

Bearbeitungs-Nr.: 20.5.08

Bearbeitungs-Datum: 06.01.2021

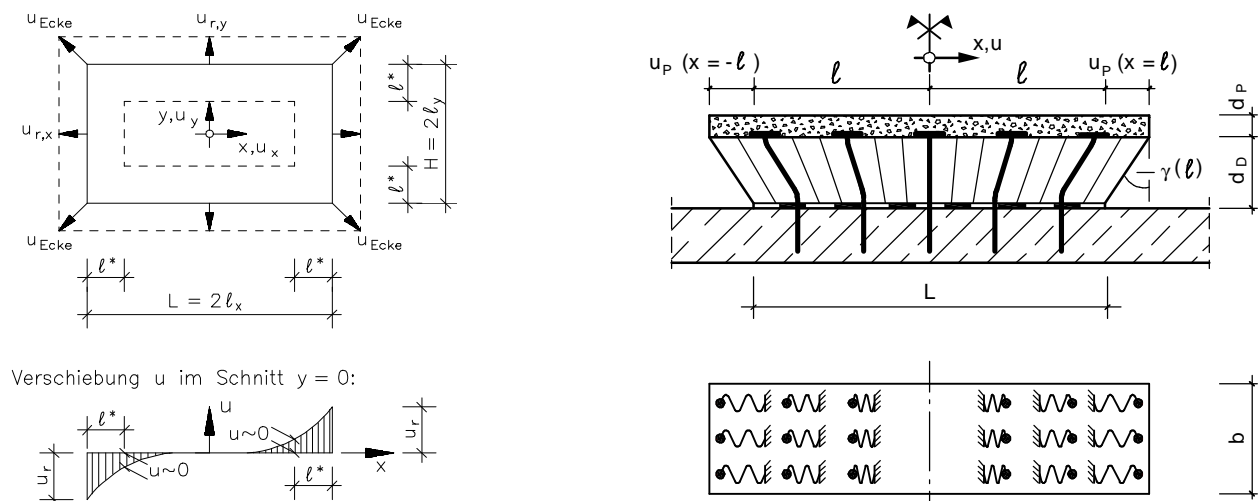
Gutachtliche Stellungnahme Nr. 20.5.080 – Fassung 2.1 – 06-01-2021 Funktionstüchtigkeit der Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) – Grundlagen und Strukturen der Nachweisführung –

Bauarten: WDVS auf Massivuntergründen mit ausschließlicher Klebung;
WDVS auf Massivuntergründen mit Klebung + Verankerung;
WDVS auf Massivuntergründen mit ausschließlicher Verankerung.

Gegenstand: Diskussion der Regelwerke und Prüfnomen.

Diese gutachtliche Stellungnahme wurde von folgender Arbeitsgemeinschaft erarbeitet:

- INGENIEURGESELLSCHAFT BAUFORSCHUNG KEßLER & OBERHAUS mbH, Hans-Tombrock-Str 1, 44263 Dortmund (vormals: Sachverständigenbüro Bauforschung Oberhaus, Ostenbergstraße 26, 44225 Dortmund)
- ISB Block und Becker Beratende Ingenieure PartGmbH, Alarichstraße 44f, 44803 Bochum



Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 39 Seiten Text und 29 Blatt Anlagen.

Sie darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Vervielfältigung bedarf der Genehmigung der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis, Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen		Seite
1	VERANLASSUNG, ZWECK DIESER GUTACHTLICHEN STELLUNGNAHME	4
2	UNTERLAGEN, GRUNDLAGEN ZUM SYSTEMAUFBAU	4
2.1	NORMEN UND REGELUNGEN, AUF DIE BEZUG GENOMMEN WIRD	4
2.2	SONSTIGE UNTERLAGEN, AUF DIE BEZUG GENOMMEN WIRD	5
2.3	GRUNDLAGEN ZUM AUFBAU GÄNGIGER UND BERÜCKSICHTIGTER SYSTEMVARIANTEN	5
3	GENORMTE SYSTEMAUFBAUTEN UND SYSTEMKOMPONENTEN	6
3.1	AUFBAU DER FASSADENSYSTEME NACH EN 17.237	6
3.2	GRUNDANFORDERUNGEN AN DIE KOMPONENTEN	6
EN 17.237 – 1.2.1	Klebemörtel bzw. Kleber – PUR-Klebeschäum	6
Erg. Konsequenz –	Klebemörtel bzw. Kleber – PUR-Klebeschäum	6
EN 17.237 – 1.2.2	Dämmstoffe	7
table 1	(EN 17.237, Abs. 1.2.2) Limits of thermal insulation used for ETIC-kits covered by the scope	7
Tabelle 3.2-1	Anforderungen an die Dämmstoffe nach abZ / aBg	8
Mängel, Lücken –	Dämmstoffe – Maßhaltigkeit (zulässiger Mangel)	9
Mängel, Lücken –	Dämmstoffe – Dimensionsstabilität (unzulässiger Mangel)	9
Mängel, Lücken –	Dämmstoffe – Angabe Zugfestigkeit (unzulässiger Mangel)	10
Abbildung 3.2-1:	Zusätzlicher Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{M,i}$ zur Ermittlung des Bemessungswertes aus dem Mittelwert der Versuchsergebnisse und dem Variationskoeffizient	11
EN 17.237 – 1.2.3	Mechanische Befestigungen (Teller-, Spiral-, Kragendübel)	12
Mängel, Lücken –	Mechanische Befestigungen (Teller-, Spiral-, Kragendübel)	12
EN 17.237 – 1.2.5.1	Glasfasergewebe	13
Tabelle 3.2-2	Anforderungen an die Glasfasergewebe nach abZ / aBg	13
3.3	AUFBAU DER FASSADENSYSTEME NACH EN 17.237 – ANWENDUNGSGRENZEN	13
Tabelle 3.3-1:	Anwendungsgrenzen der Systemtypen gemäß DIN EN 17.237	14
Tabelle 3.3-2:	Systemtypen gemäß DIN EN 17.237, ausführbare Systemgewichte und verwendbare Befestigungsmittel bzw. verwendbare Dämmstoffe	14
Mängel, Lücken –	Zuordnung Dämmstoff ./ Befestigungsart (unzulässiger Mangel)	15
4	AUFBAU DER FASSADENSYSTEME – DIFFERENZIIERT NACH TRAGMECHANISMEN	15
4.1	LASTABTRAG ÜBER DEN DÄMMSTOFF UND DIE VERKLEBUNG	15
Abbildung 4.1-1:	Lastabtrag des geklebten WDVS für Einwirkungen senkrecht zur Wandebene – Haftzugfestigkeit σ_{HZ} des WDVS im Verbund	16
Abbildung 4.1-2:	Lastabtrag des geklebten WDVS für Einwirkungen parallel zur Wandebene – Bettungssteifigkeit c , Bruchscherspannung τ_u und Bruchverschiebung u_u des WDVS im Verbund	16
4.2	LASTABTRAG ÜBER DEN DÄMMSTOFF, DIE VERKLEBUNG UND DIE MECHANISCHE BEFESTIGUNG	16
4.2.1	Lastabtrag stets für alle Einwirkungen über den Dämmstoff, die Verklebung und die mechanische Befestigung	17
4.2.2	Lastabtrag für Schubkräfte über den Dämmstoff, die Verklebung und die mechanische Befestigung	17
Grundsatzprüfung:	Tragmechanismen des geklebten + gedübelten Systems	17
Abbildung 3.4.2-1:	Lastabtrag des gedübelten WDVS für Einwirkungen parallel zur Wandebene durch das "Konsoltragmodell"	18
4.3	LASTABTRAG ÜBER DEN DÄMMSTOFF UND DIE MECHANISCHE BEFESTIGUNG	19
4.3.1	Putzsystem mit Glasfaserbewehrung	19
4.3.2	Putzsystem mit Metallgewebe	19
4.4	GRUNDLAGEN DER BEURTEILUNG DER STANDSICHERHEIT DES WDVS – SYSTEMTYPEN (I) UND (II) – WDVS TRAGFÄHIG GEKLEBT	20
5	DIN EN 17.237 – 5 – ASSESSMENT (BEWERTUNG)	21
5.1	INTRODUCTION	21
5.2	REACTION TO FIRE	21
5.3	PROSPENSITY TO UNDERGO CONTINOUS SMOULDERING (NEIGUNG ZUM SCHWELEN)	21
5.4	WATER ABSORPTION	21

5.5	WATER TIGHTNESS (SCHLAGREGENDICHTHEIT)	21
5.6	IMPACT RESISTANCE	21
5.7	WATER VAPOUR PERMEABILITY (WASSERDAMPFDURCHLÄSSIGKEIT)	21
5.8	BOND STRENGTH / FIXING STRENGTH	21
5.8.1	General	21
	Table 2, Table 3: Fixing methods with required components and possible thermal insulation materials covered by this standard Relevant characteristics of bond strength / fixing strength in relation to fixing methods.....	22
5.8.2	Bond strength of the adhesive to the thermal insulation.....	23
	Mängel, Lücken – Trocken-Haftzugfestigkeit des Klebers auf dem Dämmstoff (unzulässiger Mangel)	23
	Mängel, Lücken – Nass-Haftzugfestigkeit des Klebers auf dem Dämmstoff (unzulässiger Mangel).....	24
5.8.3	Compression behaviour of the thermal insulation in dry conditions	24
5.8.4	Tensile strength perpendicular to the surface of the thermal insulation	24
5.8.5	Bond strength of the reinforced base coat to the thermal insulation	24
5.8.6	Bond strength of the rendering system to the thermal insulation.....	24
	Mängel, Lücken – Prüfung Zugfestigkeit des Dämmstoffes senkrecht zur Dämmebene (5.8.4), Angabe lediglich Mittelwerte (unzulässiger Mangel).....	25
	Mängel, Lücken – Prüfung Haftverbund des Unterputzes u. Putzsystems am Dämmstoff nur im trockenen Zustand (5.8.5, 5.8.6) (unzulässiger Mangel).....	25
5.8.7	Fixing strength of mechanical fixing devices.....	25
5.8.7.1	Variants	25
5.8.7.1.1	Fixing method.....	25
5.8.7.1.2	Plate anchor	26
5.8.7.1.3	Thermal insulation	26
5.8.7.2	Relevant tests and assessment methods for different fixing methods.....	26
	Tabelle 5.8.7-1: (Table 2) Fixing methods with required components and possible thermal insulation materials covered by this standard.....	27
	Tabelle 5.8.7-2: (Table 2) Fixing methods with required components and possible thermal insulation materials covered by this standard.....	28
	Mängel, Lücken – Prüfung des Schubtragverhaltens der Systeme nicht definiert (unzulässiger Mangel)	29
	Mängel, Lücken – Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III, IV mit EPS (unzulässiger Mangel).....	29
	Mängel, Lücken – Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III, IV mit MW (unzulässiger Mangel).....	30
	Mängel, Lücken – Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III mit XPS (unzulässiger Mangel).....	30
	Mängel, Lücken – Schubtragverhaltens der Systeme Typen mit PU, PF und ICB (unzulässiger Mangel).....	31
	Mängel, Lücken – Schaumblockversuche auch bei Systemen hoher Festigkeit? (unzulässiger Mangel).....	31
	Vorschlag – Fortentwicklung der prEN 17.237.....	31
	Mängel, Lücken – Ansatz der Dämmstoffverklebung in Systemen Typ III, IV, VI (unzulässiger Mangel).....	32
	Mängel, Lücken – Prüfung der Tragfähigkeit senkrecht zur Wandebene an konditionierten Proben?.....	32
5.8.7.3	Load bearing capacity according to EN 16.382:2016	33
	Mängel, Lücken – Mechanische Befestigungen (Teller-, Spiraldübel)	33
5.8.7.4	Load bearing capacity according to EN 13.495:2019, method A and B	33
	Mängel, Lücken – Mechanische Befestigungen (Teller-, Spiraldübel)	34
6	ZUSAMMENFASSUNG	35
	Mängel bei den Grundanforderungen an die Komponenten	35
	Mängel bei den Anforderungen an Verbundfestigkeit + Tragfähigkeiten (5.8.6).....	36
	Mängel bei den Anforderungen an die System-Tragfähigkeiten (5.8.7).....	37
	– Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III, IV mit EPS	38
	– Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III, IV mit MW	38
	– Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III mit XPS	38
	– Schubtragverhaltens der Systeme Typen mit PU, PF und ICB	39
	– Schaumblockversuche auch bei Systemen hoher Festigkeit?.....	39
	– Vorschläge zur Fortentwicklung der prEN 17.237	39
ANLAGEN:		
	Anlage 0: Inhaltsverzeichnis der Anlagenzusammenstellung (2 Blatt).	
	Anlage 1 – Konstruktionsgrundlagen zu Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) (6 Blatt).	
	Anlage 2 – Grundlagen technischer Beurteilung und Berechnungsgrundlagen(14 Blatt).	
	Anlage 3 – Beschreibung standsicherheitsrelevanter Versuche (4 Blatt).	
	Anlage 4 – Grundlagenuntersuchung am Systemaufbau mit EPS in großen Dämmdicken bis 400 mm (3 Blatt).	

1 Veranlassung, Zweck dieser gutachtlichen Stellungnahme

Die Normungsarbeit ist soweit fortgeschritten, dass offene Fragen und Unzulänglichkeiten im Detail zu diskutieren und Ergänzungen festzulegen sind. Mit diesem Beitrag werden Empfehlungen ausgesprochen.

2 Unterlagen, Grundlagen zum Systemaufbau

2.1 Normen und Regelungen, auf die Bezug genommen wird

- [1] EOTA, European Organisation for Technical Approvals, Kunstlaan 40 Avenue des Arts, B-1040 Brussels: **ETAG Nr. 004** – Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering. (Leitlinie für europäische technische Zulassungen für außenseitige Wärmedämmverbundsysteme mit Putzschicht).
 - a) Ausgabe März 2000, Bekanntmachung am 20.02.2001.
 - b) Ausgabe März 2000, Überarbeitung August 2011, Bekanntmachung am 13.10.2011.
 - c) Ausgabe März 2000, Überarbeitung August 2011, Überarbeitung Februar 2013.
Das Dokument wurde weiterentwickelt zum European Assessment Document **EAD 040083-00-0404** External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with Renderings.
 - d) Ausgabe Januar 2019, ©EOTA 2020 (Decision (EU) 2020/1574).
- [2] prEN 17.237:2020 (01-12-2020): Thermal insulation products für buildings – External thermal insulation composite kits with renders (ETIC kits) – Specificatins (Wärmedämmstoffe für Gebäude – Außenseitige Wärmedämmverbundsysteme mit Putzoberfläche (WDVS) Spezifikation) (CEN-TC88-WG18_N1174_2020-12-01_EN_17.237_working_document_clean_version.)
- [3] DIN EN 13.499 Ausgabe Dezember 2003: Wärmedämmstoff für Gebäude – Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) aus expandiertem Polystyrol – Spezifikation.
- [4] DIN EN 13.500 Ausgabe Dezember 2003: Wärmedämmstoff für Gebäude – Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) aus Mineralwolle – Spezifikation.
- [5] DIN EN 1607, Wärmedämmstoffe für das Bauwesen - Bestimmung der Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene; Deutsche Fassung EN 1607:2013.
- [6] DIN EN 12.090, Ausgabe Juni 2013, Wärmedämmstoffe für das Bauwesen. Bestimmung des Verhaltens bei Scherbeanspruchung.
- [7] DIN EN 13.494, Ausgabe Juli 2017: Wärmedämmstoff für das Bauwesen – Bestimmung der Haftzugfestigkeit zwischen Klebemasse/Klebemörtel und Wärmedämmstoff sowie zwischen Unterputz und Wärmedämmstoff. (Thermal insulant products for building applications – Determination of the tensile bond strength of the adhesive and of the base coat to the thermal insulation material.)
- [8] DIN EN 13.495, Ausgabe November 2019: Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Abreißfestigkeit von außenseitigen Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) (Schaumblock-Verfahren). (Thermal insulant products for building applications – Determination of the pull-off resistance of external thermal insulations composite systems (ETICS) acc. to the foam block test.)
- [9] DIN EN 16.382, Ausgabe Januar 2017: Wärmedämmstoff für das Bauwesen – Bestimmung des Durchzugswiderstandes von Tellerdübeln durch Wärmedämmstoffe; Deutsche Fassung EN 16382:2016.

- [10a] DIN EN 1990, Ausgabe Dezember 2010: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung. Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005/AC:2010
- [10b] DIN EN 1990/NA, Ausgabe Dezember 2010: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung.
- [11] DIN EN 1991-1-4, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:201 + AC:2010. Ausgabe Dezember 2010.
Mit: DIN EN 1991-1-4/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten. Ausgabe Dezember 2010.
- [12] EOTA, European Organisation for Technical Approvals, Avenue des Arts 40 Kunstlaan, B-1050 Brussels: ETAG Nr. 001, Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors For Use In Concrete. Amended November 2006, Part 1: Anchors In General.
- [13] EOTA, European Organisation for Technical Approvals, Kunstlaan 40 Avenue des Arts, B-1040 Brussels: **ETAG Nr. 014** – Guideline for European Technical Approval of Plastic Anchors for fixing External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering.
a) Ausgabe Januar 2002.
Das Dokument wurde weiterentwickelt zum European Assessment Document **EAD 330196-01-0604** Plastic Anchors made of Virgin or Non-virgin Material for fixing External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering.
b) Ausgabe Juli 2017, ©EOTA 2017 (2017/C 379/07).
- [14] EOTA, European Organisation for Technical Approvals, Kunstlaan 40 Avenue des Arts, B-1040 Brussels: ETAG Nr. 020, Ausgabe März 2006 / geänderte Fassung März 2012 – Guideline for European Technical Approval of plastic anchors for multiple use in concrete and masonry for non-structural applications. Part 1-5, Annex A-C

2.2 Sonstige Unterlagen, auf die Bezug genommen wird

- [15] CEN/TC88/WG18 External thermal insulation composite Systems: Document CEN/TC88/WG18 **N 681** Safety Factor for Pull-Through Resistance under Wind Load, 2015-05-19 (Schreiben der fobatec GmbH vom 13.05.2015 an DIN, CEN / TC 88 / WG 18)

2.3 Grundlagen zum Aufbau gängiger und berücksichtigter Systemvarianten

In der Anlage 1 werden die typischen Konstruktionsweisen auf Außenwänden im Massivbau und Holzbau beschrieben, um diese in die Normenregelungen einordnen zu können.

Da die Norm auch ausschließlich mechanisch befestigte Systeme erfassen soll, werden in den Systembeschreibungen solche Systeme erfasst, die in Deutschland typischerweise lediglich mechanisch befestigt werden: Es sind Systeme mit Holzweichfaser-Dämmplatten, befestigt auf Holz- bzw. Holzwerkstoffuntergründen.

Die Norm erfasst diese auf Holz- bzw. Holzwerkstoffuntergründen aufzubringenden Systeme nicht, weil als Untergründe nur Beton und Mauerwerk vorgesehen ist.

3 Genormte Systemaufbauten und Systemkomponenten

3.1 Aufbau der Fassadensysteme nach EN 17.237

Die Norm definiert die Systemtypen:

- I WDVS geklebt und "konstruktiv" gedübelt (Montagehilfe)
- II WDVS nur geklebt
- III WDVS geklebt und mit Tellerdübeln gedübelt
- IV WDVS geklebt und mit Spiraldübeln gedübelt
- V WDVS nur mechanisch mit Tellerdübeln befestigt
- VI WDVS geklebt und mit Profilen / Schienen befestigt
- VII WDVS nur mechanisch mit Profilen, Schienen u. ggf. mit Tellerdübeln befestigt
- VIII WDVS mechanisch befestigt mit Metallgewebe

Die Norm sieht folgende 10 Dämmstoff-Typen vor:

- MW-L = Mineralwolle MW-Lamelle
- MW-P = Mineralwolle MW-Platte
- EPS/S = Expandierte Polystyrol-Hartschaum-Dämmplatten – Standard
- EPS/SD = Expandierte Polystyrol-Hartschaum-Dämmplatten – Elastifiziert
- XPS = Extrudierte Polystyrol-Hartschaum-Dämmplatten
- PU = Polyurethan-Hartschaum-Dämmplatten
- PF = Phenolharz-Hartschaum-Dämmplatten
- CG = Foamglas-Dämmplatten
- ICB = Kork-Dämmplatten
- WF = Holzweichfaser-Dämmplatten

In Deutschland gängige Systemvarianten werden in der Anlage 1 gezeigt, diese Systeme werden in dieser Stellungnahme den Varianten nach Norm zugeordnet.

3.2 Grundanforderungen an die Komponenten

Im Kapitel "1 Scope" werden bereits Grundanforderungen an die Systemkomponenten gestellt. Diese werden im Folgenden zusammengefasst und diskutiert:

EN 17.237 – 1.2.1 Klebemörtel bzw. Kleber – PUR-Klebeschäum

An Klebemörtel bzw. Kleber werden die Anforderungen zur Haftzugfestigkeit (Prüfung nach EN 1542:1999) auf glatten Betonplatten wie folgt definiert:

- $\bar{\sigma}_{Hz,tr} \geq 250$ kPa; ein Messwert darf kleiner sein aber mindestens ≥ 200 kPa
- $\bar{\sigma}_{Hz,ns} \geq 80$ kPa; ein Messwert darf kleiner sein aber mindestens ≥ 60 kPa;
Unterwasserlagerung $48^{\pm 3}$ h – Rücktrocknung $17^{\pm 3}$ h bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH
- $\bar{\sigma}_{Hz,rt} \geq 250$ kPa; ein Messwert darf kleiner sein aber mindestens ≥ 200 kPa;
Unterwasserlagerung $48^{\pm 3}$ h – Rücktrocknung $168^{\pm 5}$ h bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH

Erg. Konsequenz – Klebemörtel bzw. Kleber – PUR-Klebeschäum

Es ergeben sich aus dieser Definition der Eigenschaften:

- Klebemörtel bzw. Kleber bzw. Klebeschaum sind so zu konzipieren / rezeptieren, dass sie Verbundkräfte aufnehmen können;
- Klebemörtel bzw. Kleber bzw. Klebeschaum sind so zu konzipieren / rezeptieren, dass sie feuchtebeständig sind, somit dauerhaft Verbundkräfte aufnehmen können;
- Klebemörtel bzw. Kleber bzw. Klebeschaum nehmen, wenn sie eingebaut werden, Kräfte auf, dies ist bei dem vorgesehenen Tragmodell und bei dem definierten Nachweiskonzept zu berücksichtigen.

EN 17.237 – 1.2.2 Dämmstoffe

An die Dämmstoffe werden die Anforderungen nach "table 1" definiert.

table 1 (EN 17.237, Abs. 1.2.2) Limits of thermal insulation used for ETIC-kits covered by the scope

Systemtyp	MW-L	MW-P	EPS /S	EPS /SD	XPS /-	PU/-	PF/-	CG/-	ICB/-	WF/-
Längen-, Breiten-Toleranz [mm] EN 822	-1/+3	±5	±2	±2	±2	±2	±2	±2	±3	±3
Dicken-Toleranz [mm] EN 823	±1	+3/-1	±1	±1	±1	(a)±2 bis ±4	(b)±2 bzw. -2/+5	±2	(c)±1 bis ±2	+3/-1
Rechtwinkligkeits-Tol. [mm/m] EN 824	≤5	≤5	≤3	±2	±2	≤3	±2	±2	≤2	≤3
Ebenheits-Toleranz [mm] EN 825	≤4	≤6	≤3	≤3	≤3	≤5	≤5	≤2	≤2	≤3
Dimensionsstabilität 70°C/90% [%] EN 1604	±1	±1	≤2,0	±2,0	±2	(d)≤2 bis ≤4	±1,5	±0,5 ±0,1	±1,0	±3
Zugfestigkeit senkr. z. Wandfl. [kPa] EN 1607	≥80	≥5	≥80 ≥150	≥80	≥100	(e)≥80 ≥50	≥80	≥100	≥50	≥7,5
Scherfestigkeit [kPa] EN 12090	≥20	-	≥30	≥20	≥100	(f)≥30 ≥20	≥30	≥50	≥50	-
Schubmodul [MPa] EN 12090	≥1	-	≥1	≥0,3	≥3	(g)≥1 ≥0,35	≥0,35	≥1	≥1	-
Wasseraufnahme [kg/m ²] EN 1609	≤1,0	≤1,0				≤1,0	≤1,0	≤0,5	≤0,5	≤1,0
Wasseraufnahme [kg/m ²] EN 12087			≤0,5	≤0,5	≤1,5 Vol%					
Druckspannung (10%Stauchung) [kPa] EN 826		(h) ≥10								

- (a) ±2 (bonded <80mm); ±3 (mechanically fixed <80mm); ±3 (bonded ≥80mm); ±4 (mechanically fixed ≥80mm thickness)
- (b) ±2 (<140mm); -2/+5 (≥140mm thickness)
- (c) ±1 (20-50mm); ±2% max. ±2mm (>50mm thickness)
- (d) ≤2 (bonded, length and width); ≤2 (bonded, thickness); ≤3 (mechanically fixed, length and width); ≤4 (mechanically fixed, thickness)
- (e) ≥80 (bonded); ≥80 (mechanically fixed)
- (f) ≥30 (bonded); ≥20 (mechanically fixed)
- (g) ≥1 (bonded); ≥0,35 (mechanically fixed)
- (h) ≥10 (only for fixing method VIII)

Zum Vergleich dazu werden in Tab. 3.2-1 die in deutschen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ) / allgemeinen Bauartgenehmigungen (aBg) aufgeführten Anforderungen zusammengestellt.

Tabelle 3.2-1 Anforderungen an die Dämmstoffe nach abZ / aBg

Grün markiert: Es liegen signifikante Abweichungen vor

Gelb markiert: hier keine Eintragungen, Werte gemäß table 1

Nicht markiert: Werte aus table 1 mit Anforderungen nach abZ / aBg identisch

Systemtyp	MW-L	MW-P	EPS /S	EPS /SD	XPS /-	PU/-	PF/-	CG/-	ICB/-	WF/-
Längen-, Breiten-Toleranz [mm] EN 822	Breite -1/+3 Länge ±5	Breite +2 Länge ±5	±2	±2	±2	±2	±2	±2	±3	±3
Dicken-Toleranz [mm] EN 823	±1	+3/ -1	±1	±1	±1	≤120 +2 >120 +3	≤2	±2	(c)±1 bis ±2	+3/ -1
Rechtwinkligkeits-Tol. [mm/m] EN 824	≤5	≤5	±2	±2	±2	±2	≤2	±2	±2	±2
Ebenheits-Toleranz [mm] EN 825	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3	≤3,5	±2	±2	±3
Dimensionsstabilität 70°C/90% [%] EN 1604	≤1 DS(70,-)	≤1 DS(70,-)	±2 DS(70,-)	±2,0	±2	-0,5/1,4 L / B -0,5/1,0 Dicke	≤0,5 L / B ≤1,5 Dicke	±0,5 ±0,1	±1,0	±3 DS(70,-)
Zugfestigkeit senkr. z. Wandfl. [kPa] EN 1607	≥80	≥5	≥100	≥80	≥100	gekl ≥80 gekl+dü ≥50	≥60	≥100	≥50	≥7,5
Scherfestigkeit [kPa] EN 12090	≥20	-	≥50	≥20	≥100	≥50	≥30	≥50	≥50	-
Schubmodul [MPa] EN 12090	≥1	-	≥1	≥0,3	≥3	≥1 - 3	≥0,35	≥1	≥1	-
Wasseraufnahme [kg/m²] EN 1609	≤1,0	≤1,0	≤0,2			≤0,3	≤1,0	≤0,5	≤0,5	≤1,0
Wasseraufnahme [kg/m²] EN 12087	≤3	≤3	≤0,5	≤0,5	≤1,5 Vol%					
Druckspannung (10%Stauchung) [kPa] EN 826	≥40	≥5	k.A.			≥100	≥100			≥40

Die Benennung „Limits“ scheint unklar. Es muss deutlich sein ob es als richtige Anforderungen bzw. als Grenzwerte gemeint ist oder nicht weil es die Funktionalität des WDVS Systems beeinflusst

Es fallen folgende **wesentliche** Unterschiede auf:

- (1) Die Maßhaltigkeit der MW-Dämmstoffe wird in der Norm sehr "großzügig" geregelt.
- (2) für MW-P werden keine Anforderungen an Schubmodul und Scherfestigkeit gestellt, darauf wird im folgenden vertiefend eingegangen.
- (3) Auch bei weiteren Plattentypen (PU, PF) bleibt man hinter den bislang geltenden Anforderungen zurück

Mängel, Lücken – Dämmstoffe – Maßhaltigkeit (zulässiger Mangel)

Es liegen folgende **wesentliche** Mängel vor:

- (1) Die Anforderungen an die Maßhaltigkeit der MW-Dämmstoffe führt dazu, dass man das System nicht normgerecht in Bezug auf die Ebenheit der fertigen Oberfläche herstellen kann. Ferner wären flächendeckend Fugen nach zu verschäumen. Die Anforderungen sind unbrauchbar.
- (2) Die Anforderungen an die Maßhaltigkeit der EPS/S- und EPS/SD-Platten sind nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung / allgemeiner Bauartgenehmigung (abZ / aBg) bereits viel zu "großzügig" gestaltet. Die Norm verbessert diesen Mangel nicht.

Nach unserer Auffassung wären mindestens folgende Anforderungen nötig:

- | | | | |
|---------------------------------------|----|---|----------------|
| - Längenabweichung | Lx | ≤ | ± 1 mm |
| - Breitenabweichung | Wx | ≤ | ± 1 mm |
| - Dickenabweichung | Tx | ≤ | ± 1 mm |
| - Abweichung von der Rechtwinkligkeit | Sx | ≤ | ± 2 mm/1000 mm |
| - Abweichung von der Ebenheit | Px | ≤ | ± 2 mm |
- (3) Die Anforderungen an die Maßhaltigkeit der PU- und PF-Platten sind nach abZ / aBg nach technischen Möglichkeiten und Notwendigkeiten festgelegt worden. Man sollte nicht hinter diesen Anforderungen zurück bleiben.

Man könnte die Anforderungen in der Norm derart "großzügig" gestalten, wenn man zur Sicherstellung der Praxistauglichkeit der Systeme (handwerkliche Ausführbarkeit – erzielbares optisches Ergebnis) national entsprechende Qualitätsrichtlinien bzw. Liefervereinbarungen festlegt. Obenstehend wurde dieser Mangel daher als "zulässig" eingeordnet.

Mängel, Lücken – Dämmstoffe – Dimensionsstabilität (unzulässiger Mangel)

Es liegen folgende **wesentliche** Mängel vor:

- (1) Die Anforderungen an die Dimensionsstabilität der EPS/S- und EPS/SD-Platten sind nach abZ / aBg bereits viel zu "großzügig" gestaltet. Es liegen negative Erfahrungen mit dünn-schichtigen insbesondere weichen Kunstharzputzsystemen vor, Systemoberflächen weisen mitunter den Steppdeckeneffekt auf. Die Norm verbessert diesen Mangel nicht.

Nach unserer Auffassung wären mindestens folgende Anforderungen nötig:

- | | | | |
|---|---------|---|--------|
| - Dimensionsstabilität bei Temperatureinwirkung | | | |
| +70 °C für 48 h, geprüft nach DIN EN 1604 | DS(T+): | | |
| Dicken-, Längen- und Breitenänderungen | | ≤ | 1,0 % |
| Ebenheitsänderung | | ≤ | 1 mm/m |

Nach unserer Auffassung sollten Dämmstoff- und Systemhersteller durch Lieferbedingungen vereinbaren, dass die Dicken-, Längen- und Breitenänderungen ≤ 0,5 % betragen.

