kategorien unsicher ist, kann man die Mischprofile zugrunde legen.

In DIN 1055-4 wird folgender Hinweis gegeben, der für die Anwendung dieser Kategorien von großer Wichtigkeit ist: Der Einfluss wechselnder Bodenrauigkeiten darf ohne genauere Untersuchung wie folgt erfasst werden: Liegt der Bauwerksstandort näher als 1 km an einem Wechsel von glatterem zu rauem Gelände, so ist die un-

günstigere, glattere Geländekategorie zu benutzen.

Ist der Gebäudestandort weiter als 3 km vom Rauigkeitswechsel entfernt, so darf die rauere Geländekategorie benutzt werden, wenn das Gebäude niedriger als 50 m ist. Für Bauwerke, die sich in größere Höhen als 50 m über Grund erstrecken, ist die glattere Geländekategorie anzunehmen.

Der höhenabhängige Geschwindigkeitsdruck errechnet sich gemäß DIN 1055-4 differenziert nach

- (a) Binnenland (Mischprofil der Geländekategorien II u. III),
- (b) küstennahe Gebieten (= 5-km-Streifen entlang der Küste) sowie Inseln der Ostsee (Mischprofil der Geländekategorien I u. II) und
- (c) Inseln der Nordsee (Geländekategorie I).

Ist das Gebäude eindeutig einer der vorstehend genannten Geländekategorien I bis IV zuzuordnen, erfolgt die Ermittlung der höhenabhängigen Geschwindigkeitsdrücke nach Anhang B der DIN 1055-4. Bei exponiertem Gebäudestandort kann eine Erhöhung des Geschwindigkeitsdrucks (q) nach

Anhang B der DIN 1055-4 erforderlich werden (Besonderheiten bei der Topographie).

Nach diesen Regeln ist das Ermitteln der Geländekategorie aus der Topografie der Umgebung erforderlich. Eine wertvolle Hilfestellung können die satellitengestützten Aufnahmen der Erdoberfläche sein.

Vergleichsberechnungen haben gezeigt, dass es für die Höhe der Windsoglast sehr bedeutsam ist, ob beispielsweise mit Glk II, III oder „Mischprofil Binnenland“ gerechnet wird. In der DIN 1055-4 heißt es: „*Stromab von einem Rauigkeitswechsel nimmt das Windprofil in einer Übergangszone allmählich die Form an, die der neuen Rauigkeit entspricht. In dieser Übergangszone treten Mischprofile auf, die vom Abstand zum Rauigkeitswechsel abhängen. Da große Gebiete mit gleichförmiger Bodenrauigkeit in Deutschland selten vorkommen, treten in der Regel überwiegend Mischprofile auf.*“ Als Regelfall werden die vorgenannten Profile (a) bis (c) angesehen.

Für Gebäude bis 50 m Höhe darf also grundsätzlich das passende Mischprofil zugrunde gelegt werden. Der u.a. vereinfachte Nachweis ist stets anwendbar, sei denn es liegt ein „exponierter“ Gebäudestandort vor.

Außendruckbeiwerte für Wände (aerodyn. Beiwert c_{pe})

Die aerodynamischen Beiwerte (c_{pe}) werden differenziert nach Längen-Breiten-Höhenverhältnissen des Gebäudes und nach Lasteinzugsflächen ermittelt (Tab. 3, DIN 1055-4). Für WDVS ist die Lasteinzugsfläche zu 1 m² oder kleiner zugrunde zu legen. Aus Tabelle 3 der DIN 1055-4 ist somit stets unter $c_{pe,1}$ abzulesen. Die damit für WDVS relevanten aerodynamischen Beiwerte (c_{pe}) für Windsogkräfte in Abhängigkeit der Bereiche A bis C sind in Tabelle (8) aufgeführt.

Vereinfachter Nachweis

Nach DIN 1055-4 ist bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken bis zur Höhe 25 m über Grund ein vereinfachtes Vorgehen zulässig: „*Der Böengeschwindigkeitsdruck (q) wird als kon-*

stant über die gesamte Gebäudehöhe angenommen.“ Damit sind noch nicht die Windlasten (Windsog- und -druck) definiert, weil die aerodynamischen Beiwerte (c_{pe}) einfließen. Die aerodynamischen Beiwerte (c_{pe}) und die Fassadenbereiche A, B, C + E sind zunächst weiterhin objektspezifisch und lastfallweise zu ermitteln. Hierzu schlagen wir vor, einheitlich das Verhältnis $h/d = 2,0$ zugrunde zu legen. Damit kann man für Gebäude bis zur Höhe 25 m direkt Windsogkräfte ($-w_e$) angeben (9). Damit wird dieses Verfahren sehr einfach nutzbar.