- (2) Die Anforderungen an die Dimensionsstabilität der XPS-Platten ist ungeeignet. Diese Platten sind ausgesprochen steif, bei Dimensionsveränderungen bis zu 2 % würden alle Putzsysteme auf allen Dämmplattenstößen reißen. Wir schlagen vor:
 - Dimensionsstabilität bei Temperatureinwirkung
- | | | | |
|---|---------|--|--|
| +70 °C für 48 h, geprüft nach DIN EN 1604 | DS(T+): | | |
|---|---------|--|--|

Dicken-, Längen- und Breitenänderungen	≤	0,5 %
Ebenheitsänderung	≤	1 mm/m

- (3) Die Anforderungen an die Dimensionsstabilität der PU- und PF-Platten sind nach abZ / aBg nach technischen Möglichkeiten und Notwendigkeiten festgelegt worden. Man sollte aus nachstehend genannten Gründen nicht hinter diesen Anforderungen zurück bleiben.

Man könnte die Anforderungen in der Norm "großzügig" gestalten, wenn damit nur die handwerkliche Ausführbarkeit oder das optisch erzielbare Ergebnis betroffen wäre.

Das ist hier nicht der Fall: Die Grenzwerte führen dazu, dass Risse im Putzsystem entstehen. Diese Risse werden in der Prüfung an der Prüfwand möglicherweise noch nicht entstehen, weil die Prüfbedingungen dies nicht sicher erfassen.

Eine mehr oder weniger regelmäßige Rissbildung des Putzsystems über den Dämmstoffstößen führt zu erhöhten Wasseraufnahmen und setzt langfristig die Dauerhaftigkeit herab. Dieser Mangel reduziert die langfristige Funktionstüchtigkeit. Oberstehend wurde dieser Mangel daher als "unzulässig" eingeordnet.

Mängel, Lücken – Dämmstoffe – Angabe Zugfestigkeit (unzulässiger Mangel)

Es liegt folgender **wesentlicher** Mangel vor:

- (1) Die Zugfestigkeit senkrecht zur Wandebene darf nicht nur als Mittelwert angegeben werden, es müssen stets alle Einzelwerte angegeben werden, damit eine statistische Auswertung möglich ist.

Die Ungenauigkeit der Angaben führt dazu, dass man weder die Kleinstwerte (welche den national zurzeit gültigen Grundlagen zugrunde liegen) noch die Streuung der Versuchsserien kennt. Zur Erzielung der gewünschten Systemsicherheit müsste dann der Sicherheitsbeiwert "Streuung" erheblich erhöht werden.

Man könnte die Anforderungen in der Norm "großzügig" gestalten, wenn der Systemaufbau hinsichtlich der Standicherheit stets bzw. in allen Einwirkungen große Sicherheitsreserven aufweist. Das ist aber nur für wenige Systemtypen der Fall.

Dies kann man bereits aus den geltenden Regeln erkennen, was an 2 Beispielen verdeutlicht wird:

In der MVVTB wurde der anzusetzende Sicherheitsbeiwert "Material" nach langjährigen Erfahrungen mit den Systemen festgelegt. Dabei war vorausgesetzt worden, dass die relevante Festigkeit als 5%-Quantilwert oder – ersatzweise – als Kleinstwert definiert wird. Entsprechend erfolgte die Festigkeitsdefinition in den nationalen Zulassungen.

Systeme, deren Eignung durch eine ETA nachgewiesen wird, werden mit Definitionen der Dämmstoffeigenschaften nach europäischer Dämmstoffnorm beschrieben. Für die Zugfestigkeit senkrecht zur Dämmebene werden die Festigkeiten in Klassen "TR..." angegeben. Die Basis des Ergebnisses ist die Untersuchung nach EN 1607, danach wird nur der Mittelwert angegeben.

Systeme mit so definierten Eigenschaften dürfen in Deutschland angewendet werden, die Teilsicherheitsbeiwerte wurden aber gegenüber der vorstehend genannten Vorgehensweise verdoppelt.

Für nur geklebte Systeme mit Mineralwolle-Lamellendämmplatten ist die größte zulässige Windeinwirkung dadurch nicht zul $w_e = 1,60 \text{ kN/m}^2$ sondern nur zul $w_e = 0,80 \text{ kN/m}^2$.

In Tab. A2.1-6 der Anlage 2 werden die Windsogkräfte gemäß dem vereinfachten Verfahren nach DIN EN 1991-1-4 für Bauwerke bis zur Höhe 25 m und für Höhen-Längen-Verhältnisse $h / d \leq 2$ angegeben. Danach wäre das System nur noch bis ca. 10 m Höhe und nur noch in Windszone 1 anwendbar, während mit zul $w_e = 1,60 \text{ kN/m}^2$ eine Anwendung bis weit über 25 m Höhe möglich ist.

Für geklebte + gedübelte Systeme mit Mineralwolle-Dämmplatten wird die von der Dübelanzahl abhängige zulässige Windeinwirkung halbiert.

Dadurch wäre viele Systeme nur mit ausgesprochen hoher Dübelanzahl und nur bis zur Windsogeinwirkung zul $w_e = 1,10 \text{ kN/m}^2$ anwendbar.

Eine derart ungenaue Systembeschreibung führt dazu, dass Systeme auf der Basis der Norm in Deutschland kaum anwendbar wären.

Grundsätzlich gibt es die vernünftige Erwartungshaltung, dass ein System, dass nach Norm geprüft und definiert wird, auch zumindest an Standardgebäuden anwendbar ist. Das wäre für viele Systeme und europaweit nicht gegeben. Dies entspricht nicht dem Sinn einer Norm. Mit dieser Systemdefinition ist die Norm unbrauchbar.

Mit Angabe aller Einzelwerte der Versuchsserien kann der 5-%-Quantilwert und der Variationskoeffizient – und damit der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{M,St}$ ("Streuung der Versuchsergebnisse") ermittelt werden, siehe Abb. A2.4.1-1 in der Anlage 2.

Wir weisen darauf hin, dass alternativ lediglich der Mittelwert und der Variationskoeffizient angegeben werden können. Da man dann ausgehend vom Mittelwert (statt Quantilwert) auf den Bemessungswert schließt, muss ein zusätzlicher Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{M,i}$ gemäß Abb. 3.2-1 berücksichtigt werden.

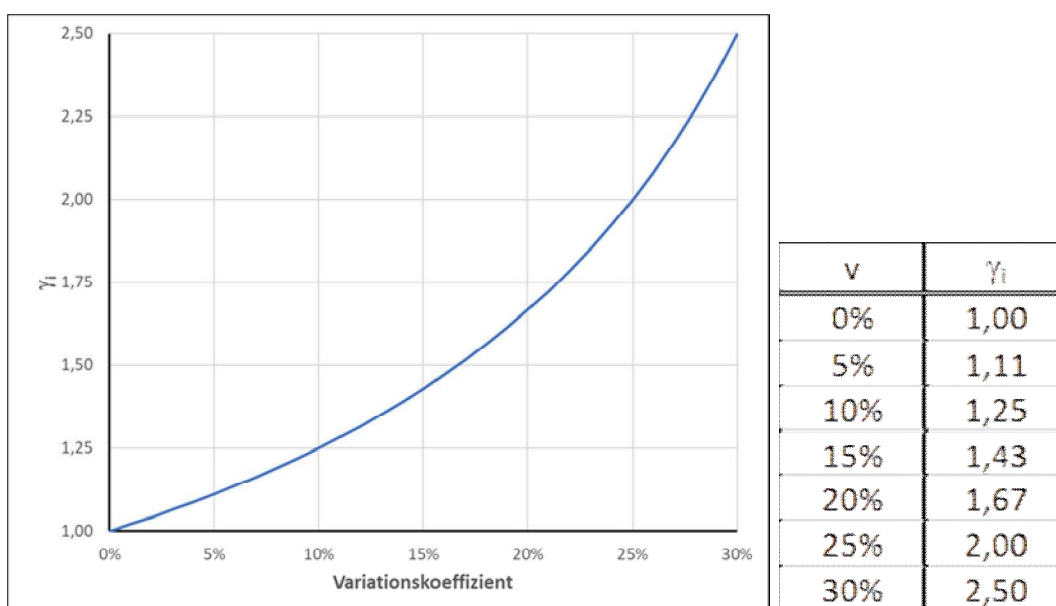


Abbildung 3.2-1: Zusätzlicher Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{M,i}$ zur Ermittlung des Bemessungswertes aus dem Mittelwert der Versuchsergebnisse und dem Variationskoeffizient

Wenn nun eine (ggfls. angenommene) große Streuung vorliegt – z. B. Variationskoeffizient = 25 % – so ist ein zusätzlicher Teilsicherheitsbeiwert gemäß Abb. 3.2-1 in Höhe von $\gamma_{M,i} = 2,0$ zu berücksichtigen. Dies ist so bereits in der MVVTB umgesetzt worden.

EN 17.237 – 1.2.3 Mechanische Befestigungen (Teller-, Spiral-, Kragendübel)

An die Dübel werden grundsätzliche Konstruktionsanforderungen formuliert, die sich für Tellerdübel wie folgt vereinfachend wiedergeben lassen:

- (a, d) Kunststoffhülse mit min 5 mm Ø, Teller mit min 60 mm Ø
- (b, c) Spreizelement eingeschlagen o. eingeschraubt, Verankerungstiefe min 25 mm
- (e, f) Materialdefinitionen für Dübelhülse, -schaft und -Teller sowie Spreizelement
- Wärmebrückenwert (chi-value) $\leq 0,002$ W/K bei Metall-Spreizelement
- Dübeltellerbiegesteifigkeit $\geq 0,3$ kN/mm bei der Prüfung gemäß Annex C
- Dübeltellertragfähigkeit $\geq 1,0$ kN bei der Prüfung gemäß Annex C

Für Spiral- und für Kragendübel werden die Anforderungen sinngemäß festgelegt.

Mängel, Lücken – Mechanische Befestigungen (Teller-, Spiral-, Kragendübel)

Zumindest für die Teller- und für die Kragendübel kann es sich bei den durch die Norm erfassten Systemtypen um Dübel mit gänzlich unterschiedlichen Aufgaben handeln:

Bei Systemen mit Klebung und für Schubkräfte ausreichend tragfähige Dämmstoffe liegt folgende "Aufgabenteilung" vor:

- (1) Dem Dämmstoff und dem Kleber wird die Aufgabe der Aufnahme und Weiterleitung der Schubkräfte aus Eigenlast und hygrothermischen Einwirkungen zugewiesen
- (2) Der Dübel unterstützt lediglich den vorgenannten Lastabtrag und
- (3) Der Dübel nimmt Windsogkräfte anteilig auf, solange die Klebung nicht versagt
- (4) Der Dübel nimmt Windsogkräfte ohne Mitwirkung der Klebung auf, dies im Fall / in Teilflächen sich vom Untergrund ablösenden Kleber

Nach deutschem Regelwerk ist hiermit typischerweise die Verwendung von Dübeln nach ETAG 014 [13] verbunden.

Bei Systemen ohne Klebung und/oder für Schubkräfte nicht tragfähige Dämmstoffe liegt diese "Aufgabenteilung" nicht vor, in diesem Fall müssen die Befestigungsmittel auch die Schubkräfte (hierin Eigenlast als Dauerlast) aufnehmen, hiermit sind (dauerhaft einwirkend) Querkräfte und ggfls. Biegemomente im Befestigungsmittel verbunden.

Nach deutschem Regelwerk ist hiermit typischerweise die Verwendung von Dübeln nach ETAG 020 [14] verbunden. In der Norm sind aber nur die Anforderungen an Dübel nach ETAG 014 [13] berücksichtigt – d.h. nur für Windsog vorgesehen / zugelassen.

Das ist ein sehr schwerwiegender Mangel.

Nach unserem Verständnis der Norm soll die technische Definition der Systemkomponenten ohne Bezugnahme auf ETAG's erfolgen.

Man müsste somit die vorgenannten ETAG's sinngemäß in die Norm einarbeiten.

Wenn dies nicht erfolgt, bleibt eine für die Funktionstüchtigkeit wesentliche Komponente zu ungenau beschrieben, dies müsste durch nationale Regeln ergänzt werden.

Grundsätzlich gibt es die vernünftige Erwartungshaltung, dass ein System, dass nach Norm geprüft und definiert wird, auch zumindest an Standardgebäuden anwendbar ist. Das wäre für viele Systeme und europaweit nicht gegeben. Dies entspricht nicht dem Sinn einer Norm. Mit dieser ungenauen Systemdefinition ist die Norm nur sehr eingeschränkt brauchbar.

EN 17.237 – 1.2.5.1 Glasfasergewebe

An Glasfasergewebe werden die Anforderungen an die Zugfestigkeit (Prüfung nach EN 13496:2020) wie folgt definiert:

- $\bar{\sigma}_{Z,tr} \geq 40$ N/mm; kein Messwert darf kleiner sein als 36 N/mm, die mittlere Dehnung ϵ_{50} soll ≤ 5 % sein.
- $\bar{\sigma}_{Z,\infty} \geq 20$ N/mm nach Lagerung in aggressivem Medium; kein Messwert darf kleiner sein als 18 N/mm, die mittlere Dehnung ϵ_{50} soll ≤ 5 % sein.
- Das Verhältnis $\bar{\sigma}_{Z,tr} / \bar{\sigma}_{Z,\infty}$ muss kleiner oder gleich 2,0 sein, die Festigkeitsverluste dürfen somit 50 % nicht überschreiten.
- Die 28-d-Alterung in aggressivem Medium bei $23^{\pm 5}$ °C ist als Referenz-Methode gewählt; die 1-d-Alterung in aggressivem Medium bei $60^{\pm 2}$ °C ist als Alternativ-Methode gewählt;

Zum Vergleich dazu werden in Tab. 3.2-2 die in deutschen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ) / allgemeinen Bauartgenehmigungen (aBg) aufgeführten Anforderungen zusammengestellt.

Tabelle 3.2-2 Anforderungen an die Glasfasergewebe nach abZ / aBg

Eigenschaften	Lagermedium	Gewebetyp I	Gewebetyp II
Flächengewicht		ca. 155 g/m ²	ca. 165 g/m ²
Maschenweite		6 mm x 6 mm	4 mm x 4 mm
Reißfestigkeit	23 °C, 50 % r.F.	≥ 35 N/mm	≥ 35 N/mm
	28 d bei 23 °C 5 % Natronlauge	≥ 17 N/mm	≥ 17 N/mm
	6 h bei 80 °C alkalische Lösung	≥ 17 N/mm	≥ 17 N/mm

Es fallen folgende Unterschiede auf:

- (1) die gestellten Anforderungen sind in der Norm höher, als in unseren abZ / aBg
- (2) in den abZ / aBg werden keine Dehnungen angegeben

3.3 Aufbau der Fassadensysteme nach EN 17.237 – Anwendungsgrenzen

Die Norm definiert die Anwendungsgrenzen der Systemtypen gemäß Tab. 3.3-1 und ordnet die Befestigungsmittel sowie Dämmstoffe gemäß Tab. 3.3-2 zu:

In Tab. 3.3-1 und 3.3-2 sind die Systemtypen:

- I WDVS geklebt und "konstruktiv" gedübelt (Montagehilfe)
- II WDVS nur geklebt

- III WDVS geklebt und mit Tellerdübeln gedübelt
 - a) mit Klebeflächenanteil min 20 % verklebt
 - b) mit Klebeflächenanteil min 40 % verklebt
- IV WDVS geklebt und mit Spiraldübeln gedübelt
- V WDVS nur mechanisch mit Tellerdübeln befestigt
- VI WDVS geklebt und mit Profilen / Schienen befestigt
- VII WDVS nur mechanisch mit Profilen, Schienen u. ggf. mit Tellerdübeln befestigt
- VIII WDVS mechanisch befestigt mit Metallgewebe

Tabelle 3.3-1: Anwendungsgrenzen der Systemtypen gemäß DIN EN 17.237

Systemtyp	I	II	III a	III b	IV	V	VI	VII	VIII
Klebeflächenanteil min. [%]	40	40	20	40	40	-	40	-	-
Dämmdicke min. [mm]	-	-	-	-	-	-	-	-	20
Dämmdicke max. [mm]	400	400	200	400	400	200	200	200	-
Dübelanzahl min. [Stk./m ²]	-	-	4	4	4	4	-	-	-
Putzgewicht min. [kg/m ²]	-	-	-	-	-	-	-	-	25
Putzgewicht max. [kg/m ²]	30	30	20	40	40	20	30	20	70
Systemgewicht * min. [kg/m ²]	-	-	-	-	-	-	-	-	25
Systemgewicht * max. [kg/m ²]	60	60	45	65	65	45	60	45	80

* Als Systemgewicht wird das Gewicht des Putzsystems und des Dämmstoffes angesehen.

Tabelle 3.3-2: Systemtypen gemäß DIN EN 17.237, ausführbare Systemgewichte und verwendbare Befestigungsmittel bzw. verwendbare Dämmstoffe

Systemtyp	I	II	III a	III b	IV	V	VI	VII	VIII
Klebeflächenanteil min. [%]	40	40	20	40	40	-	40	-	-
Tellerdübel bündig/versenkt	x	-	x	x	-	x	x	x	-
Spiraldübel tiefversenkt	-	-	-	-	x	-	-	-	-
Kragendübel + Leisten	-	-	-	-	-	-	x	x	-
Schräg-Zuganker + Metallgewebe	-	-	-	-	-	-	-	-	x
Systemgewicht * min. [kg/m ²]	-	-	-	-	-	-	-	-	25
Systemgewicht * max. [kg/m ²]	60	60	45	65	65	45	60	45	80
MW-L	x	x	x	x	-	-	-	-	-
MW-P	-	-	x	x	x	x	x	x	x
EPS S	x	x	x	x	x	-	x	x	-
EPS SD	x	x	x	x	x	-	-	-	-
XPS	x	x	x	x	-	-	-	-	-
PU	x	x	x	x	-	-	-	-	-
PF	-	-	x	x	-	-	-	-	-
CG	x	x	x	x	-	-	-	-	-
ICB	-	-	x	x	-	-	-	-	-
WF	-	-	x	x	-	-	-	-	-

* Als Systemgewicht wird das Gewicht des Putzsystems und des Dämmstoffes angesehen.

In Tab. 3.3-2 sind die Dämmstoffe wie folgt abgekürzt:

- MW-L = Mineralwolle MW-Lamelle
- MW-P = Mineralwolle MW-Platte
- EPS/S = Expandierte Polystyrol-Hartschaum-Dämmplatten – Standard
- EPS/SD = Expandierte Polystyrol-Hartschaum-Dämmplatten – Elastifiziert
- XPS = Extrudierte Polystyrol-Hartschaum-Dämmplatten
- PU = Polyurethan-Hartschaum-Dämmplatten
- PF = Phenolharz-Hartschaum-Dämmplatten
- CG = Foamglas-Dämmplatten
- ICB = Kork-Dämmplatten
- WF = Holzweichfaser-Dämmplatten

Mängel, Lücken – Zuordnung Dämmstoff ./ Befestigungsart (unzulässiger Mangel)

Es ist nicht zulässig, folgende Varianten zu normen:

- (1) CG = Foamglas-Dämmplatten sind nach unserer Einschätzung für ein WDVS i.A. ungeeignet, die Eignung wäre lediglich bei leichten organisch gebundenen oder sehr leichten kalkgebundenen mineralischen Putzsystemen denkbar. Putzgewichte bis 45 kg/m² und Systemgewichte bis 65 kg/m² sind undenkbar.
- (2) MW-L sollte man nicht mit nur 20 % Klebeflächenanteil verkleben.

Hinweise (kein Mangel): Es ist nicht verständlich, warum folgende Varianten fehlen:

- (1) WF = Holzweichfaser-Dämmplatten sind dazu konzipiert, auf Holzkonstruktionen ausschließlich mittels Schrauben + Teller sowie Klammern befestigt zu werden. Warum sind diese Befestigungsmittel und Ausführungsvarianten nicht erfasst?

Diese Systemvariante ist (mit Dübeln) als Typ (V) auf Massivuntergründen in der Norm erfasst.

Diese Systemvariante ist (mit Dübeln) als Typ (III) mit zusätzlicher Klebung auf Massivuntergründen in der Norm erfasst.

4 Aufbau der Fassadensysteme – differenziert nach Tragmechanismen

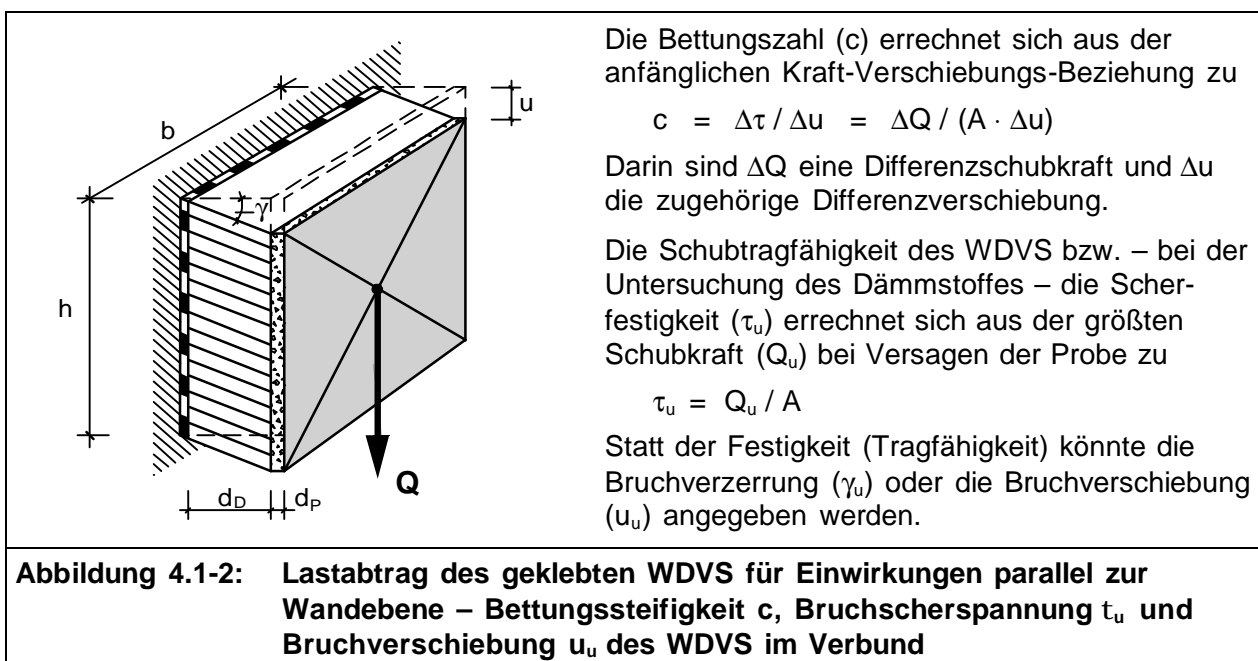
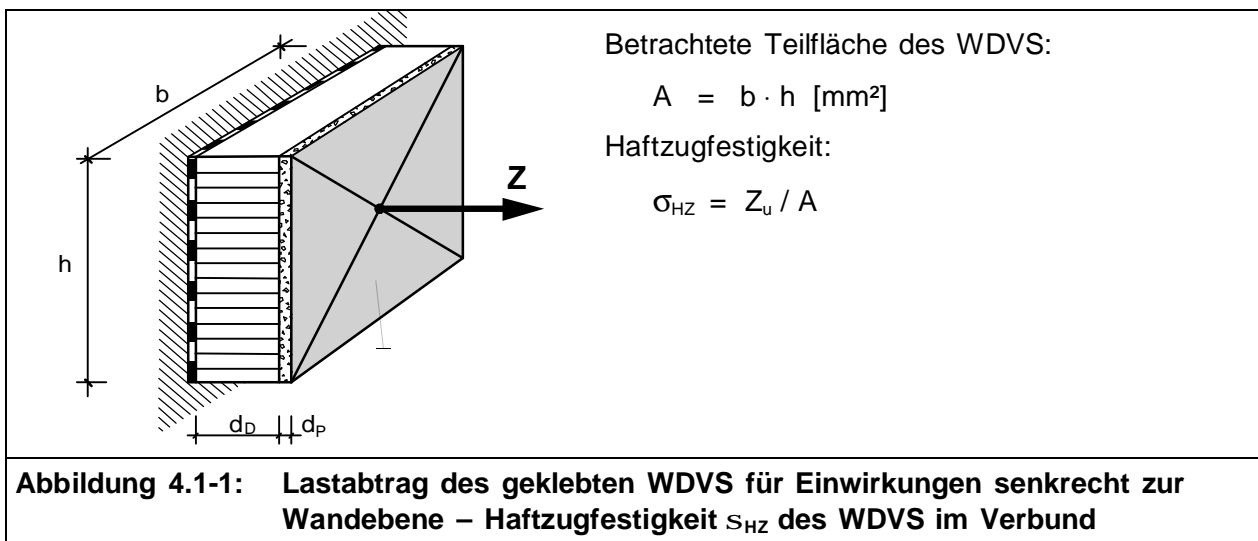
Die System unterscheiden sich diesbezüglich grundlegend, eine Grobeinordnung könnte wie folgt erfolgen:

4.1 Lastabtrag über den Dämmstoff und die Verklebung

Das Tragverhalten der Systemtypen

- I WDVS geklebt und "konstruktiv" gedübelt (Montagehilfe)
- II WDVS nur geklebt

ist dadurch gekennzeichnet, dass Dämmstoff und Kleber ausreichend steif und fest sind und dass der Verbund des Klebers zum Dämmstoff und zur Wandoberfläche sicher und dauerhaft ist, vgl. Abb. 4.1-1 und Abb. 4.1-2.



Das "rechnerische" Tragverhalten dieser Systemtypen (I) und (II) unterscheidet sich nicht, die Dübel werden nicht zum Lastabtrag herangezogen.

In Abb. A1.1-1 bis A1.1-3 der Anlage 1 werden typische Aufbauten gezeigt. Dübel sind dort nicht dargestellt.

4.2 Lastabtrag über den Dämmstoff, die Verklebung und die mechanische Befestigung

Das Tragverhalten der Systemtypen

- III WDVS geklebt und mit Tellerdübeln gedübelt
- IV WDVS geklebt und mit Spiraldübeln gedübelt
- VI WDVS geklebt und mit Profilen / Schienen befestigt

ist dadurch gekennzeichnet, dass Dämmstoff und Kleber ausreichend steif und fest sind, Schub- und anteilig Windsogkräfte aufzunehmen.

In Abb. A1.2-1 bis A1.2-7 und A1.3-2 der Anlage 1 werden typische Aufbauten gezeigt.

Bezüglich der Untergrundqualität ist folgende Differenzierung möglich:

4.2.1 Lastabtrag stets für alle Einwirkungen über den Dämmstoff, die Verklebung und die mechanische Befestigung

Hierbei ist es erforderlich, dass der Verbund des Klebers zum Dämmstoff und zur Wandoberfläche stets und überall sicher und dauerhaft ist. Die Untergrundeignung ist entsprechend zu definieren.

Die Untergrundqualität wird nach abZ/aBg bislang wie folgt definiert: "sauber, trocken, tragfähig; Oberfläche und Kleber sind "verträglich", der Kleber erreicht eine Haftzugfestigkeit auf der Wandoberfläche in Höhe von min. 0,8 N/mm².

Dieser Ansatz des generellen gemeinsamen Lastabtrags durch Klebung und mechanischer Befestigung wurde in Deutschland bislang nicht verfolgt, dies könnte gegenüber der Vorgehensweise nach Abs. 4.2.2 reduzierte Dübelmengen mit sich bringen, da im Lastfall Windsog auch die Klebung herangezogen würde.

4.2.2 Lastabtrag für Schubkräfte über den Dämmstoff, die Verklebung und die mechanische Befestigung

Hierbei ist es erforderlich, dass der Verbund des Klebers zum Dämmstoff und zur Wandoberfläche in wesentlichen Teilen der Flächen sicher und dauerhaft ist. Die Untergrundeignung ist entsprechend zu definieren.

Die Untergrundqualität wird nach abZ/aBg bislang wie folgt definiert: "sauber, trocken, tragfähig; Oberfläche und Kleber müssen ausreichend "verträglich" sein, dies ist sachverständig zu beurteilen. Die Haftzugfestigkeit des Klebers auf der Wandoberfläche wird nicht quantitativ definiert.

Das "rechnerische" Tragverhalten dieser Untervarianten unterscheidet sich:

In Teilflächen, wo sich der Kleber vom Untergrund löst, müssen die Dübel (bzw. Schienen) in der Lage sein, die Windsogeinwirkungen ohne Ansatz der Verklebung aufzunehmen.

Dies bedingt eine entsprechende Prüfung des Tragverhaltens.

In Abb. A1.2-1 bis A1.2-7 und A1.3-2 der Anlage 1 werden typische Aufbauten gezeigt, deren Tragverhalten wurde durchweg zweiteilig geprüft und beurteilt: für den Abtrag der Schubkräfte aus Eigenlast und Hygrothermischen Einwirkungen wird das auch geklebte System betrachtet, für die Untersuchung der Tragfähigkeit unter Windsogeinwirkung wird der Kleber weggelassen. Es können Dübel nach ETAG 014 [13] verwendet werden, diese müssen keine Dauerlasten und nur Zugkräfte senkrecht zur Wand (Windsog) aufnehmen können.

Grundsatzprüfung: Tragmechanismen des geklebten + gedübelten Systems

Es ist sicher zu stellen, dass das richtige Verständnis zu diesem Tragverhalten vorliegt:

Nach unseren Erfahrungen aus Fachdiskussionen besteht zu dieser Frage auch in Deutschland noch kein Einvernehmen, das vorgenannte Tragverhalten ist nicht als

a.a.R.d.T. (allgemeine anerkannte Regel der Technik) anzusehen. Im folgenden werden weitere Hinweise gegeben

Es liegt allgemein das Verständnis vor, dass für den Fall eines nicht eindeutig als tragfähig einzuordnenden Untergrundes eine Ablösung des Klebers vom Untergrund angenommen wird – gemeinhin wird aber dann eine großflächige Ablösung angenommen.

System mit Dübeln befestigt: Die großflächige Ablösung des Klebers würde es erforderlich machen, dass auch die Scheibentragwirkung (Eigenlasten + hygrothermische Einwirkungen) durch die zusätzliche Dübelung sichergestellt wird. Die Dübelung kann dies auf unterschiedliche Weise, nämlich:

- (1) Aufnahme von Querlasten durch die Dübel, die damit Biegemomente erhalten; die Querlasten können direkt vom Putz in den Dübelteller aber auch vom in den Dämmstoff eingebundenen Dübelschaft in das Dübel-Spreizelement eingeleitet werden.
- (2) Aufnahme von Querlasten durch Lochlaibungspressung der Dübel- bzw. Schraubenschäfte gegen die Dämmplatte; auch hiermit sind Querlasten auf die Dübel und damit Biegebeanspruchungen des Dübel-Spreizelementes verbunden
- (3) Aufnahme von Schubkräften durch das "Konsoltragmodell" gemäß Abb. 3.4.2-1

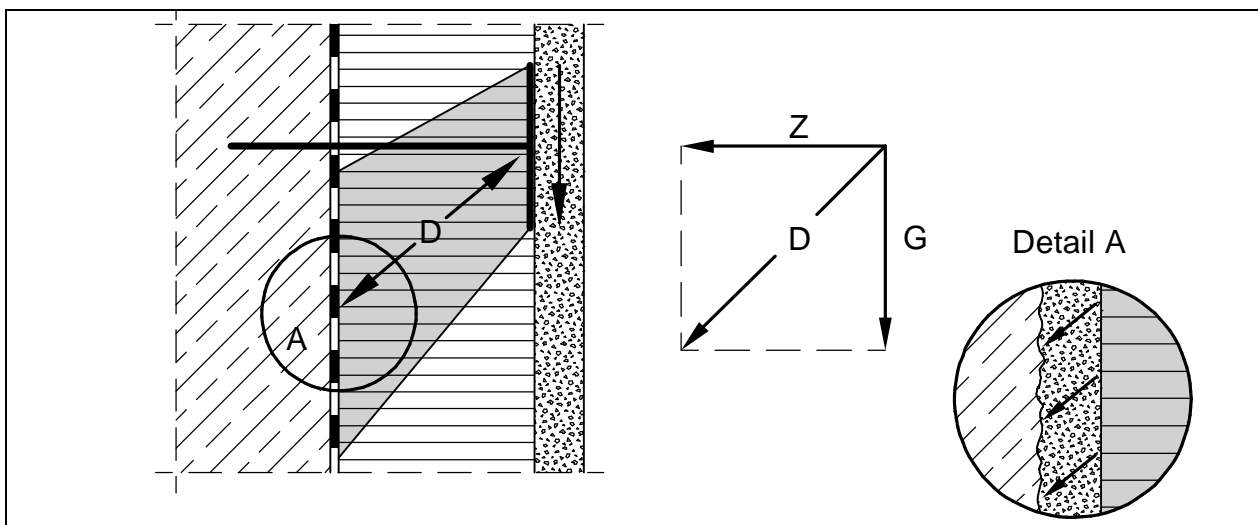


Abbildung 3.4.2-1: Lastabtrag des gedübelten WDVS für Einwirkungen parallel zur Wandebene durch das "Konsoltragmodell"

Lastfällen Eigengewicht + Hygrothermische Einwirkungen: „Konsoltragwirkung“ mit Schraube als „Zugband“, Dämmstoff als „Druckstrebe“ und „Schubverzahnung“ auf dem Untergrund

System mit Schienen befestigt: Die großflächige Ablösung des Klebers würde es erforderlich machen, dass auch die Scheibentragwirkung (Eigenlasten + hygrothermische Einwirkungen) durch die zusätzliche mechanische Befestigung – z.B. durch am Untergrund gedübelte Schienen – sichergestellt wird. Die Schienen (Profile) und deren Dübelung können und müssen dies – sinngemäß wie obenstehend für die Dübelung beschrieben – übernehmen, dazu müssen sie konzipiert sein, z.B. auch für die Aufnahme von Dauerlasten geeignet und zugelassen sein.

4.3 Lastabtrag über den Dämmstoff und die mechanische Befestigung

4.3.1 Putzsystem mit Glasfaserbewehrung

Das Tragverhalten der Systemtypen

V WDVS nur mechanisch mit Tellerdübeln befestigt

VII WDVS nur mechanisch mit Profilen, Schienen u. ggf. mit Tellerdübeln befestigt

ist dadurch gekennzeichnet, dass Dämmstoff und Befestigung so konzipiert sind, dass die Befestigungsmittel ausreichend steif und fest bzw. im Dämmstoff ausreichend steif und fest eingebunden sind, Schubkräfte und Windkräfte aufzunehmen. Die Befestigungsmittel und deren Verankerung im Untergrund müssen geeignet sein, Zug-, Querzug- und Schrägzugkräfte sowie ggfls. Biegemomente aufzunehmen.

Die Dübelung kann dies auf unterschiedliche Weise, nämlich:

- (1) Aufnahme von Querlasten durch die Dübel, die damit Biegemomente erhalten; die Querlasten können direkt vom Putz in den Dübelteller aber auch vom in den Dämmstoff eingebundenen Dübelschaft in das Dübel-Spreizelement eingeleitet werden.
- (2) Aufnahme von Querlasten durch Lochlaibungspressung der Dübel- bzw. Schraubenschäfte gegen die Dämmplatte; auch hiermit sind Querlasten auf die Dübel und damit Biegebeanspruchungen des Dübel-Spreizelementes verbunden
- (3) Aufnahme von Schubkräften durch das "Konsoltragmodell" gemäß Abb. 3.4.2-1

Nach ETAG 014 [13] geprüfte und beurteilte Dübel sind dazu zunächst nicht vorgesehen bzw. geeignet.

Beispielsweise sind Systeme mit Holzweichfaser-Dämmplatten, auf Ständerwerk befestigt, hier einzuordnen: Die Befestigungsmittel (Schrauben mit Kunststoffteller, Klammern) tragen Querlasten über Lochleibungsbeanspruchung im Dämmstoff ab. Die Befestigungsmittel werden für die kombinierten Beanspruchungen nachgewiesen.

Die Schienen (Profile) im Systemtyp (VII) und deren Dübelung können und müssen dies – sinngemäß wie obenstehend für die Dübelung beschrieben – übernehmen, dazu müssen sie konzipiert sein, z.B. auch für die Aufnahme von Dauerlasten geeignet und zugelassen sein.

4.3.2 Putzsystem mit Metallgewebe

Das Tragverhalten des Systemtyps

VIII WDVS mechanisch befestigt mit Metallgewebe

kann dadurch gekennzeichnet, dass ein Lastabtrag nach Abs. 3.4.3.1 vorgesehen ist.

Ein solches System ist uns zurzeit nicht bekannt.

Das Tragverhalten dieses Systemstyps – wie wir es kennengelernt haben – ist so konzipiert, dass der Dämmstoff lediglich über seine Drucksteifigkeit zum Lastabtrag herangezogen wird:

Dämmstoff und Befestigung sind so konzipiert, dass die Befestigungsmittel schräg durch die Dämmschicht geführt und am Metallgewebe verankert werden. Die Befestigungsmittel erhalten Zugkräfte aus Wind + Schubabtrag, denn die Eigenlast wird

über eine "Konsoltragmodell" abgeleitet, die "Druckstrebe" wird durch den ausreichend druckfesten Dämmstoff gebildet.

4.4 Grundlagen der Beurteilung der Standsicherheit des WDVS – Systemtypen (I) und (II) – WDVS tragfähig geklebt

In der Anlage 2 werden in Abs. A2.4 Grundlagen zum statischen Nachweis und vorangegangener experimenteller Untersuchungen behandelt. Damit wird eine Nachweisstruktur vorgeschlagen, die angegebenen Sicherheitsbeiwerte sind beispielhaft zu verstehen.

Dort wird hier der Begriff "Putzträger" eingeführt, hiermit ist eine Oberflächenschicht des Dämmstoffes gemeint, der Dämmstoff kann für diese Funktion eine Verdichtung und/oder Oberflächenbehandlung / -beschichtung bekommen.

5 DIN EN 17.237 – 5 – Assessment (Bewertung)

5.1 Introduction

5.2 Reaction to fire

5.3 Propensity to undergo continuous smouldering (Neigung zum Schwelen)

5.4 Water absorption

5.5 Water tightness (Schlagregendichtheit)

5.6 Impact resistance

5.7 Water vapour permeability (Wasserdampfdurchlässigkeit)

5.8 Bond strength / Fixing strength

5.8.1 General

Die Typen der Systeme / Befestigungen:

- I WDVS geklebt und "konstruktiv" gedübelt (Montagehilfe)
- II WDVS nur geklebt
- III WDVS geklebt und mit Tellerdübeln gedübelt
 - a) mit Klebeflächenanteil min 20 % verklebt
 - b) mit Klebeflächenanteil min 40 % verklebt
- IV WDVS geklebt und mit Spiraldübeln gedübelt
- V WDVS nur mechanisch mit Tellerdübeln befestigt
- VI WDVS geklebt und mit Profilen / Schienen befestigt
- VII WDVS nur mechanisch mit Profilen, Schienen u. ggf. mit Tellerdübeln befestigt
- VIII WDVS mechanisch befestigt mit Metallgewebe

und die Dämmstoff-Typen:

- MW-L = Mineralwolle MW-Lamelle
- MW-P = Mineralwolle MW-Platte
- EPS/S = Expandierte Polystyrol-Hartschaum-Dämmplatten – Standard
- EPS/SD = Expandierte Polystyrol-Hartschaum-Dämmplatten – Elastifiziert
- XPS = Extrudierte Polystyrol-Hartschaum-Dämmplatten
- PU = Polyurethan-Hartschaum-Dämmplatten
- PF = Phenolharz-Hartschaum-Dämmplatten
- CG = Foamglas-Dämmplatten
- ICB = Kork-Dämmplatten
- WF = Holzweichfaser-Dämmplatten

werden den zu führenden Nachweisen nach Table 2 und Table 3 zugewiesen.

Dabei wird zwischen Haftzugfestigkeit (Bond strength) und Zugfestigkeit senkrecht zur Oberfläche (Tensile strength perpendicular to the surface) unterschieden. Hiermit ist zum einen die Verbundfestigkeit des Klebers (Unterputzes) und zum Anderen die Zugfestigkeit des Dämmstoffes senkrecht zur Dämmebene (Querzugfestigkeit des Dämmstoffes) gemeint. Beides wird zu verschiedenen Konditionierungszuständen definiert.

Table 2, Table 3: Fixing methods with required components and possible thermal insulation materials covered by this standard
Relevant characteristics of bond strength / fixing strength in relation to fixing methods

Systemtyp	I	II	III a	III b	IV	V	VI	VII	VIII
Klebeflächenanteil min. [%]	40	40	20	40	40	-	40	-	-
Dämmdicke min. [mm]	-	-	-	-	-	-	-	-	20
Dämmdicke max. [mm]	400	400	200	400	400	200	200	200	-
Dübelanzahl min. [Stk./m ²]	-	-	4	4	4	4	-	-	-
Putzgewicht min. [kg/m ²]	-	-	-	-	-	-	-	-	25
Putzgewicht max. [kg/m ²]	30	30	20	40	40	20	30	20	70
Systemgewicht * min. [kg/m ²]	-	-	-	-	-	-	-	-	25
Systemgewicht * max. [kg/m ²]	60	60	45	65	65	45	60	45	80
Tellerdübel bündig/versenkt	X	-	X	X	-	X	X	X	-
Spiraldübel tiefversenkt	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Kragendübel + Leisten	-	-	-	-	-	-	X	X	-
Schräg-Zuganker + Metallgewebe	-	-	-	-	-	-	-	-	X
MW-L	X	X	X	X	-	-	-	-	-
MW-P	-	-	X	X	X	X	X	X	X
EPS S	X	X	X	X	X	-	X	X	-
EPS SD	X	X	X	X	X	-	-	-	-
XPS	X	X	X	X	-	-	-	-	-
PU	X	X	X	X	-	-	-	-	-
PF	-	-	X	X	-	-	-	-	-
CG	X	X	X	X	-	-	-	-	-
ICB	-	-	X	X	-	-	-	-	-
WF	-	-	X	X	-	-	-	-	-

Bond strength adhesive to thermal insulation 5.8.2	X	X	X	X	X	-	X	-	-
tensile strength perp. surf. of thermal insulation 5.8.4	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Bond strength base coat to thermal insulation 5.8.5	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Bond strength rend. system to thermal insulation 5.8.6	X	X	X	X	X	X	X	X	-

Load bearing capacity acc. to EN 16.382 – 5.8.7.3	-	-	X*	X*	X*	X	-	-	-
Load bearing capacity acc. to EN 13.495 method A – 5.8.7.4	-	-	X*	X*	X*	X*	-	-	-
Load bearing capacity acc. to EN 13.495 method B – 5.8.7.4	X*	X*	X*	X*	X*	X	X	X	X

X* relevant für einige Varianten, vg. Abs. 5.8.7.2

Ferner wird zwischen Haftzugfestigkeit des bewehrten Unterputzes (Bond strength of the reinforced base coat) und Haftzugfestigkeit des Putzsystems (Bond strength of the rendering system) auf dem Dämmstoff unterschieden.

5.8.2 Bond strength of the adhesive to the thermal insulation

An Klebemörtel (anorganisch gebunden) bzw. Kleber (organisch gebunden) werden die Anforderungen zur Haftzugfestigkeit (Prüfung nach EN 13.494:2019) auf dem Dämmstoff wie folgt definiert:

- Herstellung nach 13.494 sowie Lagerung 28 d bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH
- Konditionierung 1 – trocken – 5 Versuche – Angabe Einzelwerte (EW), Mittelwert (MW)
- Konditionierung 2a – nass – 5 Versuche – Angabe Einzelwerte (EW), Mittelwert (MW); Unterwasserlagerung $48^{\pm 3}$ h – Rücktrocknung 2 h bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH
- Konditionierung 2b – zurückgetrocknet – 5 Versuche – Angabe (EW), (MW); Unterwasserlagerung $48^{\pm 3}$ h – Rücktrocknung $168^{\pm 5}$ h bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH

Folgende Anforderungen werden für Systeme der Typen (I) und (II) an Klebemörtel (anorganisch gebunden) bzw. Kleber (organisch gebunden) hinsichtlich Haftzugfestigkeit (Prüfung nach EN 13.494:2019) auf dem Dämmstoff gestellt:

- $\bar{\sigma}_{\text{Hz,tr}} \geq 80$ kPa; ein Messwert darf kleiner sein aber mindestens ≥ 60 kPa; $\bar{\sigma}_{\text{Hz,tr}} \geq 30$ kPa bei Kohäsionsversagen im Dämmstoff;
- $\bar{\sigma}_{\text{Hz,ns}} \geq 30$ kPa; keine Anforderung im Fall Kohäsionsversagen im Dämmstoff; Unterwasserlagerung $48^{\pm 3}$ h – Rücktrocknung 2 h bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH
- $\bar{\sigma}_{\text{Hz,rr}} \geq 80$ kPa; ein Messwert darf kleiner sein aber mindestens ≥ 60 kPa; keine Anforderung im Fall Kohäsionsversagen im Dämmstoff; Unterwasserlagerung $48^{\pm 3}$ h – Rücktrocknung $168^{\pm 5}$ h bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH

An Klebeschaum werden die Anforderungen zur Haftzugfestigkeit (Prüfung nach EN 17101:2018) auf dem Dämmstoff wie folgt definiert:

- Herstellung nach 17101 sowie Lagerung 28 d bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH
- Konditionierung trocken – 5 Versuche – Angabe Einzelwerte (EW), Mittelwert (MW)
- $\bar{\sigma}_{\text{Hz,tr}} \geq 80$ kPa; ein Messwert darf kleiner sein aber mindestens ≥ 60 kPa

An Klebeschaum werden die Anforderungen zur Haftzugfestigkeit (Prüfung nach EN 17101:2018) auf dem Dämmstoff wie folgt definiert:

Mängel, Lücken – Trocken-Haftzugfestigkeit des Klebers auf dem Dämmstoff (unzulässiger Mangel)

Es ist zunächst festzustellen, dass die Anforderungen nicht nur für die Typen I und II gelten sondern für alle Systeme mit Klebung.

Die Forderung, dass bei Kohäsionsbruch min 30 kPa erreicht werden muss, würde bedeuten, dass die Norm nur für Systeme (welche geklebt werden) gilt, wenn Dämmstoffe ab dieser Festigkeit vorgesehen sind. Das trifft nicht zu.

Richtig wäre zu schreiben: keine Anforderung im Fall Kohäsionsversagen im Dämmstoff

Mängel, Lücken – Nass-Haftzugfestigkeit des Klebers auf dem Dämmstoff (unzulässiger Mangel)

Es ist vorgesehen, dass die Nasshaftzugfestigkeit min 30 kPa = min 30/80 = 37,5 % der Trockenhaftzugfestigkeit beträgt. Das ist (absolut und prozentual) zu wenig, vgl. Abs. 5.8.7.2.

Wir schlagen vor, statt 30 kPa 60 kPa zu fordern.

5.8.3 Compression behaviour of the thermal insulation in dry conditions

An die Mineralwolle-Dämmplatten wird in

table 1 – EN 17.237, Abs. 1.2.2 (Limits of thermal insulation used for ETIC-kits covered by the scope)

die Anforderung formuliert, dass die Druckspannung bei 10 % Stauchung mindestens 10 kPa betragen soll, im Abs. 5.8.3 werden die Prüfbedingungen präzisiert.

5.8.4 Tensile strength perpendicular to the surface of the thermal insulation

Bezug nehmend auf die Prüfnorm DIN EN 1607:2013 und die Dämmstoffnormen werden die Randbedingungen der Prüfung wie folgt beschrieben:

- Herstellung nach 1607 / Dämmstoffnorm, Lagerung 28 d bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH
- Konditionierung trocken – Angabe Mittelwert (MW) \bar{F}_{dry}
- Konditionierung feucht – Dämmstoffe MW, PF, WF –
 - Feuchtraum 7 d in $70^{\pm 2}$ °C / $90^{\pm 5}$ % RH – Rücktrocknung in $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH
 - Feuchtraum 28 d in $70^{\pm 2}$ °C / $90^{\pm 5}$ % RH – Rücktrocknung in $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH
- Rücktrocknung bis zur Massenkonstanz
- Festigkeitsprüfung
 - Konditionierung trocken – Angabe Mittelwert (MW) \bar{F}_{dry}
 - Feuchtraum 7 d – Angabe Mittelwert (MW) $\bar{F}_{wet,7}$ – Referenzmethode
 - Feuchtraum 28 d – Angabe Mittelwert (MW) $\bar{F}_{wet,28}$ – Alternativmethode

5.8.5 Bond strength of the reinforced base coat to the thermal insulation

Bezug nehmend auf die Prüfnorm DIN EN 13.494:2019 wird wie folgt vorgegangen:

- Herstellung Gesamtprobe nach 13.494 sowie Lagerung 28 d bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH
- Konditionierung 1 – trocken – 5 Versuche – Angabe Einzelwerte (EW), Mittelwert (MW)
- Konditionierung 2 – Konditionierung EOTA-Wand EN 16.383:2016 – Rücktrocknung 7 d bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH – 5 Versuche – Angabe Einzelwerte (EW), Mittelwert (MW)

5.8.6 Bond strength of the rendering system to the thermal insulation

Bezug nehmend auf die Prüfnorm DIN EN 13.494:2019 wird wie folgt vorgegangen:

- Herstellung Gesamtprobe nach EN 13.494 + Lagerung 28 d bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH
- Konditionierung 1 – trocken – 5 Versuche – Angabe Einzelwerte (EW), Mittelwert (MW)

- Konditionierung 2 – Konditionierung EOTA-Wand EN 16.383:2016 – Rücktrocknung 7 d bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH – 5 Versuche – Angabe Einzelwerte (EW), Mittelwert (MW)

Diese Untersuchung wird durchgeführt für alle Varianten der Unterputze differenziert nach Wasseraufnahme $\leq 0,5$ kg/m² und $> 0,5$ kg/m²;

Diese Untersuchung wird durchgeführt für alle Varianten der Putzsysteme differenziert nach Wasseraufnahme $\leq 0,5$ kg/m² und $> 0,5$ kg/m²;

Mängel, Lücken – Prüfung Zugfestigkeit des Dämmstoffes senkrecht zur Dämmebene (5.8.4), Angabe lediglich Mittelwerte (unzulässiger Mangel)

Es ist vorgesehen, dass nur die Mittelwerte angegeben werden.

Wenn nicht auch die Einzelwerte angegeben werden, bleibt die Streuung und die Mindestfestigkeit unbekannt. Damit ist die Systemstandsicherheit unzureichend genau beurteilbar. Auf der Basis der "Quantilwerte" oder der Mittelwerte in Verbindung mit dem Varationskoeffizient lassen sich die Teilsicherheitsbeiwerte "Streuung" ermitteln. Wenn allerdings weder Quantilwerte noch Varationskoeffizient noch Einzelwerte angegeben werden, ist eine ordnungsgemäße Beurteilung nach nationalen und europäischen Regelwerken nicht möglich. Obenstehend wurde dies bereits mit Beispielen belegt.

Mängel, Lücken – Prüfung Haftverbund des Unterputzes u. Putzsystems am Dämmstoff nur im trockenen Zustand (5.8.5, 5.8.6) (unzulässiger Mangel)

Die Zuordnung der Prüfung zu den Systemvarianten ist richtig.

Es ist nicht ausreichend, die Haftzugfestigkeit nur im trockenen Zustand zu testen, es muss sichergestellt werden, dass der Unterputz / das Putzsystem ausreichend nassfest ist. Das würde unzureichend erfasst, wenn der Unterputz nicht als Kleber verwendet wird (beim Kleber ist die Nassprüfung erfasst). Folgende Variante sollte zusätzlich bei 5.8.5 und 5.8.6 aufgenommen werden.

- Konditionierung 2a – nass – 5 Versuche – Angabe Einzelwerte (EW), Mittelwert (MW); Unterwasserlagerung $48^{\pm 3}$ h – Rücktrocknung 2 h bei $23^{\pm 2}$ °C / $50^{\pm 5}$ % RH

5.8.7 Fixing strength of mechanical fixing devices

5.8.7.1 Variants

5.8.7.1.1 Fixing method

Die Typen der Systeme / Befestigungen werden hier wieder aufgeführt:

- I WDVS geklebt und "konstruktiv" gedübelt (Montagehilfe)
- II WDVS nur geklebt
- III WDVS geklebt und mit Tellerdübeln gedübelt
 - a) mit Klebeflächenanteil min 20 % verklebt
 - b) mit Klebeflächenanteil min 40 % verklebt
- IV WDVS geklebt und mit Spiraldübeln gedübelt
- V WDVS nur mechanisch mit Tellerdübeln befestigt
- VI WDVS geklebt und mit Profilen / Schienen befestigt
- VII WDVS nur mechanisch mit Profilen, Schienen u. ggf. mit Tellerdübeln befestigt
- VIII WDVS mechanisch befestigt mit Metallgewebe

5.8.7.1.2 Plate anchor

In EN 17.237 – Abs. 1.2.3 (Mechanische Befestigungen (Teller-, Spiral-, Kragendübel)) werden die Grundanforderungen an die Dübelteller wie folgt festgelegt:

- Dübeltellerbiegesteifigkeit $\geq 0,3$ kN/mm bei der Prüfung gemäß Annex C
- Dübeltellertragfähigkeit $\geq 1,0$ kN bei der Prüfung gemäß Annex C

Dies entspricht den bereits seit längerer Zeit geltenden Anforderungen nach TR 26 und dann ETAG 014.

In EN 17.237 – Abs. 5.8.7.1.2 (Plate anchor) werden die Varianten der Dübelbefestigung wie folgt definiert:

- a) Dübelteller-Durchmesser
 - 1) < 60 mm
 - 2) ≥ 60 mm
- b) Dübelteller-Steifigkeit
 - 1) $< 0,6$ kN/mm
 - 2) $\geq 0,6$ kN/mm
- c) Abstand der Anker-Durchstanzkegel
 - 1) ist unterschritten, die Anker beeinflussen sich gegenseitig ($d < md$)
 - 2) ist nicht unterschritten, die Anker beeinflussen sich nicht gegenseitig ($d \geq md$)
- d) Lage des Dübeltellers
 - 1) versenkt (cs)
 - 2) oberflächenbündig (fl)
 - 3) durch das Gewebe gesetzt (ar)

5.8.7.1.3 Thermal insulation

Die Varianten der Dämmstoffe werden wie folgt definiert:

- a) Materialgruppen
 - 1) MW, ICB, WF
 - 2) EPS
 - 3) XPS, PU, PF, CG
- d) Dicke
 - 1) ≤ 200 mm
 - 2) > 200 mm
 - 3) ≤ 300 mm
 - 4) > 300 mm
- d) Schichtung
 - 1) einlagig, monolithisch (ol)
 - 2) zweilagig (dl)

5.8.7.2 Relevant tests and assessment methods for different fixing methods

Die Zuordnung Typen der Systeme / Befestigungen / Dämmstoffe werden nachstehend in Tab. 5.8.7-1 aufgeführt, es sind die Angaben aus "Table 2":

Die Definitionen der Systemvarianten, die Dämmdicken, die Befestigungsarten und die Zuordnungen zu den Versuchstypen nach DIN EN 13.495 erfolgen in der Norm in Textform, nachstehend wird dies tabellarisch zusammengestellt, vgl. Tab. 5.8.7-2.

In der Norm DIN EN 13.495:2019 werden Bauteilversuche mit verschiedenen Lasteinwirkungen beschrieben und als "Method A", "Method B" usw. definiert. In der Anlage 3 werden diese Versuche gezeigt und die Vorgehensweise beschrieben.

Tabelle 5.8.7-1: (Table 2) Fixing methods with required components and possible thermal insulation materials covered by this standard

Systemtyp	I	II	III a	III b	IV	V	VI	VII	VIII
Klebeflächenanteil min. [%]	40	40	20	40	40	-	40	-	-
Dämmdicke min. [mm]	-	-	-	-	-	-	-	-	20
Dämmdicke max. [mm]	400	400	200	400	400	200	200	200	-
Dübelanzahl min. [Stk./m ²]	-	-	4	4	4	4	-	-	-
Putzgewicht min. [kg/m ²]	-	-	-	-	-	-	-	-	25
Putzgewicht max. [kg/m ²]	30	30	20	40	40	20	30	20	70
Systemgewicht * min. [kg/m ²]	-	-	-	-	-	-	-	-	25
Systemgewicht * max. [kg/m ²]	60	60	45	65	65	45	60	45	80
Tellerdübel bündig/versenkt	x	-	x	x	-	x	x	x	-
Spiraldübel tiefversenkt	-	-	-	-	x	-	-	-	-
Kragendübel + Leisten	-	-	-	-	-	-	x	x	-
Schräg-Zuganker + Metallgewebe	-	-	-	-	-	-	-	-	x
MW-L	x	x	x	x	-	-	-	-	-
MW-P	-	-	x	x	x	x	x	x	x
EPS S	x	x	x	x	x	-	x	x	-
EPS SD	x	x	x	x	x	-	-	-	-
XPS	x	x	x	x	-	-	-	-	-
PU	x	x	x	x	-	-	-	-	-
PF	-	-	x	x	-	-	-	-	-
CG	x	x	x	x	-	-	-	-	-
ICB	-	-	x	x	-	-	-	-	-
WF	-	-	x	x	-	-	-	-	-

Es bedeuten, Verfahren ... :

- A Prüfung des "Zug"-Tragverhaltens und der Tragfähigkeit senkrecht zur Dämmebene (Windsog-Tragfähigkeit) im Schaumblockverfahren
- E Prüfung des "Schub"-Tragverhaltens und der Tragfähigkeit parallel zur Dämmebene (Schub-Tragfähigkeit, in ETAG 004 "Querverschiebung" genannt)
- B,C,D Prüfung des Tragverhaltens KOMBINIERT senkrecht und parallel zur Dämmebene
- B Es wird die erforderliche Schubkraft (parallel zur Dämmebene) aufgebracht und das "Zug"-Tragverhalten / die Tragfähigkeit senkrecht zur Dämmebene bestimmt.
- C Es wird der erforderliche Verschiebeweg (parallel zur Dämmebene) aufgebracht und das "Zug"-Tragverhalten / die Tragfähigkeit senkrecht zur Dämmebene bestimmt.
- D Es wird die erforderliche konstante Zugkraft (senkrecht zur Dämmebene) aufgebracht und das "Schub"-Tragverhalten / die Tragfähigkeit parallel zur Dämmebene bestimmt.

Tabelle 5.8.7-2: (Table 2) Fixing methods with required components and possible thermal insulation materials covered by this standard

Systemtyp	I + II	IIIa,b	IIIa,b	IIIa,b	IV	V	VI	VII	VIII
Tellerdübel Setzart	(x)	ar	fl	cs	-	x	x	x	-
MW-L >200	B		B						
MW-P > 200			B						
MW-L, -P **		A*		B*	A+B	A+B	A+B	A+B	A+B
EPS S >300	B		B		A+B				
EPS SD >300	B		B		A+B				
EPS S, SD		A*		B*			A+B	A+B	
XPS >300	B		B						
XPS		A*		B*					
PU >300	B		B						
PU		A*		B*					
PF >300			B						
PF		A*		B*					
CG >300	B		B						
CG		A*		B*					
ICB >200			B						
ICB		A*		B*					
WF >200			B						
WF		A*		B*					

* nicht abhängig von der Dämmstoffdicke sondern für alle Dämmdicken gültig

** Systemtypen IV bis VIII nur mit MW-P, nicht mit MW-L

Folgende Festlegungen sind in der vorstehenden Tab. 5.8.7-2 eingearbeitet:

- Systemtyp I, II – MW, ICB, WF >200 – EPS, XPS, PU, PF, CG >300: Verfahren B
- Systemtyp III – Dübelung (ar) = durch das Gewebe: Verfahren A
- Systemtyp III – Dübelung (cs) – MW, XPS, PU, PF, CG, ICB, WF: Verfahren B
- Systemtyp III – MW, ICB, WF >200 – EPS, XPS, PU, PF, CG >300: Verfahren B
- Systemtyp IV – MW: Verfahren A + B
- Systemtyp IV – EPS > 300: Verfahren A + B

Weiteren Festlegungen (nicht in der Tabelle enthalten):

- Systemtyp III – Dübelung (cs, fl) – ($d < m_d$): Verfahren A
- Systemtyp III – Dübelung (cs, fl) – ($d \geq m_d$): Durchziehversuche EN 16.382:2016
- Die Bewertung durch Schaumblockversuche Verfahren A gilt als alternative Methode zur Bewertung auf Basis der Durchziehversuche EN 16.382:2016
- Systemtyp IV – EPS ≤ 300 mm – ($d < m_d$): Verfahren A
- Systemtyp IV – EPS ≤ 300 mm – ($d \geq m_d$): Durchziehversuche EN 16.382:2016

Es werden folgende Hinweise gegeben:

Note 1: für die Möglichkeit der Bewertung nach dieser Norm hinsichtlich der Kombination von Dämmstoff und Befestigungsmethode wird auf Scope, table 2 verwiesen.

Note 2: Die Bewertungsregeln für Systemtyp III in Abs. 5.8.7.2 kann zu 2 verschiedenen notwendigen Tests führen

Note 3: Die Bewertungsregeln für Systemtyp IV in Abs. 5.8.7.2 kann zu 2 verschiedenen notwendigen Tests führen

Mit dem Abs. 5.8.7.3 werden die Durchziehversuche nach DIN EN 16.382:2016 behandelt; das Ergebnis derartiger Untersuchungen und der Versuche nach DIN EN 13.395:2019 – Verfahren A bis C – erlauben die Beschreibung der Windsogtragfähigkeit der Systeme, diese Fragestellung wird erst untenstehend behandelt. Im Folgenden wird auf die Regelungen (bis Abs. 5.8.7.2) im Hinblick auf die Aufnahme und Weiterleitung der Einwirkungen aus Eigenlast und hygrothermischen Einwirkungen eingegangen.

Mängel, Lücken – Prüfung des Schubtragverhaltens der Systeme nicht definiert (unzulässiger Mangel)

Die ETAG 004 hat Systemvarianten und Dämmstoffeigenschaften definiert, für die Erfahrungen vorlagen und für die (zunächst nur empirisch) nachgewiesen war, dass ein hinreichendes Schubtragvermögen vorliegt, um Eigenlasten überlagert durch Schubkräfte aus hygrothermischen Einwirkungen aufzunehmen.

Die prEN17.237:2020 definiert deutlich zahlreichere Systemvarianten, definiert für verschiedenste Typen nicht das Schubtragvermögen und sieht keine geeigneten Untersuchungen vor, die diesbezügliche Standsicherheit beurteilen zu können.