Z.	h/d ¹⁾	Ber. A	Ber. B	Ber. C
1	≥ 5	-1,7	-1,1	-0,7
2	≤ 1	-1,4	-1,1	-0,5

1) Für Verhältnisse h / d zwischen 1 und 5 dürfen die Werte aus den Zeilen 1 und 2 linear interpoliert werden.

(8) Aerodynamische Beiwerte $c_{pe,1}$

Standsicherheitsnachweis nach Lastklassenmodell und Tragfähigkeitstabellen

In den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ) der WDVS werden „WDVS-Lastklassen“ zur $N_{R,WDVS}$ = zulässige Windsoglasten je Dübel definiert. Ähnlich werden für die Dübel „Dübel-Lastklassen“ zur $N_{R,Dübel}$ = zulässige Verankerungskraft je Dübel definiert. **Mit dem kleineren dieser beiden Werte $N_{R,min}$ erfolgt die Ermittlung der Dübelmengen erf. $n_{Dü}$:**

$$\text{erf. } n_{Dü} \geq -w_e / N_{R,min}$$

Alternativ werden mithilfe der ermittelten Windsogkräfte die erforderlichen Dübelmengen aus den Tabellen in den Zulassungen entnommen.

Typische „WDVS-Lastklassen“ für Dämmplatten mit Dicke $d \geq 60$ sind:

- EPS-Platten WLG 040, 035, 032 mit Zugfestigkeit ≥ 100 kPa, Dübeltellerdurchmesser 60 mm: **0,15 kN**
- elastifizierte EPS-Platten WLG 040, 035, 032 mit Zugfestigkeit ≥ 80 kPa, Dübeltellerdurchmesser 60 mm: **nicht einheitlich geregelt, Zulassung der jeweiligen Dämmplatte beachten!**
- MW-Platten WLG 040 mit Zugfestigkeit ≥ 14 kPa, Dübeltellerdurchmesser 60 mm: **0,167 kN**

- MW-Lamellen WLS 041 mit Zugfestigkeit ≥ 80 kPa, Dübeltellerdurchmesser 140 mm: **0,167 kN**
- MW-Platten WLG 035 oder WLS 036 mit Zugfestigkeit $\geq 3,5$ kPa oder ≥ 5 kPa, Dübeltellerdurchmesser 60 / 90 / 110 / 140 mm: **nicht einheitlich geregelt, Zulassung der jeweiligen Dämmplatte beachten!**

Dr.-Ing. Heribert Oberhaus,

Geschäftsführer der Ingenieurgesellschaft Bauforschung Oberhaus mbH ist in den Bereichen Fassadenforschung, -entwicklung und -planung, Bestands- und Schadensanalyse, Instandsetzungskonzepte, Standsicherheits- und Bauphysik nachweise tätig.

1996 wurde er von der IHK zu Dortmund als Sachverständiger für Schäden an Fassaden und Wärmedämm-Verbundsystemen bestellt und vereidigt und ist seit 2005 Mitglied des Sachverständigenausschusses „Fassadenbau“ im Deutschen Institut für Bautechnik.

Dipl.-Ing. Theo Gahlen,

staatlich anerkannter Sachverständiger für Schall- und Wärmeschutz.

Kontakt unter:

Tel. 0231 75816430

h.oberhaus@igb-dortmund.de

(9) Vereinfachtes Verfahren nach DIN 1055-4 für Bauwerke bis zur Höhe 25 m und weitergehende Vereinfachung: $h/d = 2$ festgelegt; die Tabelle gilt damit für Höhen-Tiefen-Verhältnisse $h/d \leq 2$

Verhältnis $h/d \leq 2$		Windsogkräfte ($-w_e$) in $[kN/m^2]$ für die verschiedenen Fassadenbereiche u. Gebäudehöhen h:								
		h \leq 10m			h \leq 18m			h \leq 25m		
Bauwerkshöhe:		A	B	C+E	A	B	C+E	A	B	C+E
Fassadenbereich:		A	B	C+E	A	B	C+E	A	B	C+E
WZ 1	Binnenland	0,74	0,55	0,28	0,96	0,72	0,36	1,11	0,83	0,41
WZ 2	Binnenland	0,96	0,72	0,36	1,18	0,88	0,44	1,33	0,99	0,50
	Küste und Inseln der Ostsee	1,25	0,94	0,47	1,48	1,10	0,55	1,62	1,21	0,61
WZ 3	Binnenland	1,18	0,88	0,44	1,40	1,05	0,52	1,62	1,21	0,61
	Küste und Inseln der Ostsee	1,55	1,16	0,58	1,77	1,32	0,66	1,92	1,43	0,72
WZ 4	Binnenland	1,40	1,05	0,52	1,70	1,27	0,63	1,92	1,43	0,72
	Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	1,84	1,38	0,69	2,07	1,54	0,77	2,29	1,71	0,85
	Inseln der Nordsee	2,07	1,54	0,77						