Es bedarf eines Konzeptes, die Kombiversuche nach den Verfahren B, C, D so zu steuern, dass eine geeignete Lastkombination erreicht wird. Dazu fehlen die Grundlagen vollständig. Dies würde bedeuten, dass mit nationalem Regelwerk die Lastgeschichte im Kombinationsversuch festzulegen wäre.

Durch die Norm sind Systemvarianten beschrieben, die u.E. nicht tauglich sind; hierzu werden Beispiele genannt:

Mängel, Lücken – Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III, IV mit EPS (unzulässiger Mangel)

Ausschließlich geklebte Systeme mit Klebeflächenanteil (KFA) 40 % werden mit Putzgewichten bis 30 kg/m² und Dämmdicken bis 400 mm beschrieben. Das entspricht unserem Erfahrungshorizont in Deutschland – mit elastifiziertem EPS allerdings nicht.

Im Systemtyp IIIb mit KFA 40 % und Dübelung wird sogar das Putzgewicht auf 40 kg/m² erhöht, eine Einschränkung auf bestimmte EPS-Typen (z.B. mit Mindest-Schubmodul und -Scherfestigkeit) erfolgt nicht.

Trotz der Erweiterung der Anwendung auf höhere Gewichte und beim Systemtyp III a auf nur 20 % Klebeflächenanteil erfolgt keine Beurteilung zum Schubtragverhalten.

Die Anforderungen an den Klebemörtel / Kleber sind nicht hoch, insbesondere im Nasszustand werden vergleichsweise niedrige Festigkeiten verlangt, nämlich

Kleber-Dämmstoff:

- $\sigma_{Hz,ns} \geq 30$ kPa; keine Anforderung im Fall Kohäsionsversagen im Dämmstoff; Unterwasserlagerung 48^{±3} h – Rücktrocknung 2 h bei 23^{±2} °C / 50^{±5} % RH

und Kleber-Untergrund:

- $\sigma_{Hz,ns} \geq 80$ kPa; ein Messwert darf kleiner sein aber mindestens ≥ 60 kPa; Unterwasserlagerung 48^{±3} h – Rücktrocknung 17^{±3} h bei 23^{±2} °C / 50^{±5} % RH

Im Rahmen der Grundlagenforschung ist von uns Anfang der 2000-er Jahre eine experimentelle und rechnerische Untersuchung zu Spannungen in der Verbundebene Dämmstoff-Kleber durchgeführt worden, die in Anlage 4 aufgeführt ist.

Seinerzeit haben wir ein rechnerisches Putzsystem zugrunde gelegt, das durch Schwindung + Temperaturabsenkung in Höhe von 0,04 % (0,4 mm/m) belastet wird. Dies entspricht einer Putzdehnung in Höhe des Doppelten der Rissdehnung üblicher mineralischer Putzsysteme. Mit dem rechnerischen Ansatz wären auch bis zu 25 mm dicke Putzsysteme – bestehend aus Unterputz + Edelkratzputz – abgedeckt. Ferner wären dreischichtige Putzsysteme mit einem Grundputz unter der bewehrten Unterputzschicht oder auch aufgedoppelte Putzsysteme (bis 40 kg/m² Putzgewicht) abgedeckt.

Bei der Untersuchung auch großer Dämmdicken wurde festgestellt, dass die Randverformung in großen Fassadenfeldern mit größerer Dämmdicke erwartungsgemäß größer werden (das Schubsteife-Dehnsteife-Verhältnis wird kleiner), wodurch bei größeren Dämmdicken Spannungen in der Verklebung weniger konzentriert entstehen. Bei der Betrachtung der Dämmdicken 60, 200, 300 und 400 mm wurde festgestellt, dass von diesen 4 Varianten bei der Dämmdicke 200 mm die größten Spannungen in der Verklebung entstehen. Ohne zusätzlichen Sicherheitsaufschlag und ohne gleichzeitig wirkenden Windsog betragen die Spannungen zwischen ca. 33 kN/m² und 43 kN/m².

Wenn nun die Verbundfestigkeit von 80 kN/m² im trockenen Zustand auf 30 kN/m² im Nasszustand absinkt, besteht die Gefahr einer großflächigen Ablösung.

Mängel, Lücken – Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III, IV mit MW (unzulässiger Mangel)

Ausschließlich geklebte Systeme mit Klebeflächenanteil (KFA) 40 % werden mit Putzgewichten bis 30 kg/m² und Dämmdicken bis 400 mm beschrieben. Das entspricht unserem Forschungsergebnis in Deutschland im Zusammenhang mit MW-Lamellendämmplatten (MW-L) – mit Mineralwolle-Dämmplatten (MW-P) allerdings nicht, dieser Systemtyp ist auch in der Norm nicht vorgesehen.

Die Systemtypen III und IV in Verbindung mit MW-P müssen unbedingt mit großer Sorgfalt untersucht und beurteilt werden, weil die Dämmplatten keine (unnötigen) Reserven aufweisen und in Varianten mit größeren Gewichten auch aus Gründen der Standicherheit Feldbegrenzungsfugen (FBF) benötigt werden.

Für MW-P werden in prEN 17.237 Schubmodul und Scherfestigkeit nicht definiert.

Man benötigt Schubversuche nach dem Verfahren E und einen statischen Nachweis für die Beanspruchung in Scheibentragwirkung. Dazu sieht die Norm kein Konzept vor. Eine Untersuchung nach jetzigem Stand der Norm würde für eine qualifizierte Beurteilung nicht ausreichen. Dieser Systemaufbau müsste zusätzlich nach nationalen Grundlagen untersucht werden, das entspricht nicht dem Sinn der Norm.

Mängel, Lücken – Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III mit XPS (unzulässiger Mangel)

Geeignete XPS-Platten weisen hohe Tragfähigkeiten auf, im Grundsatz ist es möglich, die durch die Norm beschriebenen Systemaufbauten funktionstüchtig zu konzipieren.

Infolge der hohen Steifigkeit dieses Dämmstoffes wird man mit einem Kleber der Güte

- Haftzugfestigkeit Kleber-Dämmstoff: $\sigma_{Hz,ns} \geq 30 \text{ kPa}$;
Unterwasserlagerung $48^{\pm 3} \text{ h}$ – Rücktrocknung 2 h bei $23^{\pm 2} \text{ °C}$ / $50^{\pm 5} \text{ \% RH}$

keinen standsicheren Systemaufbau erzeugen, vgl. Hinweise in Verbindung mit den WDVS mit EPS. Ein System mit steiferen Platten wird höhere Spannungen entwickeln, da "Steifigkeit Kräfte anzieht".

Wenn nun die Verbundfestigkeit von 80 kN/m^2 im trockenen Zustand auf 30 kN/m^2 im Nasszustand absinkt, besteht die Gefahr einer großflächigen Ablösung.

Mängel, Lücken – Schubtragverhaltens der Systeme Typen mit PU, PF und ICB (unzulässiger Mangel)

Sinngemäß gilt für diese Dämmstoffe dasselbe, wie für die vorstehend behandelten Dämmstoffe.

Mängel, Lücken – Schaumblockversuche auch bei Systemen hoher Festigkeit? (unzulässiger Mangel)

Der Weichschaum, der für die Windsog-Lasteinleitung in das System verwendet wird, ist nicht geeignet, sehr große Kräfte einzuleiten.

Für Systeme mit vergleichsweise großen Verbundfestigkeiten (z.B. Basis EPS) wird ein Schaumblockversuch gar nicht gelingen, weil der Weichschaum reißt.

Für solche Systeme braucht man entweder keinen Schaumblock- oder Kombiversuch oder man führt den Versuch nach Verfahren D durch.

Vorschlag – Fortentwicklung der prEN 17.237

Im Rahmen der deutschen und europäischen Zulassungen wurden Konzepte entwickelt und angewandt, die noch nicht in die Norm eingeflossen sind.

Wir haben für Systeme, deren Tragfähigkeit nicht "offensichtlich" ist, Versuche nach den Verfahren A und E durchgeführt und mit diesen Ergebnissen, mit dem Nachweiskonzept gemäß Abs. A2.4 der Anlage 2 (Herleitung der notwendigen Teilsicherheitsbeiwerte) und der Formelsammlung nach Anlage 3 die Standsicherheit für Windsogbeanspruchung zum Einen und die Beanspruchung parallel zur Dämmebene zum Anderen nachgewiesen.

Bei diesen Nachweisen zeigt sich, für welche Belastungsrichtung (parallel oder senkrecht zur Dämmebene) das WDVS höher "ausgenutzt" ist.

Mit diesem Ergebnis kann dann sinnvoll entschieden werden, mit welchem Verfahren der Kombinationsversuche das System weitergehend untersucht wird.

Wir halten das Verfahren B für weniger geeignet und auch schwieriger durchzuführen.

Wir haben meist die Standsicherheit in Belastungsrichtung parallel zur Dämmebene verformungsbasiert geführt (die mit Teilsicherheitsbeiwerten beaufschlagte Verformung in Scheibenebene muss kleiner oder gleich der mit Teilsicherheitsbeiwerten reduzierten Verformungsfähigkeit sein).

Vorteilhaft ist die Durchführung des Kombinationsversuchs nach Verfahren C und D.

Mängel, Lücken – Ansatz der Dämmstoffverklebung in Systemen Typ III, IV, VI (unzulässiger Mangel)

Die WDVS der Typen der Systeme / Befestigungen

- III WDVS geklebt und mit Tellerdübeln gedübelt
 - a) mit Klebeflächenanteil min 20 % verklebt
 - b) mit Klebeflächenanteil min 40 % verklebt
- IV WDVS geklebt und mit Spiraldübeln gedübelt
- VI WDVS geklebt und mit Profilen / Schienen befestigt

sind dadurch gekennzeichnet, dass Befestigungsmittel zum Einsatz kommen, die lediglich zum Lastabtrag von Windsogeinwirkungen konzipiert und nachgewiesen werden.

Es ist akzeptabel, dass bei diesen Systemvarianten die Verklebung zur Wand **bereichsweise** versagt, über die mechanische Befestigung ist dann eine hinreichende Sicherheit für Windsogbelastung vorhanden.

Zum Nachweis der diesbezüglichen Standsicherheit werden Versuche nach DIN EN 13.495:2019, Verfahren A (Schaumblockversuche) und ggfls. Durchziehversuche nach DIN EN 16.382:2016 durchgeführt. Auf diesen Nachweis wird nachstehend noch vertiefend eingegangen.

Die Verklebung wird dazu herangezogen, die Schubkräfte (parallel zur Dämmebene) aufzunehmen und in den Untergrund zu leiten. Das diesbezügliche "Schub"-Tragverhalten wird neben Identifikationsversuchen am Dämmstoff nach DIN EN 12090 u.a. in den Versuche nach DIN EN 13.495:2019, Verfahren E untersucht – konsequenterweise werden diese Versuche mit Ansatz der Verklebung durchgeführt.

Liegen die Dübelteller oberflächenbündig auf der Dämmplattenoberfläche, so können sie das Schubtragverhalten des Systems durch Anpressdruck und andere Mechanismen unterstützen.

Bei den Systemen mit versenkten Dübeltellern oder "tiefversenkten" Spiraldübeln sind die Dübel diesbezüglich weniger wirksam, es wäre insbesondere bei den Dämmplatten des Typs "dual-layer" (dl) denkbar, dass die Dämmplatte in sich – oberhalb der Dübel – absichert. Dies entspräche dem schlimmsten anzunehmenden Fall, weil ein großflächiger Absturz unvermeidbar wäre.

Es ist für solche Systeme daher nötig, das kombinierte Tragverhalten mit Ansatz der Verklebung – in den Verfahren B, C oder D nachzuweisen.

Mängel, Lücken – Prüfung der Tragfähigkeit senkrecht zur Wandebene an konditionierten Proben?

Es wird darauf hingewiesen, dass alterungsbedingte Festigkeitsverluste sinnvoll d.h. entweder rechnerisch durch das Sicherheitskonzept oder experimentell an konditionierten Proben zu untersuchen sind.

ETAG 004 sieht vor, dass die Windsogtragfähigkeit des Systems konditioniert geprüft wird, wenn sich in den Versuchen der Zugfestigkeit senkrecht zur Dämmebene ergeben hat, dass die alterungsbedingten Verluste über 20 % betragen. Dieser Ansatz ist sinnvoll.

Auch kann eine mechanische Konditionierung gemäß Angaben in EN 13.495 sinnvoll sein. Hierzu bedarf es sinnvoller Definitionen.

5.8.7.3 Load bearing capacity according to EN 16.382:2016

In diesem Abschnitt werden die Dübeltragfähigkeiten für oberflächenbündig und versenkt gesetzte Tellerdübel und für spiralförmige Dübel, die versenkt eingebaut werden nach dem pull-through-Versuch bewertet.

Die pull-through-Versuche ermöglichen es, die Ermittlung der Tragfähigkeit von Einzeldübel in der Plattenfläche, in der Dämmplattenecke und auf der Fuge unter trockenen sowie zum Vergleich konditionierten Bedingungen zu untersuchen und zu bewerten.

Mängel, Lücken – Mechanische Befestigungen (Teller-, Spiraldübel)

In den Zulassungsprüfungen in Deutschland ist es bisher nicht vorgesehen, die Dübeltragfähigkeiten (im System, nicht im Untergrund) anhand von Durchziehversuchen zu ermitteln. Es gelten die Prüfergebnisse entweder von Schaumblockversuchen oder Kombiversuchen.

Pull-through-Versuche durchzuführen ist sinnvoll, wenn zum Beispiel vergleichende Untersuchungen Fläche / Fuge zur Ermittlung eines Fugenreduktionsfaktors, oder gealtert / ungealtert zur Ermittlung des Alterungsreduktionsfaktors genutzt werden. Hierzu fehlen allerdings für viele Dämmstoffe noch die erforderlichen Erfahrungswerte.

Anhand von pull-through-Versuche können nur Tragfähigkeiten des Systems mit einzelnen Dübel ermittelt werden. Eine eventuelle Überlagerung von Mehrfachbefestigungen ist nicht möglich. Auch das Biegetragverhalten von Dämmstoffen wird in diesen Versuchen nicht berücksichtigt, das ein Abscheren von Putzsystemen von der Dämmplatte zur Folge haben kann.

In dem Abschnitt 5.8.7.3 werden auch keine Hinweise zu einzelnen Systemen bzw. zu einzelnen Dämmstoffen gegeben, die nach diesem Verfahren geprüft werden können / dürfen. Unseres Erachtens ist dies nur für EPS-Dämmplatten möglich, da es hierbei auch im Schaumblockversuch zu einem Durchstanzen der Dübel durch den Dämmstoff kommt. Bei z.B. Mineralwolle, oder auch Holzwolle kommt es zum Ablösen der Unterputzschicht vom Dämmstoff auf Grund des Biegetragverhaltens der Dämmstoffe.

5.8.7.4 Load bearing capacity according to EN 13.495:2019, method A and B

In diesem Abschnitt werden Hinweise zur Prüfung der einzelnen Systemtypen I bis VIII nach den Methoden A und B gegeben. Siehe hierzu auch die Tabelle 5.8.7-2: "(Table 2) Fixing methods with required components and possible thermal insulation materials covered by this standard".

Außerdem gibt es in diesem Kapitel zum Abschluss Bewertungshinweise zur Ermittlung der Systemtragfähigkeiten unter der Berücksichtigung von Flächen-, Eck- und Fugenverdübelungen. Hier sogar in einem Beispiel unter Berücksichtigung eines Verhältniswertes Fugen- zu Flächendübelung nach dem pull-through-Verfahren.

In diesem Abschnitt werden vernünftige Ansätze zur Ermittlung des Windsogwiderstandes gegeben. Mit dem Schaumblockversuch bzw. Kombiversuch lassen sich die Dübeltragfähigkeiten (im System) für annähernd jeden erdenklichen Fall ermitteln.



Mängel, Lücken – Mechanische Befestigungen (Teller-, Spiraldübel)

Es gibt jedoch Lücken in den Regelungen, auf die aber obenstehend bereits hingewiesen wurde.

Im Zuge der notwendigen weiteren Überlegungen, wie die Versuche nach Verfahren A bis E gefahren werden müssen, muss die Konsequenz hinsichtlich der vorgehensweise und der Dokumentation nochmals überdacht werden.

6 Zusammenfassung

Die Normungsarbeit ist soweit fortgeschritten, dass offene Fragen und Unzulänglichkeiten im Detail zu diskutieren und Ergänzungen festzulegen sind. Mit diesem Beitrag werden Empfehlungen ausgesprochen, die nachstehend zusammengefasst werden.

Die Norm definiert die Systemtypen I bis VIII in Abhängigkeit von der Befestigung:

I, II	WDVS nur geklebt (Montagehilfe außer Acht gelassen)
III, IV, VI	WDVS geklebt und mit Tellerdübeln, Spiraldübeln und/oder Profilen befestigt
V, VII	WDVS nur mechanisch mit Tellerdübeln und/oder Profilen befestigt
VIII	WDVS mechanisch befestigt mit Metallgewebe

Die Norm sieht folgende 10 Dämmstoff-Typen vor:

- MW-L = Mineralwolle MW-Lamelle
- MW-P = Mineralwolle MW-Platte
- EPS/S = Expandierte Polystyrol-Hartschaum-Dämmplatten – Standard
- EPS/SD = Expandierte Polystyrol-Hartschaum-Dämmplatten – Elastifiziert
- XPS = Extrudierte Polystyrol-Hartschaum-Dämmplatten
- PU = Polyurethan-Hartschaum-Dämmplatten
- PF = Phenolharz-Hartschaum-Dämmplatten
- CG = Foamglas-Dämmplatten
- ICB = Kork-Dämmplatten
- WF = Holzweichfaser-Dämmplatten

Mängel bei den Grundanforderungen an die Komponenten

Aus den Grundanforderungen an den **Klebemörtel / Kleber** ergibt sich, das Klebemörtel bzw. Kleber bzw. Klebeschäum Kräfte aufnehmen, wenn sie eingebaut werden, dies ist bei dem vorgesehenen Tragmodell und bei dem definierten Nachweiskonzept zu berücksichtigen.

Vergleicht man die Grundanforderungen an den **Dämmstoff** mit den bisher in bauaufsichtlichen Zulassungen definierten, ergibt sich, dass die Maßhaltigkeit der Dämmstoffe in der Norm sehr "großzügig" geregelt wird. Dies könnte man in der Baupraxis durch Qualitätsrichtlinien bzw. Liefervereinbarungen regeln.

Die Grenzwerte der Dimensionsstabilitäten führen dazu, dass Risse im Putzsystem entstehen. Diese Risse werden in der Prüfung an der Prüfwand möglicherweise noch nicht entstehen, weil die Prüfbedingungen dies nicht sicher erfassen.

Eine mehr oder weniger regelmäßige Rissbildung des Putzsystems über den Dämmstoffstößen führt zu erhöhten Wasseraufnahmen und setzt langfristig die Dauerhaftigkeit herab. Dieser Mangel reduziert die langfristige Funktionstüchtigkeit. Obenstehend wurde dieser Mangel daher als "unzulässig" eingeordnet.

Ein sehr schwerwiegender Mangel besteht in der Definition der Zugfestigkeit senkrecht zur Wandebene, dies darf nicht nur als Mittelwert angegeben werden, es müssen stets alle Einzelwerte angegeben werden, damit eine statistische Auswertung möglich ist.

Die Ungenauigkeit bei Angabe lediglich der Mittelwerte führt dazu, dass man weder die Kleinstwerte (welche den national zurzeit gültigen Grundlagen zugrunde liegen) noch die Streuung der Versuchsserien kennt. Zur Erzielung der gewünschten System-sicherheit müsste dann der Sicherheitsbeiwert "Streuung" erheblich erhöht werden.

Dies führt dazu, dass normgerechte Systeme vielfach baupraktisch nicht anwendbar wären. Dies wurde an 2 Beispielen erläutert.

An die **Dübel** werden grundsätzliche Konstruktionsanforderungen formuliert, die jedoch ohne Bezugnahme auf die ETAG 014 und ETAG 020 unzureichend wären.

Bei Systemen mit Klebung und für Schubkräfte ausreichend tragfähige Dämmstoffe liegt folgende "Aufgabenteilung" vor:

- (1) Dem Dämmstoff und dem Kleber wird die Aufgabe der Aufnahme und Weiterleitung der Schubkräfte aus Eigenlast und hygrothermischen Einwirkungen zugewiesen
- (2) Der Dübel unterstützt lediglich den vorgenannten Lastabtrag und
- (3) Der Dübel nimmt Windsogkräfte anteilig auf, solange die Klebung nicht versagt
- (4) Der Dübel nimmt Windsogkräfte ohne Mitwirkung der Klebung auf, dies im Fall / in Teilflächen sich vom Untergrund ablösenden Kleber

Nach deutschem Regelwerk ist hiermit typischerweise die Verwendung von Dübeln nach ETAG 014 [13] verbunden.

Bei Systemen ohne Klebung und/oder für Schubkräfte nicht tragfähige Dämmstoffe liegt diese "Aufgabenteilung" nicht vor, in diesem Fall müssen die Befestigungsmittel auch die Schubkräfte (hierin Eigenlast als Dauerlast) aufnehmen, hiermit sind (dauerhaft einwirkend) Querkräfte und ggfls. Biegemomente im Befestigungsmittel verbunden, denn es werden folgende Mechanismen aktiviert:

- (1) Aufnahme von Querlasten durch die Dübel, die damit Biegemomente erhalten; die Querlasten können direkt vom Putz in den Dübelteller aber auch vom in den Dämmstoff eingebundenen Dübelschaft in das Dübel-Spreizelement eingeleitet werden.
- (2) Aufnahme von Querlasten durch Lochlaibungspressung der Dübel- bzw. Schraubenschäfte gegen die Dämmplatte; auch hiermit sind Querlasten auf die Dübel und damit Biegebeanspruchungen des Dübel-Spreizelementes verbunden
- (3) Aufnahme von Schubkräften durch das "Konsoltragmodell" gemäß Abb. 3.4.2-1

Nach deutschem Regelwerk ist hiermit typischerweise die Verwendung von Dübeln nach ETAG 020 [14] verbunden.

Man müsste somit die vorgenannten ETAG´s sinngemäß in die Norm einarbeiten.

Wenn dies nicht erfolgt, bleibt eine für die Funktionstüchtigkeit wesentliche Komponente zu ungenau beschrieben, dies müsste durch nationale Regeln ergänzt werden.

Mängel bei den Anforderungen an Verbundfestigkeit + Tragfähigkeiten (5.8.6)

An Klebemörtel (anorganisch gebunden) bzw. Kleber (organisch gebunden) werden die Anforderungen zur Haftzugfestigkeit (Prüfung nach EN 13.494:2019) auf dem Dämmstoff in den Zuständen trocken, nass und rückgetrocknet definiert:

Es ist vorgesehen, dass die Nasshaftzugfestigkeit $\min 30 \text{ kPa} = \min 30/80 = 37,5 \%$ der Trockenhaftzugfestigkeit beträgt. Das ist (absolut und prozentual) zu wenig. Dies wurde mit vorliegenden Forschungsergebnissen begründet.

Es ist vorgesehen, dass bei der Prüfung der Zugfestigkeit des Dämmstoffes senkrecht zur Dämmebene (5.8.4), nur die Mittelwerte angegeben werden, das wäre ein schwerwiegender Mangel, der bereits an früherer Stelle behandelt wurde.

Es ist nicht ausreichend, die Haftzugfestigkeit des Unterputzes u. Putzsystems am Dämmstoff nur im trockenen Zustand zu testen, es muss sichergestellt werden, dass der Unterputz / das Putzsystem ausreichend nassfest ist. Das würde unzureichend erfasst, wenn der Unterputz nicht als Kleber verwendet wird (beim Kleber ist die Nassprüfung erfasst). Folgende Variante sollte zusätzlich bei 5.8.5 und 5.8.6 aufgenommen werden.

- Konditionierung 2a – nass – 5 Versuche – Angabe Einzelwerte (EW), Mittelwert (MW); Unterwasserlagerung $48^{\pm 3} \text{ h}$ – Rücktrocknung 2 h bei $23^{\pm 2} \text{ °C}$ / $50^{\pm 5} \%$ RH

Mängel bei den Anforderungen an die System-Tragfähigkeiten (5.8.7)

In der Norm DIN EN 13.495:2019 werden Bauteilversuche mit verschiedenen Lasteinwirkungen beschrieben und als "Method A", "Method B" usw. definiert. In der Anlage 3 werden diese Versuche gezeigt und die Vorgehensweise beschrieben.

Es bedeuten, Verfahren ... :

- A Prüfung des "Zug"-Tragverhaltens und der Tragfähigkeit senkrecht zur Dämmebene (Windsog-Tragfähigkeit) im Schaumblockverfahren
- E Prüfung des "Schub"-Tragverhaltens und der Tragfähigkeit parallel zur Dämmebene (Schub-Tragfähigkeit, in ETAG 004 "Querverschiebung" genannt)
- B,C,D Prüfung des Tragverhaltens KOMBINIERT senkrecht und parallel zur Dämmebene
- B Es wird die erforderliche Schubkraft (parallel zur Dämmebene) aufgebracht und das "Zug"-Tragverhalten / die Tragfähigkeit senkrecht zur Dämmebene bestimmt.
- C Es wird der erforderliche Verschiebeweg (parallel zur Dämmebene) aufgebracht und das "Zug"-Tragverhalten / die Tragfähigkeit senkrecht zur Dämmebene bestimmt.
- D Es wird die erforderliche konstante Zugkraft (senkrecht zur Dämmebene) aufgebracht und das "Schub"-Tragverhalten / die Tragfähigkeit parallel zur Dämmebene bestimmt.

Mit dem Abs. 5.8.7 werden diese Versuche den verschiedenen Systemtypen zugeordnet und auch die Durchziehversuche nach DIN EN 16.382:2016 behandelt; das Ergebnis derartiger Untersuchungen und der Versuche nach DIN EN 13.495:2019 – Verfahren A bis C – erlauben die Beschreibung der Windsogtragfähigkeit der Systeme.

Es ist jedoch für keines der Systeme die Prüfung und Beurteilung des Schubtragverhaltens geregelt.

Das ist ein sehr schwerwiegender Mangel der Norm.

Die ETAG 004 hat Systemvarianten und Dämmstoffeigenschaften definiert, für die Erfahrungen vorlagen und für die (zunächst nur empirisch) nachgewiesen war, dass ein hinreichendes Schubtragvermögen vorliegt, um Eigenlasten überlagert durch Schubkräfte aus hygrothermischen Einwirkungen aufzunehmen.

Die prEN17.237:2020 definiert deutlich zahlreichere Systemvarianten, definiert für verschiedenste Typen nicht das Schubtragvermögen und sieht keine geeigneten Untersuchungen vor, die diesbezügliche Standsicherheit beurteilen zu können.

Es bedarf eines Konzeptes, die Kombiversuche nach den Verfahren B, C, D so zu steuern, dass eine geeignete Lastkombination erreicht wird. Dazu fehlen die Grundlagen vollständig. Dies würde bedeuten, dass mit nationalem Regelwerk die Lastgeschichte im Kombinationsversuch festzulegen wäre.

– Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III, IV mit EPS

Ausschließlich geklebte Systeme mit Klebeflächenanteil (KFA) 40 % werden mit Putzgewichten bis 30 kg/m² und Dämmdicken bis 400 mm beschrieben. Das entspricht unserem Erfahrungshorizont in Deutschland – mit elastifiziertem EPS allerdings nicht.

Im Systemtyp IIIb mit KFA 40 % und Dübelung wird sogar das Putzgewicht auf 40 kg/m² erhöht, eine Einschränkung auf bestimmte EPS-Typen (z.B. mit Mindest-Schubmodul und -Scherfestigkeit) erfolgt nicht.

Trotz der Erweiterung der Anwendung auf höhere Gewichte und beim Systemtyp III a auf nur 20 % Klebeflächenanteil erfolgt keine Beurteilung zum Schubtragverhalten.

– Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III, IV mit MW

Ausschließlich geklebte Systeme mit Klebeflächenanteil (KFA) 40 % werden mit Putzgewichten bis 30 kg/m² und Dämmdicken bis 400 mm beschrieben. Das entspricht unserem Forschungsergebnis in Deutschland im Zusammenhang mit MW-Lamellendämmplatten (MW-L) – mit Mineralwolle-Dämmplatten (MW-P) allerdings nicht, dieser Systemtyp ist auch in der Norm nicht vorgesehen.

Die Systemtypen III und IV in Verbindung mit MW-P müssen unbedingt mit großer Sorgfalt untersucht und beurteilt werden, weil die Dämmplatten keine (unnötigen) Reserven aufweisen und in Varianten mit größeren Gewichten auch aus Gründen der Standsicherheit Feldbegrenzungsfugen (FBF) benötigt werden.

Für MW-P werden in prEN 17.237 Schubmodul und Scherfestigkeit nicht definiert.

Man benötigt Schubversuche nach dem Verfahren E und einen statischen Nachweis für die Beanspruchung in Scheibentragwirkung. Dazu sieht die Norm kein Konzept vor. Eine Untersuchung nach jetzigem Stand der Norm würde für eine qualifizierte Beurteilung nicht ausreichen. Dieser Systemaufbau müsste zusätzlich nach nationalen Grundlagen untersucht werden, das entspricht nicht dem Sinn der Norm.

– Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III mit XPS

Geeignete XPS-Platten weisen hohe Tragfähigkeiten auf, im Grundsatz ist es möglich, die durch die Norm beschriebenen Systemaufbauten funktionstüchtig zu konzipieren.

Infolge der hohen Steifigkeit dieses Dämmstoffes wird man mit einem Kleber der Güte

- Haftzugfestigkeit Kleber-Dämmstoff: $\bar{\sigma}_{\text{HZ,ns}} \geq 30 \text{ kPa}$;
Unterwasserlagerung 48^{±3} h – Rücktrocknung 2 h bei 23^{±2} °C / 50^{±5} % RH

keinen standsicheren Systemaufbau erzeugen, vgl. Hinweise in Verbindung mit den WDVS mit EPS. Ein System mit steiferen Platten wird höhere Spannungen entwickeln, da "Steifigkeit Kräfte anzieht".

Wenn nun die Verbundfestigkeit von 80 kN/m² im trockenen Zustand auf 30 kN/m² im Nasszustand absinkt, besteht die Gefahr einer großflächigen Ablösung.

– Schubtragverhaltens der Systeme Typen mit PU, PF und ICB

Sinngemäß gilt für diese Dämmstoffe dasselbe, wie für die vorstehend behandelten Dämmstoffe.

– Schaumblockversuche auch bei Systemen hoher Festigkeit?

Der Weichschaum, der für die Windsog-Lasteinleitung in das System verwendet wird, ist nicht geeignet, sehr große Kräfte einzuleiten.

Für Systeme mit vergleichsweise großen Verbundfestigkeiten (z.B. Basis EPS) wird ein Schaumblockversuch gar nicht gelingen, weil der Weichschaum reißt.

Für solche Systeme braucht man entweder keinen Schaumblock- oder Kombiversuch oder man führt den Versuch nach Verfahren D durch.

– Vorschläge zur Fortentwicklung der prEN 17.237

Wir haben Hinweise gegeben, die die Systeme verschiedenen Aufbaus mit den vorgenannten Verfahren sinnvoll zu prüfen sind. Dieses Konzept ist noch weiter zu führen:

- Aus den Berechnungsgrundlagen gemäß Anlage 2 Abs. A2.3 kann ein geeignetes (gekürztes aber hinreichend genaues) Berechnungsmodell entwickelt werden.
- Es können Untersuchungen an den Mörteln definiert werden (Schwindmaß, Steifigkeit, Rissdehnung), die dazu dienen, die Putzsystemeigenschaften ausreichend genau zu erfassen.
- Es können – bei Verzicht auf derartige Putzuntersuchungen – Putzsystemeigenschaften angegeben werden, die hinreichend auf der sicheren Seite liegen.

INGENIEURGESELLSCHAFT BAUFORSCHUNG KEßLER & OBERHAUS mbH,
Hans-Tombrock-Str 1, 44263 Dortmund

ISB Block und Becker Beratende Ingenieure PartGmbH,
Alarichstraße 44f, 44803 Bochum

Dortmund, 06.01.2021

Dr.-Ing. Heribert Oberhaus

Dipl.-Ing. Detlef Keßler

Dr.-Ing. habil. Klaus Block

ANLAGEN:

- Anlage 0: Inhaltsverzeichnis der Anlagenzusammenstellung (2 Blatt).
- Anlage 1 – Konstruktionsgrundlagen zu Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) (6 Blatt).
- Anlage 2 – Grundlagen technischer Beurteilung und Berechnungsgrundlagen(14 Blatt).
- Anlage 3 – Beschreibung standsicherheitsrelevanter Versuche (4 Blatt).
- Anlage 4 – Grundlagenuntersuchung am Systemaufbau mit EPS in großen Dämmdicken bis 400 mm (3 Blatt).

Anlagen: GRUNDLAGEN der WDVS-KONSTRUKTIONEN, der standsicherheitsrelevanten VERSUCHE und der BEURTEILUNG (Forschungsergebnisse, Berechnungsgrundlagen)

Inhaltsverzeichnis – Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

	Seite
ANLAGE 1 – KONSTRUKTIONSGRUNDLAGEN ZU WÄRMEDÄMM-VERBUNDSYSTEMEN (WDVS).....	3
A1.1 TYPISCHE KONSTRUKTIONSWEISEN DER <u>GEKLEBTEN</u> WDVS AUF AUßENWÄNDEN IN <u>MASSIVBAUART</u> UND AUF AUßENWÄNDEN IN <u>HOLZBAUART</u>	4
Abb. A1.1-1: Aufbau des WDVS mit vollflächiger Verklebung am klebegeeigneten Massiv-Untergrund (keine Dübelung).....	4
Abb. A1.1-2: Aufbau des WDVS mit Mineralwolle-Lamellendämmplatten oder hochfesten Mineralwolle-Dämmplatten in aufgedoppelter Dämmstoffanordnung und mit mindestens teilflächiger Verklebung am klebegeeigneten Untergrund.....	4
Abb. A1.1-3: Aufbau des WDVS Holzuntergrund, hier vollflächig geklebt auf die Beplankung bzw. Bekleidung des Holzständerwerks.....	4
A1.2 TYPISCHE KONSTRUKTIONSWEISEN DER <u>GEKLEBTEN + GEDÜBELTEN</u> WDVS AUF AUßENWÄNDEN IN <u>MASSIVBAUART</u>	5
Abb. A1.2-1: Aufbau des geklebten + gedübelten WDVS, hier dargestellt mit teilflächiger Verklebung und <u>oberflächenbündiger Dübelung</u> mit <u>Dübelteller Ø 60 mm</u>	5
Abb. A1.2-2: Aufbau des geklebten + gedübelten WDVS, hier dargestellt mit teilflächiger Verklebung und Dübelung <u>durch das Gewebe</u> mit Dübelteller Ø 60 mm.....	5
Abb. A1.2-3: Aufbau des WDVS mit EPS-Dämmplatten großer Dicke und versenkt eingebauten Dübeln ejotherm STR-U.....	5
Abb. A1.2-4: Aufbau des geklebten + gedübelten WDVS, hier dargestellt mit teilflächiger Verklebung und <u>oberflächenbündiger Dübelung</u> mit <u>Dübelteller Ø 90 mm</u>	6
Abb. A1.2-5: Aufbau des geklebten + gedübelten WDVS, hier dargestellt mit teilflächiger Verklebung und <u>versenkter Dübelung</u> mit <u>EJOT Dübelteller VT 2G Ø 112,5 mm</u> , vgl. untenstehende Fotos in Abb. A1.2-6.....	6
Abb. A1.2-6: Aufbau des geklebten + gedübelten WDVS mit Mineralwolle-Dämmplatten, hier mit <u>versenkter Dübelung</u> mit <u>EJOT Dübelteller VT 2G Ø 112,5 mm</u> (hier Probekörperherstellung – Winsogversuche).....	6
Abb. A1.2-7: Aufbau des WDVS mit EPS-Dämmplatten und "tiefversenkt" eingebauten Dübeln, hier fischer Schraubdübel termoz SV II ecotwist – Anwendung in Wärmedämm-Verbundsystemen mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung für diese Befestigung.....	7
A1.3 TYPISCHE KONSTRUKTIONSWEISEN DER <u>(GEKLEBTEN +) GEDÜBELTEN</u> BZW. DER <u>GEKLAMMERTEN</u> WDVS AUF AUßENWÄNDEN IN <u>HOLZBAUART</u>	8
Abb. A1.3-1: Aufbau des WDVS mit einlagiger Ausführung der WF-Dämmplatten auf Massivholzuntergrund, hier Dämmstoff nicht geklebt und mittels Holzbaubefestiger "gedübelt".....	8
Abb. A1.3-2: Aufbau des WDVS Holzuntergrund, hier vollflächig geklebt auf die Beplankung bzw. Bekleidung des Holzständerwerks und mittels Holzbaubefestiger "gedübelt".....	8
Abb. A1.3-3: Aufbau des WDVS mit einlagiger Ausführung der WF-Dämmplatten auf beplanktem/bekleidetem Holzständerwerk, hier Dämmstoff nicht geklebt und mit Breitückenklammern geklammt.....	8
Abb. A1.3-4: Aufbau des WDVS mit einlagiger Ausführung der WF-Dämmplatten auf nicht beplanktem/bekleidetem Holzständerwerk, hier Dämmstoff mit Breitückenklammern geklammt.....	8
ANLAGE 2 – GRUNDLAGEN TECHNISCHER BEURTEILUNG UND BERECHNUNGSGRUNDLAGEN	9
A2.1 NORMGEMÄßE BESTIMMUNG DER WINDSOGRÄFTE NACH DIN EN 1991-1-4 – TIEFERGEHENDER VORSCHLAG ZUM VEREINFACHTEN VERFAHREN.....	9
A2.1.1 Topografie (Windzonen) und Grundlagen.....	9
Abb. A2.1-1: Windzonen nach DIN EN 1991-1-4.....	9
A2.1.2 Standard-Nachweis (Rechn. Nachweis) nach DIN EN 1991-1-4.....	9
A2.1.2.1 Geschwindigkeitsdruck.....	9
A2.1.2.2 Zur Einteilung der Wandflächen in Abhängigkeit vom Verhältnis h/d.....	9
Abb. A2.1-2: Wand-Flächenbereiche gemäß Bild 7.5 der DIN EN 1991-1-4 für vertikale Wände an den quer zum Wind liegenden Fassaden sowie an der Gebäuderückseite.....	9
A2.1.2.3 Zur Höhenstaffelung der Winddruck- und Sogkräfte (w_e).....	10
Tab. A2.1-1: Höhenstaffelung der Winddruckkräfte (w_e) – Sogkräfte im Einzelfall festzulegen.....	10
A2.1.2.4 Höhenabhängiger Geschwindigkeitsdruck.....	10
Tab. A2.1-2: Höhenabhängiger Geschwindigkeitsdruck.....	10
A2.1.2.5 Geländekategorien.....	10
Tab. A2.1-3: Geländekategorien (Bilderquelle: VDPM, Berlin).....	11
A2.1.2.6 Außendruckbeiwerte für vertikale Wände.....	11
Tab. A2.1-4: Aerodynamische Beiwerte ($c_{pe,1}$) für Windsogkräfte (DIN EN 1991-1-4 Tabelle NA.1).....	11
A2.1.2.7 Grundsätzlicher Ablauf der Windlastermittlung.....	11
A2.1.3 Zum vereinfachten Nachweis nach DIN EN 1991-1-4.....	12
Tab. A2.1-5: Aerodynamische Beiwerte ($c_{pe,1}$) für das Verhältnis $h / d = 2$	12
Tab. A2.1-6: Windsogkräfte gemäß dem vereinfachten Verfahren nach DIN EN 1991-1-4 für Bauwerke bis zur Höhe 25 m und für Höhen-Längen-Verhältnisse $h / d \leq 2$	12
A2.2 ZUM NACHWEIS ÜBER DIE AUFNAHME DER WINDSOGRÄFTE NACH AKTUELLEN ALLGEMEINEN BAUAUFSICHTLICHEN ZULASSUNGEN / ALLGEMEINEN BAUARTGENEHMIGUNGEN	12
A2.2-1 Grundsätzliches Nachweisformat	12
A2.2.2 Systematisierung durch Lastklassendefinitionen	13
A2.2.3 Bestimmung der Dübelmengen nach dem Lastklassenmodell.....	13
A2.2.4 Bestimmung der Dübelmengen mit Hilfe der Tragfähigkeitstabelle.....	13
A2.3 ZUR RECHNERISCHEN ERMITTLUNG DER VERFORMUNG EINES WDVS IN DER LASTFALLKOMBINATION EIGENGEWICHT UND „HYGROTHERMISCHE EINWIRKUNGEN“, SPANNUNGEN IN DER BEKLEIDUNG	14
A2.3.1 Grundlagen.....	14
A2.3.2 Schwindverkürzung des Unterputzes (Lastfall 1).....	14
A2.3.3 Temperaturschwankungen ϑ in Mörtel u. Bekleidung (Lastfall 2).....	14
A2.3.4 Verformung des Verbundsystems aus Eigengewicht (Lastfall 3).....	14
A2.3.5 Zusammenstellung der Verschiebungen.....	15
Abb. A2.3-1: Fassadenfeld und maßgebende Werte der Verschiebungen.....	15
A2.3.6 Zwängungskraft in Scheibenebene.....	15
A2.3.7 Formelwerk für die detailliertere Betrachtung des 2-Schichtensystems im Lastfall Erstswinden und Quellen / Schwinden der Einzelschichten.....	15

A2.4	GRUNDLAGEN DER BEURTEILUNG DER STANDSICHERHEIT DES WDVS – SYSTEMTYPEN (I) UND (II) – WDVS TRAGFÄHIG GEKLEBT	17
A2.4.0	Fachlicher Hintergrund dieses Abschnittes	17
A2.4.1	Haftzugfestigkeiten des geklebten Systems im Verbund	17
A2.4.1.1	Versagensarten bzw. -ebenen und zu berücksichtigende Einflüsse	17
A2.4.1.2	Berücksichtigung der Streuung der Versuchsergebnisse ($\gamma_{M,Si}$)	17
	Abb. A2.4.1-1: Figure 1 aus [15]	17
A2.4.1.3	Berücksichtigung des Einflusses einer Dauerlasteinwirkung auf die Festigkeit ($\gamma_{M,Di}$)	17
A2.4.1.4	Berücksichtigung des Temperatureinflusses (z. B. Temperaturschwankung im äußeren Bereich des Fassadensystems ($\gamma_{M,Te}$)	18
A2.4.1.5	Berücksichtigung der Duktilität des Last-Verformungs-Verhaltens ($\gamma_{M,Du}$)	18
	Abb. A2.4.1-2: Versuchsaufbau zur Ermittlung der Haftzugfestigkeit des gesamten Systems	18
A2.4.1.6	Berücksichtigung des Einflusses der Fehlerempfindlichkeit des Systems ($\gamma_{M,Fe}$) bzw. einer Einbauungenauigkeit auf die Tragfähigkeit	18
A2.4.1.7	Berücksichtigung einer Alterung und des Medien-Einflusses ($\gamma_{M,Ai}$)	19
A2.4.1.8	Überlegungen zum Ergebnis für die Bewertung eines geklebten Systems	19
	Tab. A2.4.1-1: Teilsicherheitsbeiwerte zur Beurteilung eines geklebten WDVS unter Windsogwirkung	19
A2.4.2	Lastfallkombination Eigenlast, hygrothermische Einwirkungen	19
	Abb. A2.4.2-1: Mechanik des Putzsystems – Hygrothermische Eigenschaften	19
	Abb. A2.4.2-2: Mechanik des Putzsystems – Dehnsteifigkeit D_p und Rissdehnung $\epsilon_{p,u}$	20
	Abb. A2.4.2-3: LF "Hygrothermische Einwirkungen" (Erstschrumpfen der Mörtel sowie Temperatur- und Feuchteschwankungen)	20
	Abb. A2.4.2-4: Fassadenfeld und maßgebende Werte der Verschiebungen	20
A2.4.3	Lastfallkombination Eigenlast, hygrothermische Einwirkungen und Wind	21
A2.4.3.1	Einwirkungen, Versagensarten bzw. -ebenen und zu berücksichtigende Einflüsse	21
	Abb. A2.4.3-1: Interaktionsdiagramm Schubtragfähigkeit – Windsogtragfähigkeit – Tragfähigkeit unter kombinierter Beanspruchung	21
A2.4.3.2	Berücksichtigung der Streuung der Versuchsergebnisse ($\gamma_{M,Si}$)	22
A2.4.3.3	Berücksichtigung der Dauerlast auf die Tragfähigkeit ($\gamma_{M,Di}$)	22
A2.4.3.4	Berücksichtigung des Temperatureinflusses ($\gamma_{M,Te}$)	22
A2.4.3.5	Berücksichtigung der Duktilität des Last-Verformungs-Verhaltens ($\gamma_{M,Du}$)	22
A2.4.3.6	Berücksichtigung des Einflusses einer Einbauungenauigkeit auf die Tragfähigkeit – Fehlerempfindlichkeit des Systems ($\gamma_{M,Fe}$):	22
A2.4.3.7	Berücksichtigung einer Alterung und des Medien-Einflusses ($\gamma_{M,Ai}$)	22
A2.4.3.8	Ergebnis für die Bewertung des Systems	22
	Tab. A2.4.3-1: Teilsicherheitsbeiwerte zur Beurteilung eines geklebten WDVS in der Lastfallkombination Eigenlast und hygrothermische Einwirkungen – Adhäsionsversagen Dämmstoff-Kleber, Kohäsionsversagen Dämmstoff	22
ANLAGE 3	– BESCHREIBUNG STANDSICHERHEITSRELEVANTER VERSUCHE	23
A3.1	BAUTEILVERSUCHE AM SYSTEM ZUR BESTIMMUNG DES WINDSOG-, SCHUB- UND KOMBINATIONSTRAGVERHALTENS	23
A3.1.1	Schaublockversuche	23
	Abb. A3.1-1: Beispielhafter Versuchsaufbau der Schaublockversuche, hier dargestellt mit einem gedübelten Systemaufbau	23
A3.1.2	Schubversuche	24
	Abb. A3.1-2a: Beispielhafter Versuchsaufbau der Schubversuche, hier dargestellt mit einem geklebten und gedübelten Systemaufbau	24
	Abb. A3.1-2b: Verschiebungsmessung bei Schubversuchen, sinngemäß auch bei Schaublock- und Kombinationsversuchen	24
A3.1.3	Kombinationsversuche (Kombiversuche)	25
	Abb. A3.1-3: Beispielhafter Versuchsaufbau der Kombiversuche, hier dargestellt mit einem gedübelten, nicht verklebten Systemaufbau	25
A3.2	KLEINVERSUCHE AM SYSTEM ZUR BESTIMMUNG DES WINDSOGTRAGVERHALTENS	26
A3.2.1	"Durchziehversuche" nach ETAG 004	26
	Abb. A3.2-1: Versuchsaufbau zur Ermittlung des Windsogwiderstandes an Kleinproben, hier dargestellt an Proben mit Breitrückenklemmern	26
	Abb. A3.2-2: Versuchsaufbau zur Ermittlung des Windsogwiderstandes an Kleinproben – "Durchziehversuche" –, hier sind die Befestigungsvarianten dargestellt	26
ANLAGE 4	– GRUNDLAGENUNTERSUCHUNG AM SYSTEMAUFBAU MIT EPS IN GROßEN DÄMMDICKEN BIS 400 MM	27
A4.1	SYSTEMAUFBAU (QUERSCHNITT) DES SYSTEMS "PH30"	27
A4.2	VERSUCHE ZUM SCHUBTRAGVERHALTEN DES WDVS (GEKLEBT + GEDÜBELT)	27
A4.3	WDVS MIT GROßEN DÄMMSTOFFDICKEN – FE-BERECHNUNG DER ELASTISCH GEBETTETEN SCHEIBE ZUR LASTFALL-KOMBINATION EIGENLAST UND HYGROTHERMISCHE EINWIRKUNGEN	28
A4.4	BETRACHTUNG DER HÖCHSTBEANSPRUCHTEN STELLE ALS RÄUMLICHES KONTINUUM	28

Das Dokument umfasst **29 Blatt** (DIN A3)

Anlage 1 – Konstruktionsgrundlagen zu Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS)

Im Folgenden werden die typischen Konstruktionsweisen auf Außenwänden im Massivbau und Holzbau beschrieben, um diese in die Normenregelungen einordnen zu können.

Für **Außenwände in Massivbauart** verwendet man Wärmedämm-Verbundsysteme mit verschiedenen Dämmstoffen und Befestigungsvarianten sowie einer großen Bandbreite von Beschichtungen/Bekleidungen.

In Abschnitt A1.1 der Anlage 1 werden die **ausschließlich geklebten** WDVS grafisch dargestellt. Im Grundsatz sind vollflächige und teilflächige Verklebungen am Untergrund möglich. Der Klebeflächenanteil ergibt sich aus den Anforderungen zur Verbundfestigkeit und den System- bzw. Dämmstofffestigkeiten.

In den Abschnitten A1.2 und A1.3 der Anlage 1 werden die **geklebten + gedübelten** WDVS grafisch dargestellt.

Eine mechanische Befestigung der Dämmplatten mittels Tellerdübeln erfolgt zum Beispiel oberflächenbündig mit der Dämmplatte (Abb. A1.2-1), mit Dübelung durch das Gewebe (Abb. A1.2-2) oder oberflächenbündig mit größerem Dübelteller (Abb. A1.2-4) wobei Zusatzteller verschiedener Größe verwendet werden können. Typischerweise werden bei Verwendung von Mineralwolle-Dämmplatten der WLS 033 - 036 Dübelteller mit 90 mm Durchmesser verwendet. Bei der zusätzlichen Dübelung von Mineralwolle-Lamellen-Dämmplatten (WLS 040 o. 041) werden Dübelteller Durchmesser 140 mm verwendet.

In der Anlage 1 ist auch im Besonderen die Verdübelung des Wärmedämm-Verbundsystems mit EJOT ejotherm STR U mit Tellerdurchmesser 60 mm und versenktem Einbau des Dübeltellers grafisch dargestellt. Dies ist bei Verwendung von Polystyrol-Dämmplatten (siehe Abb. A1.2-3), aber auch bei Verwendung anderer Dämmstoffe möglich, muss jedoch hinsichtlich der Systemtragfähigkeit gesondert betrachtet werden. Bei Verwendung des STR U in versenkter Montageweise wird der systemzugehörige Setztool verwendet (siehe Abb. A1.2-3).

Eine Weiterentwicklung der Zusatzdübelteller erfolgte seitens der Firma EJOT in Form der Entwicklung des EJOT Dübelteller-Elementes VT 2 G mit Durchmesser 112,5 mm, vgl. Abb. A1.2-5 in der Anlage 1 und Fotos von einer Probekörperherstellung in Abb. A1.2-6 in der Anlage 1. Bei Verwendung des EJOT Dübeltellers VT 2G wird nicht der Setztool verwendet. Das Element ist so geformt, dass durch die angeformten Spitzen das Einschneiden des Dübeltellers in den Dämmstoff ohne Einschneiden mit Hilfe eines Setztools gelingt.

Eine Weiterentwicklung des Versenkens der Dübelteller erfolgte von mehreren Herstellern in Form des "Tiefversenkens", siehe z.B. Abb. A1.2-7 in der Anlage 1. Dort ist der fischer Schraubdübel termoz SV II ecotwist im eingebauten Zustand dargestellt. Das "Tiefversenken" erfolgt in der Weise, dass sich die Dübelteller infolge ihrer Schraubwendelform in die Dämmplatte hineinschrauben lassen.

Die System-Tragfähigkeit solcher Teller ist wie bei allen anderen Tellerdübeln auch von der Querschnittsfestigkeit des Dämmstoffes abhängig, hier aber von der Festigkeit im unteren Bereich des Dämmstoffes, was bei Mineralwolle-Dämmplatten eine gegenüber den Standard-Dübelteller erhebliche Verringerung der Tragfähigkeit bedeuten kann.

Für **Außenwände in Holzbauart** verwendet man entweder Wärmedämm-Verbundsysteme mit Holzweichfaserdämmplatten, die typischerweise ohne Verklebung auf dem Holzuntergrund befestigt werden und Wärmedämm-Verbundsysteme mit Verklebung des Dämmstoffes auf dem Holzuntergrund bzw. den Holzwerkstoffplatten, die auf dem Holzständerwerk aufgebracht sind. Solche Systeme werden ggf. zusätzlich gedübelt, auf die Verklebung wird dann aber nicht verzichtet. In der Anlage 1 sind diese Konstruktionsweisen in Abschnitt A1.3 grafisch dargestellt:

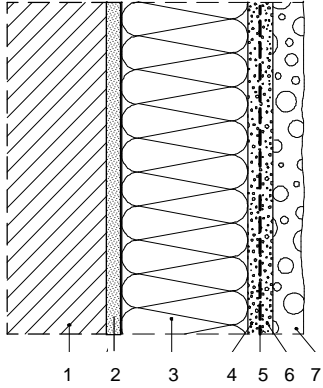
In Abb. A1.3-1 ist der Aufbau des WDVS mit einlagiger Ausführung einer Holzweichfaserdämmplatte auf Massivholzuntergrund dargestellt. Die Befestigung erfolgt typischerweise mit einem Kunststoff-Befestigungselement in Kombination mit zugehöriger Holzbauschraube. Die Holzbauschraube entspricht den Anforderungen an Befestigungsmittel am Holzbau und kann nach dem Regelwerk im Holzbau statisch nachgewiesen werden, insbesondere kann der Schraube der Lastabtrag für Windsogkräfte sowie Einwirkungen aus Eigenlast und hygrothermischen Einwirkungen (Schwinden des Putzsystems, Temperatur und Feuchteschwankungen) zugewiesen werden.

Statt einer Befestigung des Systems auf Massivholzwand ist es möglich, das System auf einem Holzständerwerk ohne außenseitige Bekleidung oder Beplankung aufzubringen, wenn die Holzweichfaser-Dämmplatten hierzu geeignet sind. Dies ist möglich, wenn sie insbesondere entweder exakt auf das Raster des Ständerwerkes abgestellt sind oder die Dämmplatten mit Nut und Feder versehen sind, sodass auch schwebende Stöße hergestellt werden können.

In der Abb. A1.3-2 ist der Aufbau des WDVS auf einem Holzständerwerk mit außenseitiger Beplankung bzw. Bekleidung dargestellt, auf dieser Beplankung bzw. Bekleidung wird die Dämmstoffplatte entweder teilflächig oder vollflächig verklebt und zusätzlich mit dem EJOT Schraubbefestiger STR H befestigt. Hierbei kann so vorgegangen werden, dass die Verankerung der Schraube in der Holzwerkstoffplatte erfolgt. Darauf wird unten stehend vertiefend eingegangen.

Die Bauweise bei Verwendung von EPS-Dämmplatten ist typischerweise so vorgesehen, dass auf eine zusätzliche Tellerdübelbefestigung verzichtet wird. Die Holzbaubefestiger sind stets erforderlich, wenn Mineralwolle-Dämmplatten verwendet werden.

A1.1 Typische Konstruktionsweisen der geklebten WDVS auf Außenwänden in Massivbauart und auf Außenwänden in Holzbauart

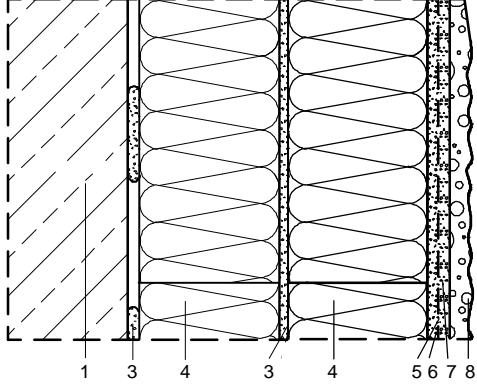


Legende:

- 1 Wandbaustoff;
- 2 Klebemörtel gemäß Verarbeitungsrichtlinie des Systemherstellers;
- 3 Dämmstoff;
- 4 Unterputz, 1. Arbeitsgang;
- 5 Bewehrungsgewebe (optional);
- 6 Unterputz, 2. Arbeitsgang, nass-in-nass aufgebracht; der Unterputz kann auch in einem Arbeitsgang aufgetragen werden, anschließend wird das Gewebe eingebracht (optional);
- 7 Oberputz gemäß Verarbeitungsrichtlinie des Systemherstellers.

Abb. A1.1-1: Aufbau des WDVS mit vollflächiger Verklebung am klebegeeigneten Massiv-Untergrund (keine Dübelung).

(Hinweis: Die Schichtdicken der Dämm- und Putzschichten sind nicht maßstäblich gezeichnet.)

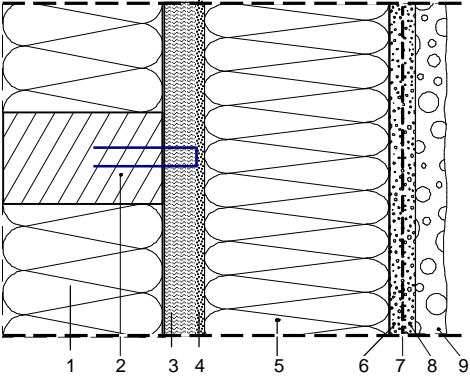


Legende:

- 1 Wandbaustoff;
- 3 Klebemörtel;
- 4 Dämmstoff;
- 5 Unterputz, 1. Arbeitsgang;
- 6 Bewehrungsgewebe;
- 7 Unterputz, 2. Arbeitsgang, nass-in-nass aufgebracht; der Unterputz kann ggfls. auch in einem Arbeitsgang aufgetragen werden, anschließend wird das Gewebe eingebracht;
- 8 Oberputz gemäß Verarbeitungsrichtlinie des Systemherstellers.

Abb. A1.1-2: Aufbau des WDVS mit Mineralwolle-Lamellendämmplatten oder hochfesten Mineralwolle-Dämmplatten in aufgedoppelter Dämmstoffanordnung und mit mindestens teilflächiger Verklebung am klebegeeigneten Untergrund.

(Hinweise: Die Schichtdicken der Dämm- und Putzschichten sind nicht maßstäblich gezeichnet., für die Verklebung der Dämmplattenlagen miteinander ist ebenfalls eine geeignete Teilflächenverklebung denkbar.)



Legende:

- 1,2 Holzständerwerk mit Holzfaser-Zwischendämmung;
- 3 Beplankung oder Bekleidung des Ständerwerks (Plattenwerkstoff), z.B. mittels Klammerung befestigt;
- 4 Kleber, Klebemörtel des WDVS;
- 5 Dämmplatte des WDVS;
- 6 Unterputz, 1. Arbeitsgang;
- 7 Bewehrungsgewebe;
- 8 Unterputz, 2. Arbeitsgang, nass-in-nass oder nach Erstarren der ersten Lage aufgebracht; der Unterputz kann auch in einer Lage aufgetragen werden, anschließend wird das Gewebe eingebracht;
- 9 Oberputz gemäß Verarbeitungsrichtlinie des Systemherstellers.

Abb. A1.1-3: Aufbau des WDVS Holzuntergrund, hier vollflächig geklebt auf die Beplankung bzw. Bekleidung des Holzständerwerks.

(Hinweis: Die Schichtdicken der Dämm- und Putzschichten sind nicht maßstäblich gezeichnet.)

A1.2 Typische Konstruktionsweisen der geklebten + gedübelten WDVS auf Außenwänden in Massivbauart

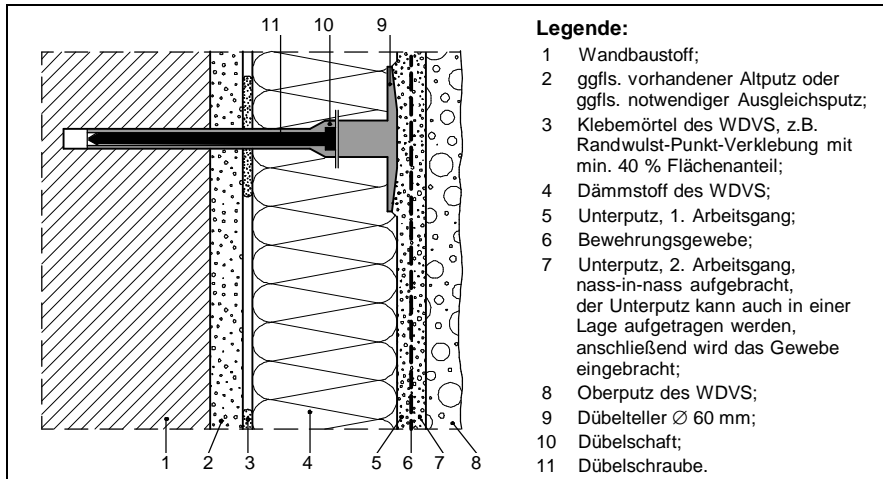


Abb. A1.2-1: Aufbau des geklebten + gedübelten WDVS, hier dargestellt mit teillächiger Verklebung und oberflächenbündiger Dübelung mit Dübelteller \varnothing 60 mm.

(Hinweis: Die Schichtdicken der Dämm- und Putzschichten sind nicht maßstäblich gezeichnet.)

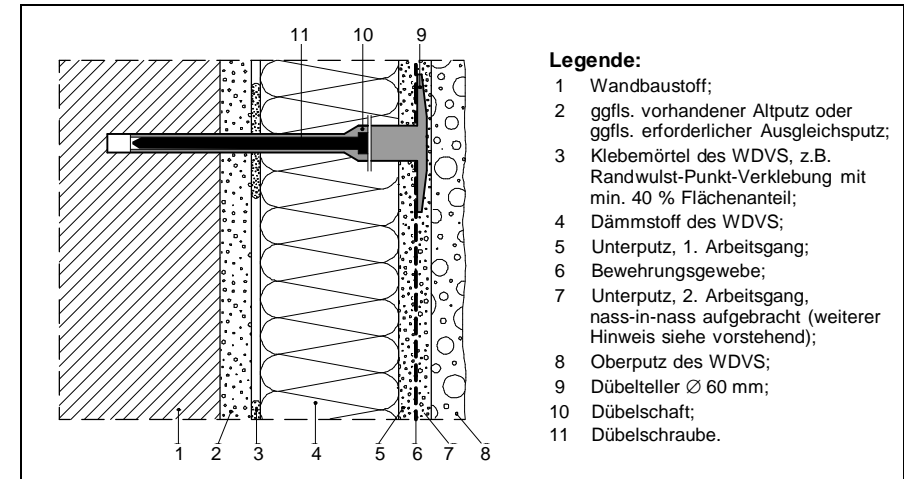


Abb. A1.2-2: Aufbau des geklebten + gedübelten WDVS, hier dargestellt mit teillächiger Verklebung und Dübelung durch das Gewebe mit Dübelteller \varnothing 60 mm.

(Hinweis: Die Schichtdicken der Dämm- und Putzschichten sind nicht maßstäblich gezeichnet.)

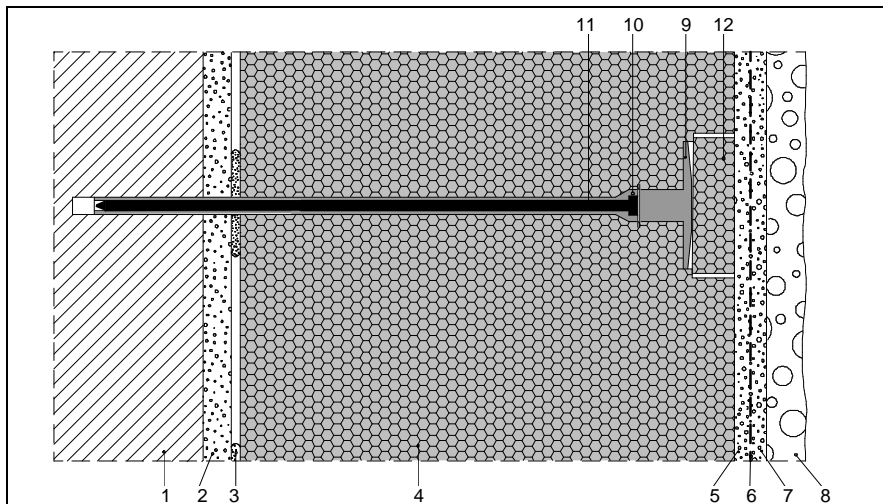


Abb. A1.2-3: Aufbau des WDVS mit EPS-Dämmplatten großer Dicke und versenkt eingebauten Dübeln ejotherm STR-U.

(Hinweis: Die Schichtdicken der Dämm- und Putzschichten sind nicht maßstäblich gezeichnet.)

Legende zu Abb. A1.2-3:

- 1 Wandbaustoff;
- 2 ggf. vorhandener Altputz oder ggf. notwendiger Ausgleichsputz;
- 3 Klebemörtel des WDVS;
- 4 Dämmstoff des WDVS;
- 5 Unterputz, 1. Arbeitsgang;
- 6 Bewehrungsgewebe des WDVS;
- 7 Unterputz, 2. Arbeitgang, nass-in-nass aufgebracht; der Unterputz kann auch in einem Arbeitsgang aufgetragen werden, anschließend wird das Gewebe eingebracht;
- 8 Oberputz; Strukturputz in Kornstärke;
- 9 Dübelteller;
- 10 Dübelschaft;
- 11 Dübelschraube;
- 12 Dämmstoff-Rondelle des EJOT STR-U.



Das Versenken erfolgt mit dem zugehörigen Setztool:

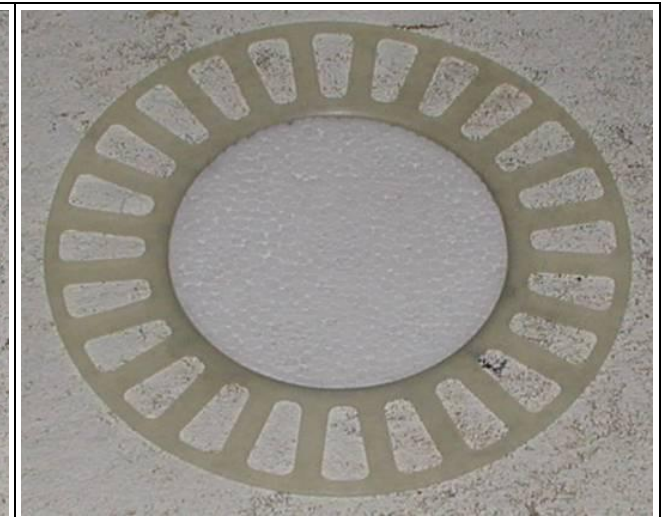
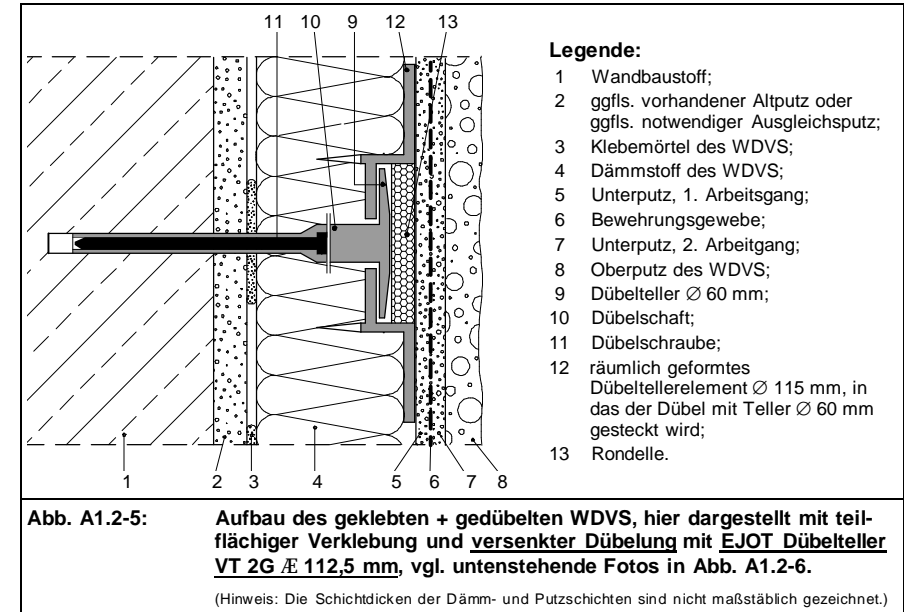
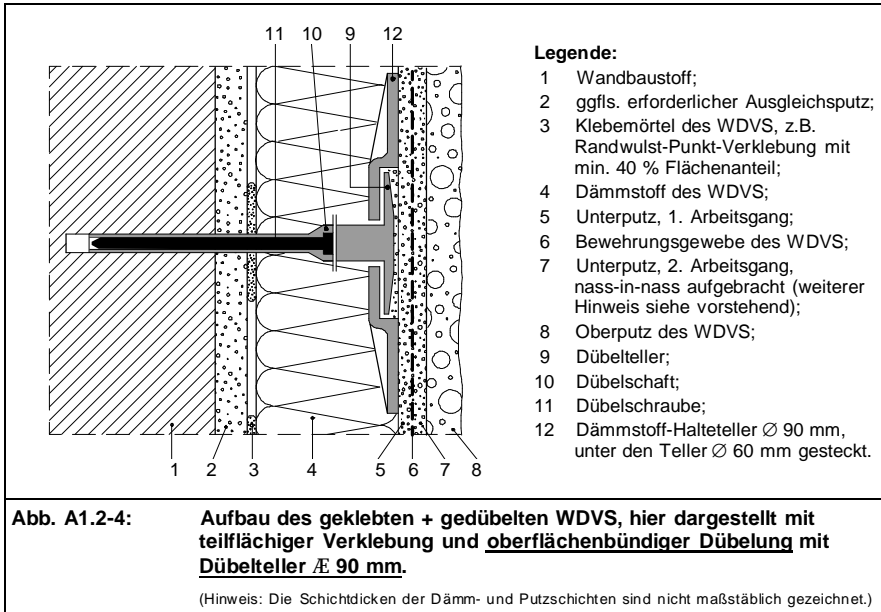
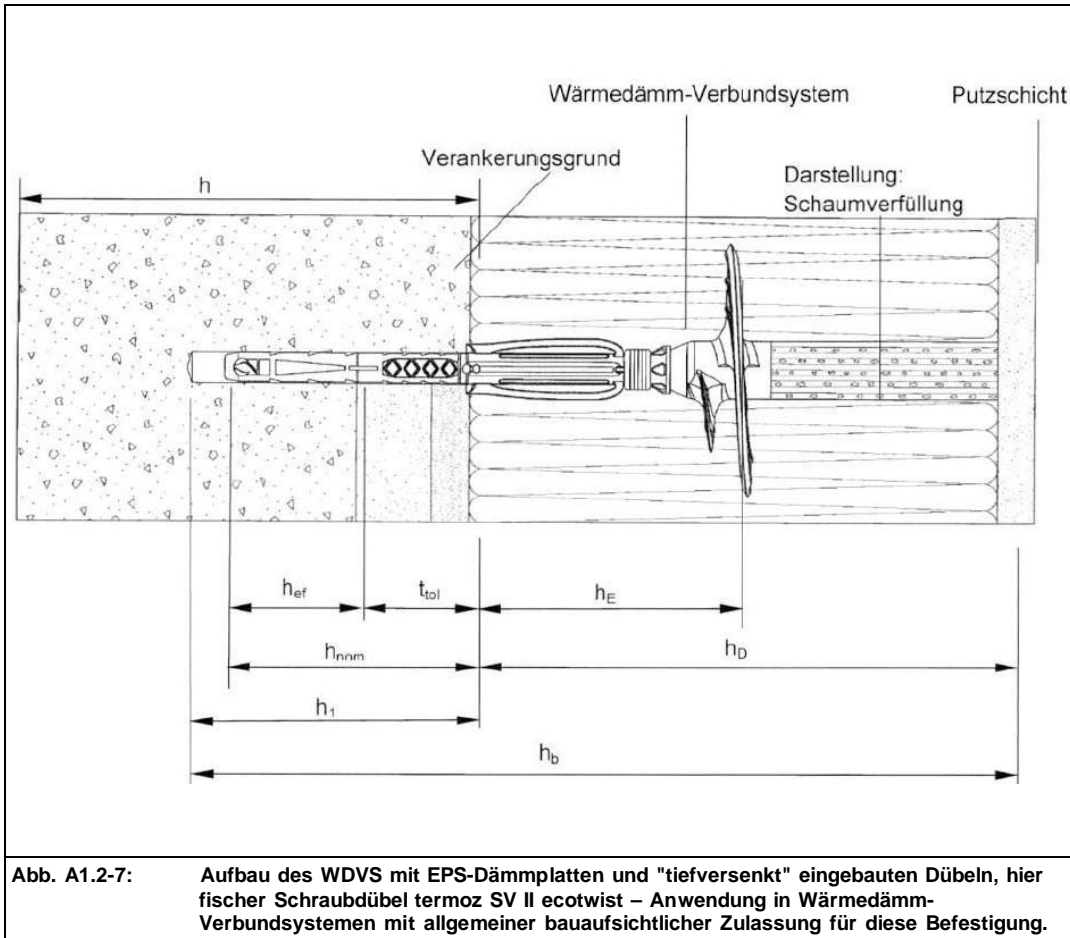


Abb. A1.2-6: Aufbau des geklebten + gedübelten WDVS mit Mineralwolle-Dämmplatten, hier mit versenkter Dübelung mit EJOT Dübelteller VT 2G $\text{AE } 112,5 \text{ mm}$ (hier Probekörperherstellung – Winsogversuche).

(Hinweis: Es wurde eine EPS-Rondelle verwendet, in Verbindung mit Mineralwolle-Dämmplatten werden in der praktischen Anwendung Rondellen aus Mineralwolle verwendet.)



Legende zu Abb. A1.2-7:

- h_{nom} = Gesamtlänge des Kunststoffdübel im Verankerungsgrund mit nichttragender Schicht (t_{tol})
- h_1 = Tiefe des Bohrlochs bis zum tiefsten Punkt im Verankerungsgrund
- h = Dicke des Verankerungsgrundes (Wand)
- h_D = Dämmstoffdicke
- t_{tol} = Dicke des Toleranzausgleiches oder der nichttragenden Deckschicht
- h_E = Einbindetiefe
- h_b = Gesamtbohrtiefe
- h_{ef} = effektive Verankerungstiefe

Quelle:

Deutsches
Institut
für
Bautechnik

DIBt

Allgemeine
bauaufsichtliche
Zulassung

Datum:
11.04.2016

Geschäftszeichen:
I 26-1.21.2-10/16

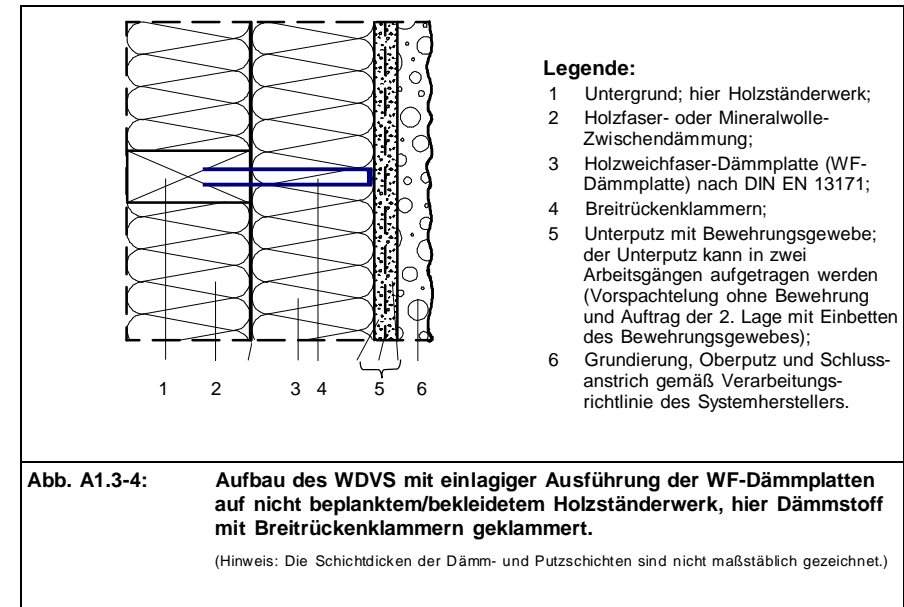
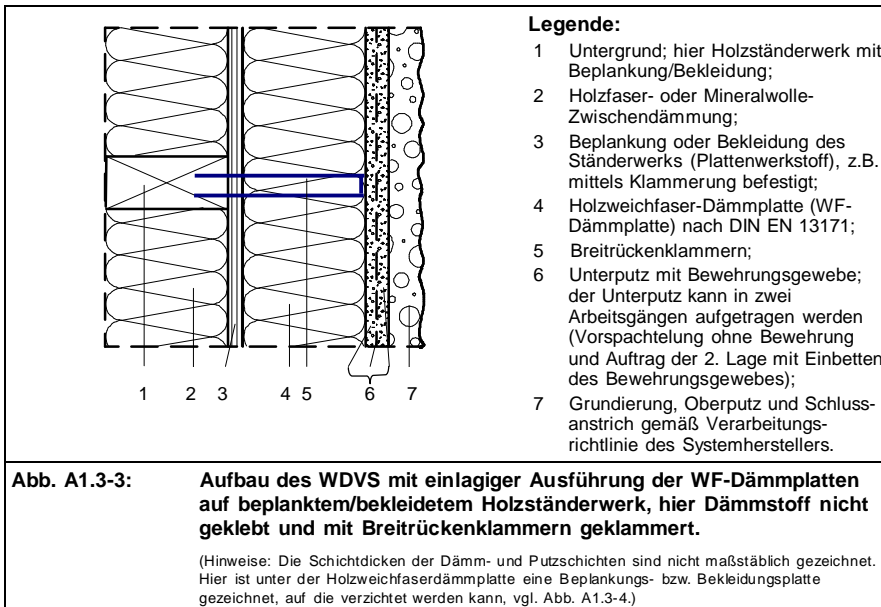
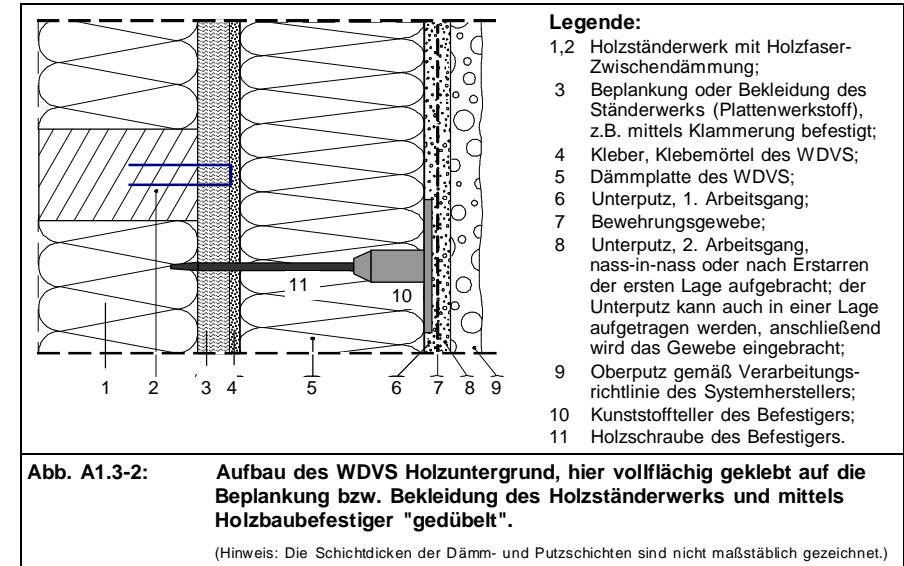
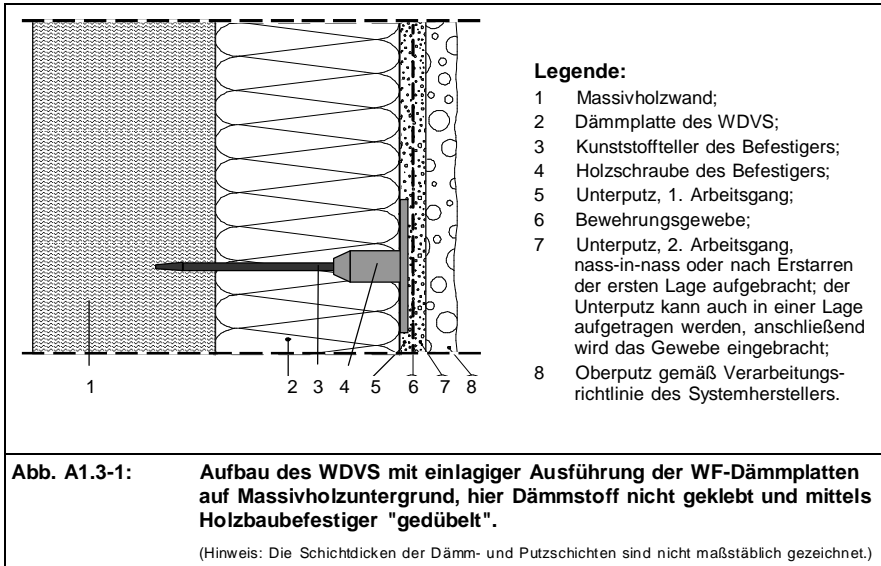
Zulassungsnummer:
Z-21.2-1960

Geltungsdauer
vom: 11. April 2016
bis: 14. April 2020

Antragsteller:
fischerwerke GmbH & Co. KG
Klaus-Fischer-Straße 1
72178 Waldachtal

Zulassungsgegenstand:
fischer Schraubdübel termoz SV II ecotwist
für die Anwendung in Wärmedämm-Verbundsystemen
mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung

A1.3 Typische Konstruktionsweisen der (geklebten +) gedübelten bzw. der geklammerten WDVS auf Außenwänden in Holzbauart



Anlage 2 – Grundlagen technischer Beurteilung und Berechnungsgrundlagen

A2.1 Normgemäße Bestimmung der Windsogkräfte nach DIN EN 1991-1-4 – Tiefergehender Vorschlag zum vereinfachten Verfahren

A2.1.1 Topografie (Windzonen) und Grundlagen

Wie die Windzonenkarte gemäß nebenstehender Abb. A2.1-1 (DIN EN 1991-1-4 Anhang NA.A) 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.

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

Dem Geschwindigkeitsdruck (q) legt man eine Böengeschwindigkeit zugrunde, man spricht daher auch von Böengeschwindigkeitsdruck (q).

Es gilt: $w_e = c_{pe} \cdot q$

DIN EN 1991-1-4 sieht einen "Standard-Nachweis" und einen vereinfachten Nachweis für Gebäude bis zur Höhe 25 m vor. Auf den Standardnachweis wird nachfolgend eingegangen.



A2.1.2 Standard-Nachweis (Rechn. Nachweis) nach DIN EN 1991-1-4

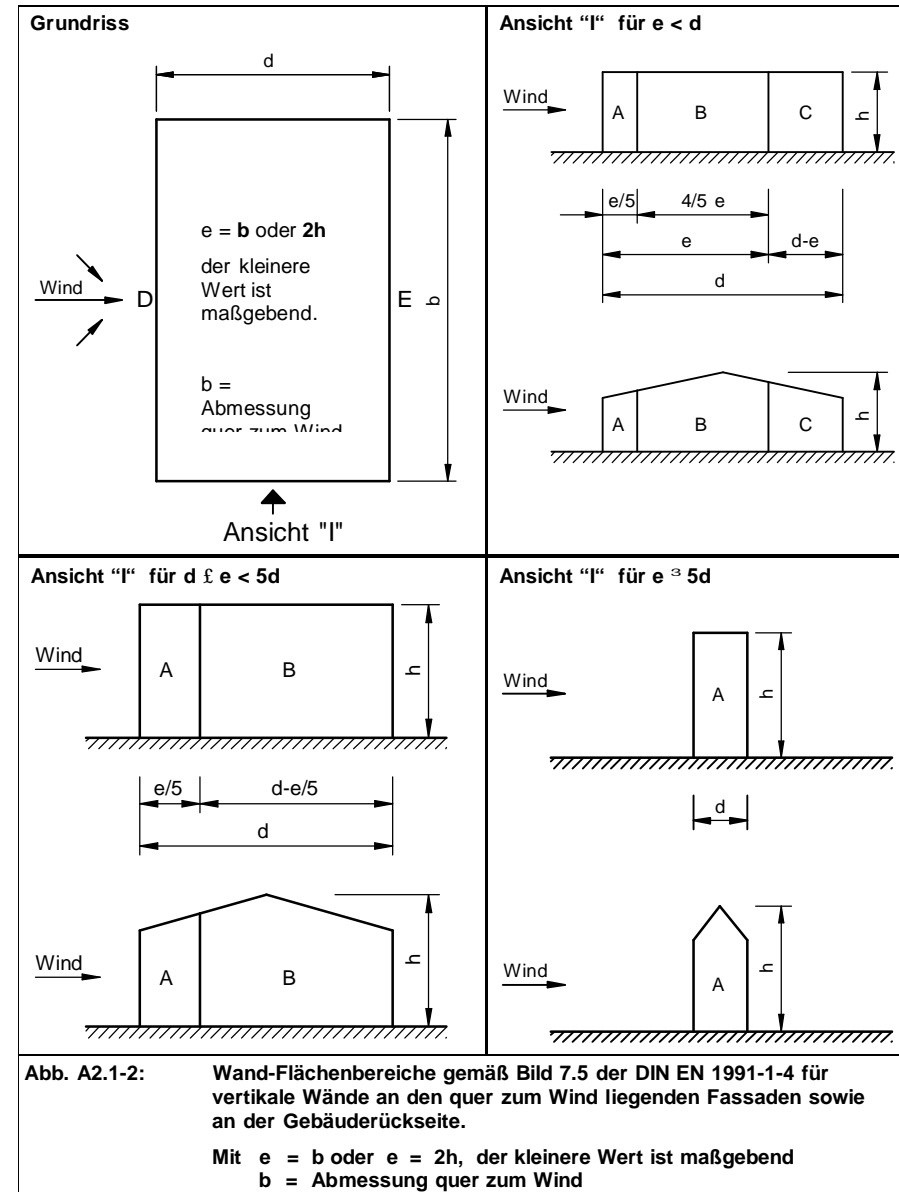
A2.1.2.1 Geschwindigkeitsdruck

Der Geschwindigkeitsdruck (q) ist abhängig von der Geländekategorie, der Lage des Gebäudes (Binnenland / 5-km-Streifen entlang der Küste + Ostseeinseln / Nordseeinseln) und der Höhe über Gelände. Für die Ermittlung des Geschwindigkeitsdrucks (q) gibt die DIN EN 1991-1-4 in Abs. NA.B.3.3 acht Formeln an, die untenstehend aufgeführt sind. In die Formeln fließt der Geschwindigkeitsdruck ($q_{b,0}$) ein, der sich durch die mittlere Basiswindgeschwindigkeit ($v_{b,0}$) ergibt. Dieser Geschwindigkeitsdruck ergibt sich aus der Windzone gemäß Windzonenkarte. Die Werte betragen:

Windzone	WZ 1	WZ 2	WZ 3	WZ 4
Basiswindgeschwindigkeit ($v_{b,0}$)	22,5 m/s	25,0 m/s	27,5 m/s	30,0 m/s
Geschwindigkeitsdruck ($q_{b,0}$)	0,32 kN/m ²	0,39 kN/m ²	0,47 kN/m ²	0,56 kN/m ²

A2.1.2.2 Zur Einteilung der Wandflächen in Abhängigkeit vom Verhältnis h/d

Die dem Wind zugewandte Seite ist der Bereich „D“ (Luv), die dem Wind abgewandte Seite der Bereich „E“ (Lee). Die windparallelen Wände werden in 3 Bereiche eingeteilt (A bis C), wobei A dem früheren Randbereich entspricht und B sowie C dem früheren Flächenbereich. Schlanke Baukörper (man könnte auch turmartig sagen, $e \geq 5d$) weisen an der schmalen Ansicht nur den Bereich A mit den höchsten Windsogkräften auf, siehe Abb. A2.1-2.



A2.1.2.3 Zur Höhenstaffelung der Winddruck- und Sogkräfte (w_e)

Für Wände von Baukörpern mit rechteckigem Grundriss dürfen die Winddruckkräfte über die Baukörperhöhe gestaffelt nach Bild 7.4 der DIN EN 1991-1-4 angesetzt werden. Dazu wird angenommen, dass der Druck in horizontalen Streifen konstant ist. Als Bezugshöhe (z_e) für den **höhenabhängigen** Geschwindigkeitsdruck (siehe nachstehende Angaben bzw. Gl. (NA.B.1) bis (NA.B.8) der DIN EN 1991-1-4) des jeweiligen Streifens ist die Höhe seiner Oberkante anzusetzen. Die Staffelung erfolgt in Abhängigkeit vom Verhältnis von Baukörperhöhe zu -breite, h / b , gemäß Tab. A2.1-1. **Ansatz für Sogkräfte:** „Die Regeln zur Verteilung des Geschwindigkeitsdruckes auf leeseitigen und windparallelen Wänden (Bereiche A, B, C und E) dürfen individuell für das Bauvorhaben definiert werden. Es wird empfohlen, die Gebäudehöhe als Bezugshöhe anzunehmen.“

Tab. A2.1-1: Höhenstaffelung der Winddruckkräfte (w_e) – Sogkräfte im Einzelfall festzulegen

Varianten der Staffelung:	Äußere Abmessungen	Bezugs-höhe	Verlauf des Geschwindigkeitsdruckes
für Baukörper $h \leq b$ wird ein einziger Streifen der Höhe h angenommen.		$z_e = h$	$q_p(z) = q_p(z_e)$
für Baukörper $b < h \leq 2b$ wird ein unterer Streifen der Höhe b sowie ein oberer Streifen der Höhe $(h-b)$ angenommen.		$z_e = h$ $z_e = b$	$q_p(z) = q_p(h)$ $q_p(z) = q_p(b)$
für Baukörper $h > 2b$ werden je ein unterer und oberer Streifen der Höhe b angenommen. Der Zwischenbereich wird in eine angemessene Anzahl von weiteren Streifen unterteilt.		$z_e = h$ $z_e = z_{strip}$ $z_e = b$	$q_p(z) = q_p(h)$ $q_p(z) = q_p(z_{strip})$ $q_p(z) = q_p(b)$

A2.1.2.4 Höhenabhängiger Geschwindigkeitsdruck

Der höhenabhängige Geschwindigkeitsdruck errechnet sich gemäß Gl. (NA.B.1) bis (NA.B.8) der DIN EN 1991-1-4 wie nachstehend in Tab. A2.1-2 aufgeführt. Es wird dabei wie folgt differenziert:

- Binnenland (Mischprofil der Geländekategorien II u. III),
- küstennahe Gebieten sowie Inseln der Ostsee (Mischprofil der Geländekategorien I u. II) u.
- Inseln der Nordsee (Geländekategorie I).

Abweichend davon darf der Einfluss der Geländerauhigkeit und Topographie genauer nach DIN EN 1991-1-4/NA.B bewertet werden. Danach werden nicht die „Mischprofile“ der Geländekategorien sondern die Kategorien I bis IV berücksichtigt, siehe Abs. A2.1.2.5. Bei exponiertem Gebäudestandort kann eine Erhöhung des Geschwindigkeitsdruckes (q) nach DIN EN 1991-1-4/NA.B erforderlich werden (Besonderheiten bei der Topographie). Darauf wird hier nicht eingegangen.

Tab. A2.1-2: Höhenabhängiger Geschwindigkeitsdruck.

(a) im Binnenland (Mischprofil der Geländekategorien II u. III) Gl. (NA.B.1) bis (NA.B.3) der DIN EN 1991-1-4	$q_p(z) = 1,5 \times q_b$ für $z \leq 7$ m $q_p(z) = 1,7 \times q_b \left(\frac{z}{10}\right)^{0,37}$ für $7 \text{ m} < z \leq 50$ m $q_p(z) = 2,1 \times q_b \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$ für $50 \text{ m} < z \leq 300$ m
(b) in küstennahen Gebieten sowie auf den Inseln der Ostsee (Mischprofil der Geländekategorien I u. II) Gl. (NA.B.4 bis (NA.B.6) der DIN EN 1991-1-4	$q_p(z) = 1,8 \times q_b$ für $z \leq 4$ m $q_p(z) = 2,3 \times q_b \left(\frac{z}{10}\right)^{0,27}$ für $4 \text{ m} < z \leq 50$ m $q_p(z) = 2,6 \times q_b \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$ für $50 \text{ m} < z \leq 300$ m
(c) auf den Inseln der Nordsee (Geländekategorie I) Gl. (NA.B.7 bis (NA.B.8) der DIN EN 1991-1-4	$q_p(z) = 1,1 \text{ kN/m}^2$ für $z \leq 2$ m $q_p(z) = 1,5 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19} \text{ kN/m}^2$ für $2 \text{ m} < z \leq 300$ m

A2.1.2.5 Geländekategorien

DIN EN 1991-1-4 beschreibt die zugrunde zu legenden Geländekategorien entsprechend der nachstehenden Tab. A2.1-3. In Übergangsbereichen oder wenn man hinsichtlich der Zuordnung in die Kategorien unsicher ist, kann man die Mischprofile zugrunde legen.

In DIN EN 1991-1-4 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 ungünstigere, 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.

Tab. A2.1-3: Geländekategorien (Bilderquelle: VDPM, Berlin).

<p>Geländekategorie I</p> <p>Offene See; Seen mit mindestens 5 km freier Fläche in Windrichtung; glattes flaches Land ohne Hindernisse</p>	
<p>Geländekategorie II</p> <p>Gelände mit Hecken, einzelnen Gehöften, Häusern oder Bäumen, z. B. landwirtschaftliches Gebiet</p>	
<p>Geländekategorie III</p> <p>Vorstädte, Industrie- oder Gewerbegebiete; Wälder</p>	
<p>Geländekategorie IV</p> <p>Stadtgebiete, bei denen mindestens 15 % der Fläche mit Gebäuden bebaut ist, deren mittlere Höhe 15 m überschreitet</p>	
<p>Mischprofil Küste</p>	<p>Verhältnisse im Übergangsbereich zwischen den Geländekategorien I und II</p>
<p>Mischprofil Binnenland</p>	<p>Verhältnisse im Übergangsbereich zwischen den Geländekategorien II und III</p>

A2.1.2.6 Außendruckbeiwerte für vertikale Wände

Die aerodynamischen Beiwerte (c_{pe}) wurden früher „Druck-“ und „Sogbeiwerte“ genannt und weitgehend für alle Gebäudekörper gleich zugrunde gelegt. Lediglich die Randzonenbreite war unterschiedlich. Nach DIN EN 1991-1-4 wird differenziert nach Längen-Breiten-Höhenverhältnissen des Gebäudes und nach Lastezugsflächen, vgl. DIN EN 1991-1-4 Tabelle NA.1. Für Wärmedämm-Verbundsysteme ist die Lastezugsfläche zu 1 m^2 oder kleiner zugrunde zu legen. Aus DIN EN 1991-1-4 Tabelle NA.1 ist stets unter $c_{pe,1}$ abzulesen. Die damit für WDVS relevanten aerodynamischen Beiwerte (c_{pe}) für Windsogkräfte in Abhängigkeit der Bereiche A bis E sind in Tab. A2.1-4 aufgeführt.

Tab. A2.1-4: Aerodynamische Beiwerte ($c_{pe,1}$) für Windsogkräfte (DIN EN 1991-1-4 Tabelle NA.1)

Zeile	h/d ¹⁾	Bereich A	Bereich B	Bereich C	Bereich D	Bereich E
1	≥ 5	-1,7	-1,1	-0,7	+1,0 (Druck)	-0,7
2	≤ 1	-1,4	-1,1	-0,5	+1,0 (Druck)	-0,5

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

A2.1.2.7 Grundsätzlicher Ablauf der Windlastermittlung

Dieser von uns als „Standard-Nachweis“ genannte rechnerische Nachweis beinhaltet für die Ermittlung der Windsog- und Druckkräfte folgende Nachweisschritte:

1. Festlegung der Windzone in Abhängigkeit von der Lage des Gebäudes; damit ergibt sich der windzonenabhängige Böengeschwindigkeitsdruck ($q_{b,0}$). Das Deutsche Institut für Bautechnik hält auf der Internetseite eine mehrfach aktualisierte Excel-Tabelle mit der Angabe der Windzonen in Abhängigkeit von Verwaltungsgrenzen als Download zur Verfügung.

Prüfung, ob eine Erhöhung des Böengeschwindigkeitsdrucks (q) nach DIN EN 1991-1-4 Anhang NA.B erforderlich ist.

Festlegung der Geländekategorie (I bis IV oder Mischprofile II/III bzw. I/II)

- 2a. Betrachtung des Gebäudes für einen bestimmten Windlastfall, also Wahl der Windrichtung auf das Gebäude, Definition der Bereiche „D“ und „E“ (Luv und Lee) sowie der windparallelen Wände. Aufteilung der windparallelen Wände in die Bereiche „A“ bis „C“ in Abhängigkeit vom Verhältnis e/d . Ermittlung der aerodynamischen Beiwerte (c_{pe}) für diesen Windlastfall in Abhängigkeit vom Verhältnis h/d .
- 2b. Ermittlung der Höhenstaffelung für den Lastfall aus 2a, d. h. für das für diesen Lastfall maßgebende Verhältnis h/b . Ermittlung der Höhen ($z_{e,i}$) und der höhenabhängigen Böengeschwindigkeitsdrücke (q_i).
- 2c. Ermittlung der Winddruck- und Sogkräfte ($w_{e,i}$) aus den Böengeschwindigkeitsdrücken (q_i) und den aerodynamischen Beiwerte ($c_{pe,i}$) für die verschiedenen relevanten Teilflächen der betrachteten Fassadenbereiche.

3. Betrachtung der anderen Windlastfälle (Windrichtungen) sinngemäß wie vor. Die Ansichten nach Abb. A2.4.2 werden daher hinsichtlich der Anordnung der Flächen „A“ bis „C“ um die senkrechte Gebäudeachse „gespiegelt“. Dies bedeutet, dass der Bereich „C“ nur bei vergleichsweise langen Gebäuden auftritt.

Mit diesen Windlastannahmen kann die jeweils notwendige Dübelmenge errechnet werden. Ein solcher Nachweis ist sehr auf die bauwerksspezifischen Zusammenhänge abgestimmt. In der Baupraxis ist ein solcher Nachweis am sinnvollsten programmgestützt auszuarbeiten.

A2.1.3 Zum vereinfachten Nachweis nach DIN EN 1991-1-4

Nach DIN EN 1991-1-4 Abs. NA.B.3.2 ist bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken bis zur Höhe 25 m über Grund ein vereinfachtes Vorgehen zulässig: **Der Böengeschwindigkeitsdruck (q) wird als konstant über die gesamte Gebäudehöhe angenommen.** In Tabelle NA.B.3 der DIN EN 1991-1-4 werden die Geschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis zur Höhe 25 m angegeben. 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“ bis „D“ sind zunächst weiterhin objektspezifisch auszuwählen. Hierzu wird aber nachstehend eine sinnvolle Vereinfachung vorgeschlagen.

Da es für die praktische Umsetzung des vereinfachten Verfahrens ungünstig ist, zwischen den verschiedenen h/d-Verhältnismerten unterscheiden zu müssen, wird einheitlich das Verhältnis h/d = 2,0 zugrunde gelegt. Damit ergeben sich die aerodynamischen Beiwerte ($c_{pe,1}$) gemäß Tab. A2.1-5.

Tab. A2.1-5: Aerodynamische Beiwerte ($c_{pe,1}$) für das Verhältnis h / d = 2

h / d	Bereich A	Bereich B	Bereich C	Bereich D	Bereich E
= 2	-1,475	-1,1	-0,55	+1,0 (Druck)	-0,55

Es wird nun – hinreichend genau und auf der sicheren Seite liegend – für die Höhen-Längen-Verhältnisse h / d < 2 ebenfalls von diesen $c_{pe,1}$ -Werten ausgegangen.

Die Windsogkräfte ergeben sich nun wie in Tab. A2.1-6 aufgeführt. Für andere Höhen-Längen-Verhältnisse ist ggf. ein genauerer Nachweis erforderlich.

Vergleicht man diese Windsogkräfte mit den „alten“ Windlasten so stellt man für die „Fassadenrandbereiche“ fest, dass höhere Windlasten im wesentlichen in den Küstenbereichen der Windzonen 3 und 4 auftreten, die Windlasten der Windzonen 1 und 2 (Binnenland) sind niedriger als bislang.

Die Einteilung der Wandflächen in die Bereiche „A“, „B“ und „C“ in Abhängigkeit von den Abmessungen h, b und d erfolgt in gleicher Weise wie beim Standard-Verfahren, siehe Abb. A2.1-2.

Hinweis: Die Höhenangaben in Tab. A2.1-6 sind nicht als Höhenbereiche sondern als Gebäudehöhe zu verstehen. Bei höheren Gebäuden sind somit von unten an höhere Windlasten zugrunde zu legen.

Tab. A2.1-6: Windsogkräfte gemäß dem vereinfachten Verfahren nach DIN EN 1991-1-4 für Bauwerke bis zur Höhe 25 m und für Höhen-Längen-Verhältnisse h / d \leq 2

Verhältnis h / d \leq 2		Windsogkräfte (w_s) in [kN/m ²] für die verschiedenen Fassadenbereiche und Gebäudehöhen h:								
		Bauwerkshöhe: h \leq 10m			h \leq 18m			h \leq 25m		
Fassadenbereich:		A	B	C+E	A	B	C+E	A	B	C+E
WZ 1	Binnenland	0,738	0,550	0,275	0,959	0,715	0,358	1,106	0,825	0,413
WZ 2	Binnenland	0,959	0,715	0,358	1,180	0,880	0,440	1,328	0,990	0,495
	Küste und Inseln der Ostsee	1,254	0,935	0,468	1,475	1,100	0,550	1,623	1,210	0,605
WZ 3	Binnenland	1,180	0,880	0,440	1,401	1,045	0,523	1,623	1,210	0,605
	Küste und Inseln der Ostsee	1,549	1,155	0,578	1,770	1,320	0,660	1,918	1,430	0,715
WZ 4	Binnenland	1,401	1,045	0,523	1,696	1,265	0,633	1,918	1,430	0,715
	Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	1,844	1,375	0,688	2,065	1,540	0,770	2,286	1,705	0,853
	Inseln der Nordsee	2,065	1,540	0,770						

A2.2 Zum Nachweis über die Aufnahme der Windsogkräfte nach aktuellen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen / allgemeinen Bauartgenehmigungen

A2.2-1 Grundsätzliches Nachweisformat

Gemäß den Grundlagen für die Erteilung der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der geklebten und gedübelten WDVS sind die Dübel für die Aufnahme der Windsoglasten auszuliegen. Die Standsicherheit eines WDVS gegen Windsoglast ist nachgewiesen, wenn der *Bemessungswert* der Beanspruchbarkeit R_d (unter Berücksichtigung der nationalen Sicherheitsbeiwerte) gleich oder größer ist als der *Bemessungswert* der Windsoglast S_d .

$$R_d \geq S_d \Leftrightarrow \frac{R_k}{\gamma_M} \geq S_k \cdot \gamma_L \quad \dots \text{(Gl. A2.2-1)}$$

Darin sind:

- R_k charakteristischer Wert der Beanspruchbarkeit (Widerstand des Systems).
- S_k charakteristischer Wert der Windsoglast (Windsoglasten nach DIN EN 1991-1-4 [1.1.6]).
- γ_M Teilsicherheitsbeiwert für die Materialeigenschaften (hier: Dämmstofffestigkeit bzw. Tragfähigkeit der Dämmstoffplatte mit den Dübeln bzw. bei Dübelung durch das Gewebe zusätzlich Gewebefestigkeit).
- γ_L Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen (Lasten, hier: Windsog).

Bei einem Sicherheitskonzept, das auf „globalen“ Sicherheitsfaktoren γ_{global} basiert, sind die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M (Teilsicherheitsbeiwert für die Materialeigenschaften) und γ_L (Teilsicherheitsbeiwert für die für die Einwirkungen) gemäß Gleichung (Gl. A2.2-2) zusammengefasst:

$$\gamma_{global} = \gamma_L \cdot \gamma_M \quad \dots \text{(Gl. A2.2-2)}$$

In den nationalen Zulassungsverfahren der Bundesrepublik Deutschland wurde bislang der Sicherheitsfaktor zu $\gamma_{\text{global}} = 3,0$ festgelegt.

A2.2.2 Systematisierung durch Lastklassendefinitionen

Für den Windsogwiderstand gem. ETAG 004 [1] Abs. 5.1.4.3 werden nach unserem Vorschlag **Klassen der zulässigen Lasten** eingeführt. In den Windsogversuchen werden die *charakteristischen Werte* des System-Windsogwiderstandes festgestellt. Mit Hilfe der festgelegten Sicherheitsbeiwerte können daraus die *zulässigen* Windsogwiderstände ermittelt werden. Als Basis der Lastklassendefinition wurden die zulässigen Werte gewählt, weil dies bei den Lastklassen der Dübel bisher so war und weiterhin so gehandhabt werden kann. Die „Systemlastklassen“ stimmen damit mit den „Dübellastklassen“ (= zulässige Werte für die Weiterleitung der Windlasten in den Untergrund) exakt überein.

Der Windsogwiderstand des WDVS wird in Schaumblockversuchen und/oder Durchziehversuchen festgestellt. Dabei wird – bei Dübelung von WDVS mit Dämmplatten und Dübelung unter dem Bewehrungsgewebe – gesondert die Tragfähigkeit des in der Plattenfuge gesetzten Dübels („Fugendübel“) untersucht. Dieser trägt etwas weniger als der in die Plattenfläche gesetzte. In der allgemeinen bauaufsichtlichen oder europäisch technischen Zulassung des WDVS können daher für den „Standard-Nachweis“ über die Aufnahme der Windlasten angegeben werden:

$N_{Rk,WDVS,Fläche}$	<i>charakteristischer Wert</i> Windsogwiderstand je Dübel, Dübel in Plattenfläche („Flächendübel“)
$N_{Rk,WDVS,Fuge}$	<i>charakteristischer Wert</i> Windsogwiderstand je Dübel, Dübel in Plattenfuge („Fugendübel“)
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert für den System-Windsogwiderstand

oder

zul $N_{R,WDVS,Fläche}$	<i>zulässiger Wert</i> des Windsogwiderstandes je Dübel, Dübel in Plattenfläche („Flächendübel“)
zul $N_{R,WDVS,Fuge}$	<i>zulässiger Wert</i> des Windsogwiderstandes je Dübel, Dübel in Plattenfuge („Fugendübel“)

In diese zulässigen Werte wären der Teilsicherheitsbeiwert für Windlasten in Höhe von $\gamma_L = 1,5$ und der Teilsicherheitsbeiwert für den System-Windsogwiderstand γ_M eingerechnet.

Bei der Dübelung durch das Bewehrungsgewebe ist diese Differenzierung bzgl. der Lage des Dübels (Plattenfläche bzw. -fuge) nicht möglich, da man das Dämmplattenraster nicht mehr erkennt.

In den europäischen technischen Zulassungen (ETA) werden die charakteristischen Werte angegeben, weil die Sicherheitsbeiwerte nicht europaweit einheitlich geregelt worden sind. Gemäß ETAG Nr. 014 [13] werden die charakteristischen Widerstände der Einzeldübel zu folgenden Klassen festgelegt:

$$N_{Rk,Dübel} = 0,3 / 0,4 / 0,5 / 0,6 / 0,75 / 0,9 / 1,2 / 1,5 \text{ kN}$$

In Abs. 7.1 der ETAG 014 [13] wird ausgeführt, dass der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 2,0$ zugrunde gelegt werden sollte, wenn nationale Regelungen nichts anderes festlegen. Bei einem Teilsicherheitsbeiwert für Windlasten in Höhe von $\gamma_L = 1,5$ ergibt sich damit der globale Sicherheitsfaktor zu $\gamma_{\text{global}} = 3,0$. Hiermit ergeben sich in Bezug auf die Verankerung der Dübel im Untergrund folgende Lastklassen:

$$\text{zul } N_{R,Dübel} = 0,100 / 0,133 / 0,167 / 0,200 / 0,250 / 0,300 / 0,400 / 0,500.$$

Diese zulässigen Lasten werden nun auch als Systemlastklassen berücksichtigt. Zusätzlich wird die Lastklasse 0,150 kN berücksichtigt, weil diese Last eine Lastklasse nach den älteren allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Dübel ist und somit auch als eine Lastklasse in den AbZ der WDVS aufgeführt ist.

Zukünftig sollte ausschließlich das Nachweisverfahren auf der Basis von Teilsicherheitsbeiwerten und Bemessungsverwerten der Einwirkungen und Widerstände zugrunde gelegt werden, weil bei Verwendung verschiedener Nachweisverfahren eine Verwechslungsgefahr besteht.

A2.2.3 Bestimmung der Dübelmengen nach dem Lastklassenmodell

Die nachfolgend beschriebene Nachweisart basiert auf unserem Vorschlag und wird in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zugrunde gelegt.

Zur Bestimmung der erforderlichen Dübelmenge zur Aufnahme und Abtragung der Windsogkräfte w_e sind abhängig von der Tragfähigkeit der Dübel im Untergrund (Dübellastklasse zu $N_{R,Dübel}$) oder im System (WDVS-Lastklasse zu $N_{R,WDVS}$) folgende Bedingungen zu erfüllen:

$$w_e \leq n \cdot \text{zul } N_{R,Dübel} \quad \dots \text{ (Gl. A2.2-3)}$$

und

$$w_e \leq n \cdot \text{zul } N_{R,WDVS} \quad \dots \text{ (Gl. A2.2-4)}$$

mit n: Dübelanzahl pro m².

In den neueren nationalen bauaufsichtlichen WDVS-Zulassungen werden den Systemen WDVS-Lastklassen zu $N_{R,WDVS}$ abhängig von der Art der Dübelung (unter oder durch das Gewebe), der Dämmstoffart, ggf. von der Dämmstoffdicke und vom Dübeltellerdurchmesser zugeordnet.

A2.2.4 Bestimmung der Dübelmengen mit Hilfe der Tragfähigkeitstabelle

Die System- und die Dämmstoff-Zulassungen [1, 2] regeln den Nachweis über die Aufnahme der Windsoglasten alternativ zum Lastklassenkonzept auch mit Tragfähigkeitstabellen.

A2.3 Zur rechnerischen Ermittlung der Verformungen eines WDVS in der Lastfallkombination Eigengewicht und „Hygrothermische Einwirkungen“, Spannungen in der Bekleidung

A2.3.1 Grundlagen

Die Verformung des Systems wird gemäß [2.1] näherungsweise am Modell des elastisch gebetteten Scheibenstreifens berechnet. Anschließend werden die Verformungen näherungsweise in x- und y-Richtung vektoriell addiert. Dieser Ansatz wurde in der Dissertationsschrift Oberhaus [2.2] vorgeschlagen und in vielen Zulassungsverfahren zugrunde gelegt.

In dem Berechnungsmodell wird die Dämmschicht als schubsteife Zwischenschicht, das Bekleidungs-system als „dünne“ dehnsteife Deckschicht berücksichtigt. Der Untergrund wird als starr angenommen. Die „Deckschicht“ oder das „Bekleidungs-system“ kann ein Putzsystem sein, das als eine Schicht erfasst werden kann, oder eine mehrschichtige Bekleidung aus Riemchen / Platten, Verlegemörtel und einem bewehrten Unterputz. Als Belastung wird die „unbehinderte Dehnung“ ε_p° der Mörtelschichten zusammen mit der (keramischen o.ä.) Bekleidung aus hygrothermischen Einwirkungen eingeführt. Nachfolgend sind die Formeln für die Verformung eines Wandstreifens in allgemeiner Form zusammengestellt.

Es wird im Rahmen dieser gutachtlichen Stellungnahme ein Bekleidungs-system aus 2 Schichten berücksichtigt: Schicht 1 = Mörtelschicht, Schicht 2 = Bekleidung inkl. ausgemörtelter Fugen. Für WDVS mit Putz- und keramischer oder ähnlicher Bekleidung werden folgende Lastfälle berücksichtigt:

LF 1: Erstswinden des Mörtels / der Mörtel.

LF 2: Temperaturschwankungen (in der gesamten Bekleidung konstant).

LF 3: Eigenlast: Vertikale Verschiebung u_y nach unten.

Quellen und Schwinden der Bekleidung aus Feuchteschwankungen wird nicht als gesonderter Lastfall sondern ggf. in Form einer vergrößerten Temperaturdehnung angesetzt. Bei einem System mit keramischer o. ä. Bekleidung werden die Unterputzschicht und der Verlegemörtel rechnerisch als eine Schicht betrachtet. Dies ist genügend genau, da das Systemverhalten im Wesentlichen durch die (keramische o.ä.) Bekleidung bestimmt wird.

A2.3.2 Schwindverkürzung des Unterputzes (Lastfall 1)

Materialkennwerte:

$\varepsilon_{S,\infty}$	Schwindmaß der Mörtelschicht
E_p	Elastizitätsmodul der Mörtelschicht
$E_{p,\infty}$	wirksamer E-Modul der Mörtelschicht im Lastfall Erstswinden
d_p	Schichtdicke der Mörtelschicht
c	Bettungssteifigkeit des WDVS (vertikal und horizontal ggf. unterschiedlich)
l_x	halbe Fassadenlänge
l_y	halbe Fassadenhöhe

Vorwerte:

Wirksame Dehnsteifigkeit $D_{p,\infty}$ der Mörtelschicht:

$$D_{p,\infty} = E_{p,\infty} \cdot d_p \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-1)}$$

- [2.1] Schäfer, H. G.: Zum Standsicherheitsnachweis von Wärmedämm-Verbundsystemen mit Klebung und Verdübelung. *Bauphysik* 12 (1990), H. 4, S. 97 - 103.
- [2.2] Oberhaus, H.: Zur Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit mineralischer Wärmedämm-Verbundsysteme. Dissertation Dortmund 1993/94. Forschungsbericht aus dem Fachgebiet Betonbau, Universität Dortmund, Heft Nr. 17, August 1994. Verlag Förderkreis Dortmunder Modell Bauwesen e.V., Prof. Dr.-Ing. H. G. Schäfer.
- [2.3] Reinhardt, H.-W.: Spannungen und Verformungen mehrschichtiger Außenwände zufolge Temperaturänderungen. *Betonwerk und Fertigteil-Technik* 39 (1973), S. 265 - 269.

Wirksames Schubsteife-Dehnsteife-Verhältnis k_{eff} (vertikal und horizontal ggf. unterschiedlich):

$$k_{\text{eff}} = \sqrt{c/D_{p,\infty}} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-2)}$$

Fassadenrandverschiebung $u_{r,x}$ (horizontale Randverschiebung am vertikalen Rand, für die Bestimmung der vertikalen Verschiebung $u_{r,y}$ am horizontalen Rand ist l_y einzusetzen):

$$u_{r,x,s} = \varepsilon_{S,\infty} \cdot \sqrt{\frac{D_{p,\infty}}{c}} \cdot \frac{\sinh(k_{\text{eff}} \cdot l_x)}{\cosh(k_{\text{eff}} \cdot l_x)} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-3)}$$

A2.3.3 Temperaturschwankungen J in Mörtel u. Bekleidung (Lastfall 2)

Die Bekleidung wird rechnerisch durch 2 Schichten erfasst (beim WDVS mit Putzsystem: Schicht 1 = Unterputz, Schicht 2 = Oberputz, Beim WDVS mit Bekleidung: Schicht 1: Mörtelschichten, Schicht 2: keramische o.ä. Bekleidung), unter Zuhilfenahme der Ausführungen von Reinhardt [2.3] ergibt sich das folgende Formelwerk:

Materialkennwerte:

D_{vs}	Dehnsteifigkeit der Verbundbekleidung (Mörtelschicht + Bekleidung)
$D_{vs,\infty}$	wirksame Dehnsteifigkeit der Verbundbekleidung (Mörtelschicht + Bekleidung)
$\alpha_{T,1}$	Wärmedehnzahl der Schicht 1 (Mörtelschicht)
$\alpha_{T,2}$	Wärmedehnzahl der Schicht 2 (Bekleidung)
E_1	Elastizitätsmodul der Schicht 1
$E_{1,\infty}$	wirksamer E-Modul der Schicht 1
E_2	Elastizitätsmodul der Schicht 2 (vertikal und horizontal ggf. unterschiedlich)
$E_{2,\infty}$	wirksamer E-Modul der Schicht 2
d_1	Schichtdicke der Schicht 1
d_2	Schichtdicke der Schicht 2
c	Bettungssteifigkeit des WDVS (vertikal und horizontal ggf. unterschiedlich)
l_x	halbe Fassadenlänge
l_y	halbe Fassadenhöhe

Vorwerte:

$$D_{vs,\infty} = E_{1,\infty} \cdot d_1 + E_{2,\infty} \cdot d_2 \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-4)}$$

$$n_{1,\infty} = E_{1,\infty} / E_{1,\infty} = 1 \quad n_{2,\infty} = E_{2,\infty} / E_{1,\infty} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-5)}$$

$$A_{i,\infty} = n_{1,\infty} \cdot d_1 + n_{2,\infty} \cdot d_2 \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-5)}$$

$$k = \sqrt{c/D_{vs,\infty}}$$

Effektive Wärmedehnzahl der Verbundbekleidung:

$$\alpha_{T,vs} = \frac{\alpha_{T,1} \cdot E_1 \cdot d_1 + \alpha_{T,2} \cdot E_2 \cdot d_2}{E_1 \cdot d_1 + E_2 \cdot d_2} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-6)}$$

Fassadenrandverschiebung $u_{r,x}$ (horizontale Randverschiebung am vertikalen Rand, für die Bestimmung der vertikalen Verschiebung $u_{r,y}$ am horizontalen Rand ist l_y einzusetzen):

$$\max u_{r,x,\vartheta} = \alpha_{T,vs} \cdot \vartheta \cdot \sqrt{\frac{D_{vs}}{c}} \cdot \frac{\sinh(k \cdot l_x)}{\cosh(k \cdot l_x)} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-7)}$$

A2.3.4 Verformung des Verbundsystems aus Eigengewicht (Lastfall 3)

Die vertikale Verschiebung des Systems in der Ebene der Bekleidung beträgt

$$u_g = g / c_y \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-8)}$$

A2.3.5 Zusammenstellung der Verschiebungen

Die Verschiebungen an Fassadenfeldecken u_{Ecke} ergeben sich näherungsweise aus der vektoriellen Addition der vertikalen und horizontalen Verschiebungen der Ränder gemäß nachstehender Abb. A2.3-1 und können genügend genau angenommen werden zu:

$$u_{Ecke} = \sqrt{u_{r,x}^2 + u_{r,y}^2} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-9)}$$

Darin sind:

$$u_{r,x} = u_{r,x,S} + u_{r,x,\vartheta} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-10)}$$

$$u_{r,y} = u_{r,y,S} + u_{r,y,\vartheta} + u_g \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-11)}$$

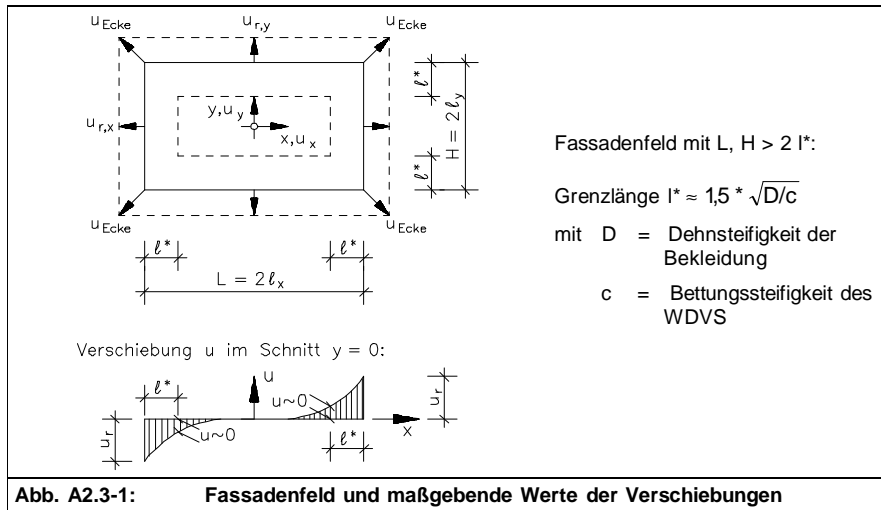


Abb. A2.3-1: Fassadenfeld und maßgebende Werte der Verschiebungen

A2.3.6 Zwängungskraft in Scheibenebene

Im Mittelbereich der Fassadenflächen entstehen Zwängungsspannungen in der Bekleidung (beim WDVS mit Putzsystem: Unterputz + Oberputz, Beim WDVS mit Bekleidung: Mörtelschichten und Bekleidung), die – ausgedrückt als Zugkraft (Produkt aus Spannung und Querschnittsfläche) – bei der Lastfallkombination Temperaturabsenkung und Mörtelschwinden maximal die Risszugkraft erreicht.

Die resultierende Dehnung ϵ_p des Putzsystems beim putzbekleideten WDVS ergibt sich gemäß Schäfer [2.1] für die Ermittlung der Verformungen zu:

$$\epsilon_p^o = \frac{\epsilon_{s,\infty}}{3} + \alpha_T \cdot \vartheta \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-12)}$$

Spannungen und Verformungen des WDVS aus dem Erstschrinden der Mörtel werden durch Relaxationseffekte erheblich abgebaut. Dies kann durch eine rechnerisch verminderte Putzsteifigkeit im Lastfall Schrinden berücksichtigt werden. Der vorstehende Ansatz für ϵ_p beinhaltet die effektive Steifigkeit des Putzes von:

$$D_{p,\infty} = (E_{p,0} \cdot d_p) / 9 \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-13)}$$

Der Temperaturlastfall (Temperaturschwankungen) kann gerechnet werden

mit ϑ = Temperaturschwankungen gegenüber der Aufstelltemperatur $T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, z. B.:

- $\vartheta = +50 \text{ K}$ bzw. -30 K für ein helles Putzsystem oder eine helle Bekleidung inkl. Mörtelschicht
- $\vartheta = +60 \text{ K}$ bzw. -30 K für ein dunkles Putzsystem oder eine dunkle Bekleidung inkl. Mörtelschicht
- $\vartheta = +60 \text{ K}$ bzw. -30 K für Glas-Bekleidung inkl. Mörtelschicht
- $\vartheta = +70 \text{ K}$ bzw. -40 K für eine Natursteinbekleidung inkl. der hygrischen Verformung

In Erweiterung zu diesem Ansatz kann auch im Lastfall Temperaturschwankungen für Putzschichten mit einem Relaxationseinfluss gerechnet werden, denn Bauteilversuche zum Verformungsverhalten des WDVS haben gezeigt, dass Temperaturverformungen überlagert werden durch hygrisch bedingte Verformungen und auch diese Verformungsanteile zeitabhängig sind. Rechnerisch erfasst werden kann dies ebenfalls durch einen verminderten E-Modul des Putzes / der Putze im Lastfall Temperaturschwankungen, vgl. Ausführungen in der gutachtlichen Stellungnahme selbst.

Die Zwängungsnormalkraft beträgt gem. Dissertationsschrift Oberhaus [2.2] für die Lastfälle 1 + 2:

$$N_{P,S}(x) = -\epsilon_{s,\infty} \cdot D_{P,\infty} \cdot b \cdot \left(1 - \frac{\cosh(k_{x,eff} \cdot x)}{\cosh(k_{x,eff} \cdot l_x)} \right) \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-14)}$$

$$N_{VS,\vartheta}(x) = -\epsilon_{\vartheta} \cdot D_{VS} \cdot b \cdot \left(1 - \frac{\cosh(k_x \cdot x)}{\cosh(k_x \cdot l_x)} \right) \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-15)}$$

Darin sind die vorstehend aufgeführten Materialkennwerte eingeführt worden; für die y-Richtung ist sinngemäß vorzugehen. Die Zwängungskraft ist (betragsmäßig) in der Mitte eines Fassadenfeldes ($x = 0 / y = 0$) am größten und nimmt zum Rand des Feldes ab. Bei den vorstehenden und nachfolgend aufgeführten Ansätzen wird die Querkontraktion des Putzsystem (bzw. der Bekleidung) näherungsweise zu Null gesetzt.

Die resultierende Zwängungsnormalkraft ergibt sich näherungsweise zu:

$$N(x) = N_{P,S}(x) + N_{VS,\vartheta}(x) \quad \text{bzw.} \quad N(y) = N_{P,S}(y) + N_{VS,\vartheta}(y) \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-16)}$$

Die größte Zwängungszugkraft $\max N$ wird durch die Rissdehnung der Bekleidung begrenzt.

Es ergibt sich $\max/\min N$ zu:

$$\max/\min N = -(\epsilon_{s,\infty} \cdot E_{P,\infty} \cdot d_p + \epsilon_{\vartheta} \cdot D_{VS,\vartheta}) \cdot b \quad \text{bzw.} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-17)}$$

$$\max N = (\epsilon_R \cdot D_{VS}) \cdot b \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-18)}$$

Die größte Druckkraft und die größten Ausdehnungen des Systems ergeben sich bei Temperaturerhöhung; möglicherweise vorhandene Risse schließen sich, der rechnerische Ansatz des linearen Werkstoffverhaltens beschreibt das System für diese Einwirkung realistisch. Die größte Zugkraft und die größten Verkürzungen des Systems ergeben sich aus Putzschrinden und Temperaturabsenkung. Wird die Zugfestigkeit des Systems oder einer einzelnen Schicht erreicht (es ist beispielsweise davon auszugehen, dass Fugenmörtel eines WDVS mit keramischer o.ä. Bekleidung eine deutlich kleinere Zugfestigkeit – insbesondere bei der Haftung an den Flanken der Bekleidung – aufweist als der Unterputz), so entstehen Risse (z. B. Fugenflankenabrisse) und die Berechnung mit Ansatz des linearen Werkstoffverhaltens beschreibt das System für diese Einwirkung unrealistisch. Die größte Zugkraft wird also durch die Rissdehnung / Zugfestigkeit begrenzt.

A2.3.7 Formelwerk für die detailliertere Betrachtung des 2-Schichtensystems im Lastfall Erstschrinden und Quellen / Schrinden der Einzelschichten

Nachstehend erfolgt die ergänzende Behandlung eines zweischichtiges Putzsystem, bei dem die Schichten zu sehr verschiedenen Zeiten hergestellt werden. Es kann sich hierbei um ein Dickschicht-Putzsystem aus Unterputz und Oberputz oder um ein Bekleidungssystem aus 2 Putzschichten (Schicht 1 = 1. Putzsystem, Schicht 2 = 2. Putzsystem) handeln. Der letztere Fall entsteht dann, wenn man ein WDVS mit einer Putzsystemaufdoppelung ertüchtigt.

LF 1a: Schwindverkürzung des Unterputzes / des ersten Putzsystems

Materialkennwerte:

- $\epsilon_{S,\infty}$ Schwindmaß des Unterputzes / des Putzsystems
- E_P Elastizitätsmodul des Unterputzes bzw. des Putzsystems (ggf. gewichteter Mittelwert aus den E-Moduln beider Putzschichten)
- $E_{P,\infty}$ wirksamer E-Modul des Unterputzes bzw. des Putzsystems im Lastfall Erstschrinden („grüner“ Putz)
- d_P Schichtdicke des Unterputzes / des Putzsystems
- c Bettungssteifigkeit des WDVS (c_x, c_y ggf. unterschiedlich)
- l_x halbe Fassadenlänge
- l_y halbe Fassadenhöhe

Vorwerte:

Wirksame Dehnsteifigkeit $D_{P,\infty}$ des Putzsystems:

$$D_{P,\infty} = E_{P,\infty} \cdot d_P \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-19)}$$

Wirksames Schubsteife-Dehnsteife-Verhältnis k_{eff} (vertikal und horizontal ggf. unterschiedlich):

$$k_{\text{eff}} = \sqrt{c/D_{P,\infty}} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-20)}$$

Fassadenrandverschiebung $u_{r,x}$ (horizontale Randverschiebung am vertikalen Rand, für die Bestimmung der vertikalen Verschiebung $u_{r,y}$ am horizontalen Rand ist l_y einzusetzen):

$$u_{r,x,s} = \epsilon_{S,\infty} \cdot \sqrt{\frac{D_{P,\infty}}{c}} \cdot \frac{\sinh(k_{\text{eff}} \cdot l_x)}{\cosh(k_{\text{eff}} \cdot l_x)} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-21)}$$

LF 1b: Schwindverkürzung des Oberputzes / des zweiten Putzsystems

Materialkennwerte für 2-schichtiges System (schwindender Putz auf vorhandenem Putz):

- $\epsilon_{S,\infty}$ Schwindmaß des Oberputzes / des zweiten Putzsystems
- E_1 Elastizitätsmodul des Unterputzes / des ersten Putzsystems (Schicht 1)
- E_2 Elastizitätsmodul des Oberputzes / des zweiten Putzsystems (Schicht 2)
- $E_{2,\text{eff}}$ wirksamer E-Modul des Oberputzes / des zweiten Putzsystems im LF Erstschrinden
- d_1 effektive Dicke des Unterputzes / des ersten Putzsystems (Schicht 1)
- d_2 effektive Dicke des Oberputzes / des zweiten Putzsystems (Schicht 2)
- c Bettungssteifigkeit des WDVS [N/mm^3] (c_x, c_y ggf. unterschiedlich)
- l_x halbe Fassadenlänge
- l_y halbe Fassadenhöhe

Vorwerte:

$$D_{\text{eff}} = E_1 \cdot d_1 + E_{2,\text{eff}} \cdot d_2 = E_1 \cdot A_{i,\text{eff}}$$

$$n_1 = E_1 / E_1 = 1 \quad n_2 = E_{2,\text{eff}} / E_1$$

$$A_{i,\text{eff}} = n_1 \cdot d_1 + n_2 \cdot d_2$$

$$\epsilon_{m,S,\infty} = \frac{n_2 \cdot \epsilon_{S,\infty} \cdot d_2}{A_{i,\text{eff}}} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-22)}$$

$$k = \sqrt{c/D_{\text{eff}}}$$

Fassadenrandverschiebung $u_{r,x}$ (horizontale Randverschiebung am vertikalen Rand, für die Bestimmung der vertikalen Randverschiebung $u_{r,y}$ am horizontalen Rand ist l_y einzusetzen):

$$u_{S,\text{Putz}} = \epsilon_{m,S,\infty} \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{eff}}}{c}} \cdot \frac{\sinh(k \cdot l_x)}{\cosh(k \cdot l_x)} = u_{r,x} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-23)}$$

LF 2: Schwinden und Quellen der einzelnen Schichten

Materialkennwerte für 2-schichtiges System:

- ϵ_{H1} Quellen, Schwinden der Schicht 1
- ϵ_{H2} Quellen, Schwinden der Schicht 2
- E_1 Elastizitätsmodul der Schicht 1 (ggf. mittlerer gewichteter E-Modul des ersten Putzsystems)
- $E_{1,\text{eff}}$ für den jeweiligen Lastfall wirksamer E-Modul der Schicht 1
- E_2 Elastizitätsmodul der Schicht 2 (ggf. mittlerer gewichteter E-Modul des zweiten Putzsystems)
- $E_{2,\text{eff}}$ für den jeweiligen Lastfall wirksamer E-Modul der Schicht 2
- d_1 effektive Dicke des Unterputzes / des ersten Putzsystems (Schicht 1)
- d_2 effektive Dicke des Oberputzes / des zweiten Putzsystems (Schicht 2)
- c Bettungssteifigkeit des WDVS [N/mm^3] (c_x, c_y ggf. unterschiedlich)
- l_x halbe Fassadenlänge
- l_y halbe Fassadenhöhe

Vorwerte:

$$D_{\text{eff}} = E_{1,\text{eff}} \cdot d_1 + E_{2,\text{eff}} \cdot d_2 = E_{1,\text{eff}} \cdot A_{i,\text{eff}} \text{ (Dehnsteifigkeit der ges. Bekleidung)}$$

$$n_1 = E_{1,\text{eff}} / E_{1,\text{eff}} = 1$$

$$n_2 = E_{2,\text{eff}} / E_{1,\text{eff}}$$

$$A_{i,\text{eff}} = n_1 \cdot d_1 + n_2 \cdot d_2 \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-24)}$$

$$k = \sqrt{c/D_{\text{eff}}}$$

Effektives Quell-/Schwindmaß $\epsilon_{H,m}$ durch Quellen / Schwinden ϵ_{H1} der Schicht 1

$$\epsilon_{H,m} = \frac{n_1 \cdot \epsilon_{H1} \cdot d_1}{A_{i,\text{eff}}} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-25)}$$

Effektives Quell-/Schwindmaß $\epsilon_{H,m}$ durch Quellen / Schwinden ϵ_{H2} der Schicht 2

$$\epsilon_{H,m} = \frac{n_2 \cdot \epsilon_{H2} \cdot d_2}{A_{i,\text{eff}}} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-26)}$$

Fassadenrandverschiebung $u_{r,x}$ (horizontale Randverschiebung am vertikalen Rand, für die Bestimmung der vertikalen Randverschiebung $u_{r,y}$ am horizontalen Rand ist l_y einzusetzen):

$$u_H = \epsilon_{H,m} \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{eff}}}{c}} \cdot \frac{\sinh(k \cdot l_x)}{\cosh(k \cdot l_x)} = u_{r,x} \quad \dots \text{ (Gl. A2.3-27)}$$

Die Verschiebungen aus Temperatur und Eigenlast ergeben sich wie obenstehend behandelt.

Die Verschiebungen an Fassadenfeldecken u_{Ecke} ergeben sich unter Berücksichtigung dieser Ansätze sinngemäß wie obenstehend behandelt.

Die Zwängungskräfte in Scheibenebene ergeben sich unter Berücksichtigung dieser Ansätze sinngemäß wie obenstehend behandelt.

A2.4 Grundlagen der Beurteilung der Standsicherheit des WDVS – Systemtypen (I) und (II) – WDVS tragfähig geklebt

A2.4.0 Fachlicher Hintergrund dieses Abschnittes

Im Folgenden werden Grundlagen zum statischen Nachweis und vorangegangener experimenteller Untersuchungen behandelt. Damit wird eine Nachweisstruktur vorgeschlagen, die angegebenen Sicherheitsbeiwerte sind beispielhaft zu verstehen.

Es wird hier der Begriff "Putzträger" eingeführt, hiermit ist eine Oberflächenschicht des Dämmstoffes gemeint, der Dämmstoff kann für diese Funktion eine Verdichtung und/oder Oberflächenbehandlung / -beschichtung bekommen.

A2.4.1 Haftzugfestigkeiten des geklebten Systems im Verbund

A2.4.1.1 Versagensarten bzw. -ebenen und zu berücksichtigende Einflüsse

Im Folgenden werden die Anforderungen vorgeschlagen, die für ein "geklebtes" System in Abhängigkeit von den Versagensarten und den dabei jeweils zu berücksichtigenden Einflüssen gestellt werden sollten. Ein diesbezüglich typisches Fassadensystem ist das Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS), bei dem der Putzträger die Dämmstoffschicht ist.

Die Standsicherheit eines geklebten Systems im Lastfall Windsog wird durch die „Haftzugfestigkeit σ_{HZ} des Systems im Verbund“ beschrieben. Das System kann in verschiedenen Ebenen und durch verschiedene Mechanismen versagen. Diese sind:

- Kohäsionsversagen im Putzsystem
- Adhäsionsversagen Unterputz-Dämmstoff bzw. Unterputz-Putzträger
- Kohäsionsversagen im Dämmstoff bzw. Putzträger
- Adhäsionsversagen Dämmstoff-Kleber bzw. Putzträger-Kleber
- Kohäsionsversagen im Kleber
- Adhäsionsversagen Kleber-Untergrund
- Kohäsionsversagen im Untergrund

Bei der Bewertung der Versagensart bzw. Versagensebene muss beachtet werden, dass für die verschiedenen Versagensebenen unterschiedlich ausgeprägte Einflüsse gelten: Der Gesamt-Sicherheits-„Faktor“ setzt sich wie folgt zusammen:

$$g_{\text{global}} = g_L \times g_{M,oo} = g_L \times g_{M,St} \times g_{M,DI} \times g_{M,Te} \times g_{M,Du} \times g_{M,Fe} \times g_{M,AI} \quad \dots \text{ (Gl. A2.4.1-1)}$$

Darin sind:

- γ_L Teilsicherheitsbeiwert für Last, hier: $\gamma_L = 1,5$ für Lastfall Wind
- $\gamma_{M,St}$ Einfluss der **Streuung** der Festigkeiten (Variationskoeffizient der Versuchsergebnisse),
- $\gamma_{M,DI}$ Einfluss einer **Dauerlast**-Einwirkung auf die Festigkeit,
- $\gamma_{M,Te}$ Einfluss der **Temperatur** auf die Festigkeit (z.B. Temperaturschwankung im äußeren Bereich des Fassadensystems),
- $\gamma_{M,Du}$ Berücksichtigung der **Duktilität** der Last-Verformungs-Charakteristik des Systems im Haftzugversuch, somit Zähigkeit - Sprödigkeit des Systems,
- $\gamma_{M,Fe}$ Berücksichtigung der **Fehlerempfindlichkeit** des Systems oder der Systemkomponente, Einfluss einer Einbauungenauigkeit auf die Tragfähigkeit,
- $\gamma_{M,AI}$ Berücksichtigung der **Alterung** / Medieneinfluss (Widerstand nach Lagerung unter Wasser oder nach Konditionierung des Systems).

Im Folgenden werden die einzelnen Einflüsse näher betrachtet.

A2.4.1.2 Berücksichtigung der Streuung der Versuchsergebnisse ($g_{M,St}$)

Mithilfe der experimentell ermittelten Systemeigenschaften und der zugrunde zu legenden Sicherheitstheorie kann der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{M,St}$ gemäß EN 1990 bestimmt werden. Es wird dem Vorschlag aus [15] gefolgt (Document CEN/TC88/WG18 N 681 Safety Factor for Pull-Through Resistance under Wind Load, 2015-05-19 (Schreiben der fobatec GmbH vom 13.05.2015), vgl. Abb. A2.4.1-1.

Um das Sicherheitskonzept strukturell einfach zu halten, kann statt der jeweiligen diesbezüglichen Auswertung von Versuchsserien eine pauschale Festlegung sinnvoll sein: Der Haftverbund bei derartigen Systemaufbauten, der durch die Streuung der Festigkeit der Systemkomponenten und durch die handwerkliche Ausführung beeinflusst wird, bringt erfahrungsgemäß Variationskoeffizienten bis 15 % mit.

Mit dem Ansatz $\gamma_{M,St} = 1,25$ erfasst man diesbezüglich eine große Streuung (Variationskoeffizient 16 % bei Probenanzahl $n = 5$) und bräuchte dann nicht mehr jede einzelne Versuchsserie zu bewerten.

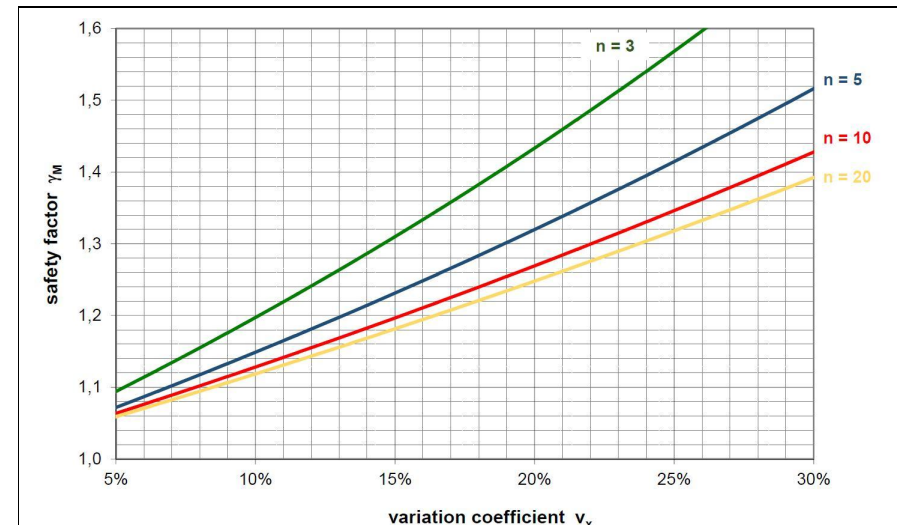


Figure 1 Correlation between the variation coefficient of a sample with 3, 5, 10, or 20 measurements and the product safety factor on the basis of the logarithmic normal distribution, a reliability index $\beta = 3,3$ and a confidence level of 75 %

Abb. A2.4.1-1: Figure 1 aus [15].

A2.4.1.3 Berücksichtigung des Einflusses einer Dauerlasteinwirkung auf die Festigkeit ($g_{M,DI}$)

Die Eigenlast ist als einzige Einwirkung als Dauerlast anzusehen. Hygrothermische Einwirkungen können jedoch auch über einen größeren Zeitraum auftreten und sind zusätzlich durch ihre „dynamische“ Wiederkehr relevant.

An dieser Stelle wird darauf verzichtet, einen Teilsicherheitsbeiwert hierfür zu berücksichtigen, weil die Dauerlast infolge Eigengewicht einen sehr kleinen Anteil an der Gesamtbelastung hat (i.a. < 10 %). Die Eigenlast liegt bei derartigen Systemaufbauten erfahrungsgemäß in der Größenordnung 2 bis 10 % der Schubtragfähigkeit und braucht dann nicht als "schädigende" Dauerlast berücksichtigt zu werden.

A2.4.1.4 Berücksichtigung des Temperatureinflusses (z. B. Temperaturschwankung im äußeren Bereich des Fassadensystems) ($\gamma_{M,Te}$)

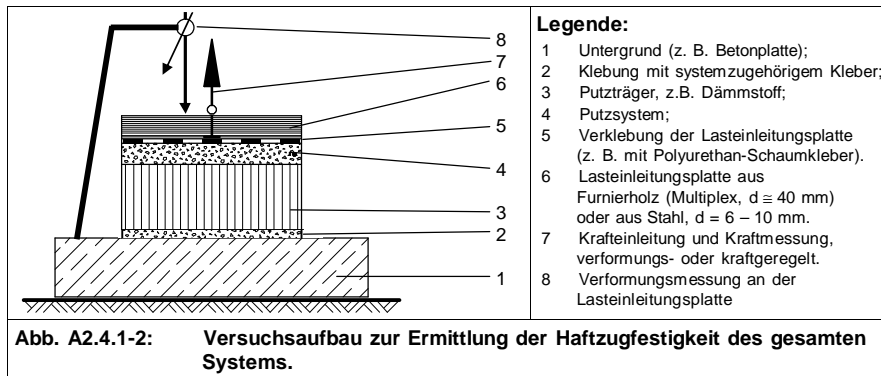
Temperaturschwankungen treten im äußeren Bereich des Fassadensystems auf. Ein negativer Einfluss auf die Haftzugfestigkeit ist nicht bekannt, sofern man im Temperaturbereich bleibt, der den Putzsystemträger nicht schädigt.

Gesondert erfasst wird die Alterung, siehe Abs. A2.4.1.7.

A2.4.1.5 Berücksichtigung der Duktilität des Last-Verformungs-Verhaltens ($\gamma_{M,Du}$)

Vergleichsweise steife Systemaufbauten haben den Nachteil, dass Kräftekonzentrationen auftreten können und ein solcher Aufbau Zwängungseinwirkungen weniger abbauen bzw. verteilen kann. Steife bzw. spröde Systemaufbauten sollten daher mit einem erhöhten Sicherheitsfaktor beurteilt werden. Hierzu wird vorgeschlagen, einen diesbezüglichen Teilsicherheitsbeiwert einzuführen.

Von Relevanz ist das Verformungsverhalten des gesamten Systemaufbaus. Hierzu kann man einen Ansatz für das gesamte System wählen. Voraussetzung hierfür ist, dass ein Haftzugversuch am gesamten Systemaufbau mit Messung der Verschiebung des Putzsystems gegenüber dem Untergrund (z.B. gemäß Abb. A2.4.1-2) durchgeführt wird.



Ein qualitativer Ansatz ist, die Verformung u bei Erreichen der Tragfähigkeit (Haftzugfestigkeit) im Versuch am gesamten System gemäß Abb. A2.4.1-2 zur Festlegung der Duktilität heranzuziehen.

Als quantitativer Ansatz ist eine Stufeneinteilung sinnvoll, wobei wir eine 4-stufige Teilung für hinreichend halten. Diese schlagen wir wie folgt vor:

1. sehr geringe Duktilität: Verformung u : $0,0 \leq u < 0,5$ mm $\gamma_{M,Du} = 1,3$

2. geringe Duktilität: Verformung u : $0,5 \leq u < 1,0$ mm $\gamma_{M,Du} = 1,2$
3. mittlere Duktilität: Verformung u : $1,0 \leq u < 1,5$ mm $\gamma_{M,Du} = 1,1$
4. hohe Duktilität: Verformung u : $u \geq 1,5$ mm $\gamma_{M,Du} = 1,0$

Dieser Ansatz wäre auch im hier vorliegenden Fall verwendbar.

A2.4.1.6 Berücksichtigung des Einflusses der Fehlerempfindlichkeit des Systems ($\gamma_{M,Fe}$) bzw. einer Einbauungenauigkeit auf die Tragfähigkeit

ETAG 001, Part 1 [12] beschreibt diesbezüglich 3 Stufen, wie die nachfolgend gezeigte Tabelle (Table 6.1 aus ETAG 001, Part 1 [12]) zeigt.

Die Teilsicherheitsbeiwerte stehen für folgende Abstufung:

- Teilsicherheitsbeiwert 1,0 für „hohe“ Montagesicherheit
- Teilsicherheitsbeiwert 1,2 für „normale“ Montagesicherheit
- Teilsicherheitsbeiwert 1,4 für „geringe“ Montagesicherheit

Table 6.1 Values of req. α in the installation safety tests

Partial safety factor γ_2	req. α for tests according to Tables 5.1 or 5.2, respectively	
	line 1	line 2
1.0	≥ 0.95	≥ 0.85
1.2	≥ 0.8	≥ 0.7
1.4	≥ 0.7	≥ 0.6

Im hier vorliegenden Fall ist dies für verschiedene Arbeitsgänge bei der Systemherstellung differenziert zu betrachten: Bei der Verarbeitung des Putzsystems ist die „normale“ Montagesicherheit anzunehmen, weil Fehler beim Mörtelauftrag sofort „sichtbar“ sind (aufgetragener Mörtel fällt direkt wieder herunter).

Beim Ausführen der Verklebung der Dämmplatte werden erfahrungsgemäß deutlich größere Fehler gemacht, denn die Klebung ist einer direkten Kontrolle entzogen. Es sollte nach unserer Auffassung angenommen werden, dass ungünstigst die Anforderungen nur zur Hälfte umgesetzt werden (z. B. nur halber Klebeflächenanteil gegenüber der Anforderung erreicht wird).

Der Einfluss der Baustellenimperfectionen sollte daher in Bezug auf die Ausführung der Verklebung des Dämmstoffes mit dem Materialsicherheitsbeiwert $\gamma_{M,Fe} = 2,0$ berücksichtigt werden.

A2.4.1.7 Berücksichtigung einer Alterung und des Medien-Einflusses ($\gamma_{M,AI}$)

Mit $\gamma_{M,AI}$ Alterung / Medieneinfluss (Widerstand nach Lagerung unter Wasser oder nach Konditionierung des Systems)

wird erfasst, dass die Festigkeit im feuchten Zustand gegenüber dem Trockenzustand niedriger sein kann und dass durch wiederholte Feuchte- und Temperaturschwankungen sowie weitere Einflüsse ein veränderter (gealterter) Zustand entsteht.

Der Alterungseffekt wird bislang für die Dämmplatten eines WDVS als Ganzes untersucht und beurteilt. Es ist jedoch zu erwarten, dass der im Grundsatz alterungsempfindliche Dämmstoff auf der zur Wand liegenden Seite weniger ausgeprägt "altert", weil auf dieser Seite kaum Temperaturschwankungen auftreten.

Wenn beispielsweise Untersuchungen an der Prüfwand nach ETAG 004 [1] durchgeführt werden, kann man diesen Einfluss berücksichtigen, weil in der Alterungssimulation die Einwirkung nur von der Systemoberfläche erfolgt.

Wenn man ganze Proben des Fassadensystem – auf einen Probenträger aufgebracht – einer allseitigen Einwirkung von Feuchte und Temperatur (als Alterung) unterwirft, liegt das Ergebnis auf der sicheren Seite.

Im Zuge der Überarbeitung der ETAG 004 [1] zur derzeit geltenden Fassung hat man die Konditionierungs-Randbedingungen zur Beurteilung des lastabtragenden Dämmstoffes "verschärft": Es wurde festgestellt, dass die Feuchtkastenlagerung in 70°/95% für den Zeitraum 28 d eine für Mineralwolle-Dämmstoffe zu harte Prüfung darstellt, den praxisbewährte Systeme würden (gegenüber langjähriger Verwendung) deutlich verschärft beurteilt.

Der Zeitraum 7 d ist eine Option, welche vernünftig erscheint und bei der Diskussion zur Normung der Wärmedämm-Verbundsysteme vorgeschlagen wurde.

A2.4.1.8 Überlegungen zum Ergebnis für die Bewertung eines geklebten Systems

Bei der Versagensart „Adhäsionsversagen Putzträger-Kleber“ überlagern sich die Einflüsse „Alterungsverhalten“ und „Fehlerempfindlichkeit“ am stärksten, sodass für diese Versagensebene das höchste Sicherheitsniveau zugrunde zu legen ist.

Für die maßgebende Versagensebene Putzträger-Kleber werden nun die vorgenannten Einflüsse gemäß Gl. A2.4.1-1 berücksichtigt und in Tab. A2.4.1-1 zusammengestellt.

Zusätzlich zu den durch Teilsicherheitsbeiwerte abzudeckenden Einflüssen ist zu berücksichtigen, dass gemessene Haftzugfestigkeiten ggfls. zu "normieren" sind.

Wenn der geprüfte Dämmstoff Festigkeiten (deutlich) über seiner Nennfestigkeit hat, stellt man erfahrungsgemäß auch entsprechend höhere Haftzugfestigkeiten fest.

Die Haftzugfestigkeiten sind daher um den Abminderungsfaktor
 $f = \text{Nennfestigkeit} / \text{Festigkeit der Prüfcharge}$

zu normieren.

Bei dieser Betrachtung zeigt sich, dass der globale Sicherheitsfaktor $\gamma_{\text{global}} = 7,5$ für die Versagensebene Adhäsionsversagen Dämmstoff-Kleber auftritt, weil sich die Einflüsse „Alterungsverhalten“ und „Fehlerempfindlichkeit“ hier zusammen am größten auswirken.

Bei diesen vorgeschlagenen Sicherheitsbeiwerten wird angenommen, dass der Beurteilung die Haftzugfestigkeitsprüfung am nicht-konditionierten und sollgerecht verarbeiteten WDVS zugrunde gelegt wird. Durch gezielte Versuche ist dann der Alterungseffekt zu untersuchen.

Wird einer oder werden mehrere Effekte durch entsprechende Variation der Prüfbedingungen erfasst, so braucht dieser Einfluss nicht mehr durch eine Teilsicherheitsbeiwert erfasst zu werden.

Tab. A2.4.1-1: Teilsicherheitsbeiwerte zur Beurteilung eines geklebten WDVS unter Windsogeinwirkung.

Darin sind:

- γ_L Teilsicherheitsbeiwert für Last, hier: $\gamma_L = 1,5$ für Lastfall Wind
- $\gamma_{M,St}$ Einfluss der **St**reuung der Festigkeiten (Variationskoeffizient der Versuchsergebnisse),
- $\gamma_{M,DI}$ Einfluss einer **D**auerlast-Einwirkung auf die Festigkeit,
- $\gamma_{M,Te}$ Einfluss der **T**emperatur auf die Festigkeit (z.B. Temperaturschwankung im System),
- $\gamma_{M,Du}$ Berücksichtigung der **D**uktilität der Last-Verformungs-Charakteristik des Systems im Haftzugversuch, somit Zähigkeit - Sprödigkeit des Systems,
- $\gamma_{M,Fe}$ Berücksichtigung der **F**ehlerempfindlichkeit des Systems oder der Systemkomponente, Einfluss einer Einbauungenauigkeit auf die Tragfähigkeit,
- $\gamma_{M,AI}$ Berücksichtigung der **A**lterung / Medieneinfluss (Widerstand nach Lagerung unter Wasser oder nach Konditionierung des Systems).

Versagensart, -ebene	γ_L	$\gamma_{M,St}$	$\gamma_{M,DI}$	$\gamma_{M,Te}$	$\gamma_{M,Du}$	$\gamma_{M,Fe}$	$\gamma_{M,AI}$	γ_{global}
Adhäsionsversagen Dämmstoff-Kleber	1,5	1,25	1	1	1	2,0	2,0	7,5

A2.4.2 Lastfallkombination Eigenlast, hygrothermische Einwirkungen

Im hier behandelten Systemaufbau ist der Dämmstoff (mit Putzträger) lastabtragend bzw. verformungsbehindernd, vgl. Abb. 3.4.1-2.

Das Putzsystem erzeugt neben den Eigenlasten Einwirkungen in Scheibenebene durch Längenänderungen infolge erhärtungsbedingtem Schwinden sowie Temperatur- und Feuchteschwankungen, vgl. Abb. A2.4.2-1.

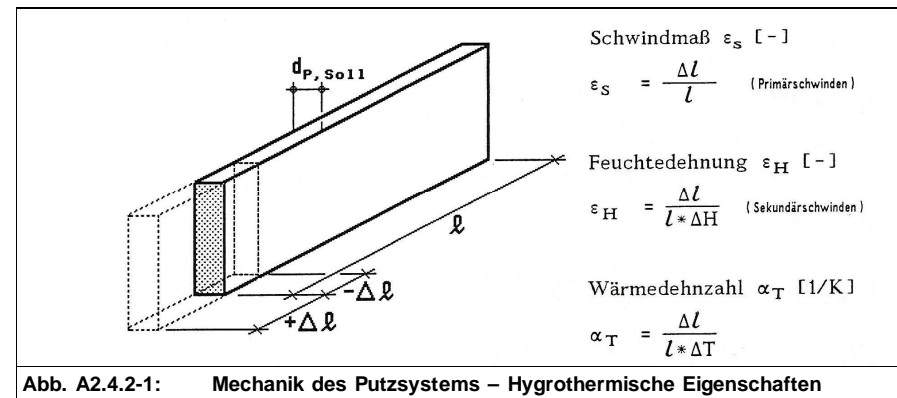


Abb. A2.4.2-1: Mechanik des Putzsystems – Hygrothermische Eigenschaften

Das Putzsystem kann sich aber aufgrund der "elastischen Bettung" auf der Dämmschicht infolge der Längenänderungen aus erhärtungsbedingtem Schwinden sowie Temperatur- und Feuchteschwankungen nicht frei verformen, die quantitative Ausprägung der Verformungen hängen auch davon ab, in welcher Größenordnung das Putzsystem Kräfte entwickeln kann, somit wie steif und fest das Putzsystem ist, vgl. Abb. A2.4.2-2.

Neben der Größe der Längenänderungen des Putzsystems ist für die entstehende Verformung somit die Steifigkeit und Festigkeit des Putzsystems und die Bettungssteifigkeit des WDVS bedeutend (Abb. A2.4.2-3). Die beiden vorgenannten Steifigkeiten werden rechnerisch durch das Dehnsteife-Schubsteife-Verhältnis erfasst.

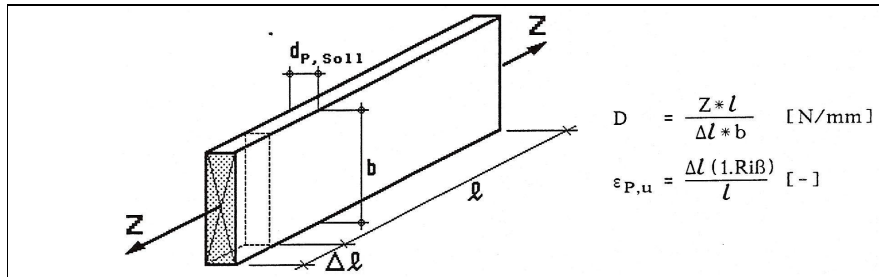


Abb. A2.4.2-2: Mechanik des Putzsystems – Dehnsteifigkeit D_P und Rissdehnung $\epsilon_{P,u}$

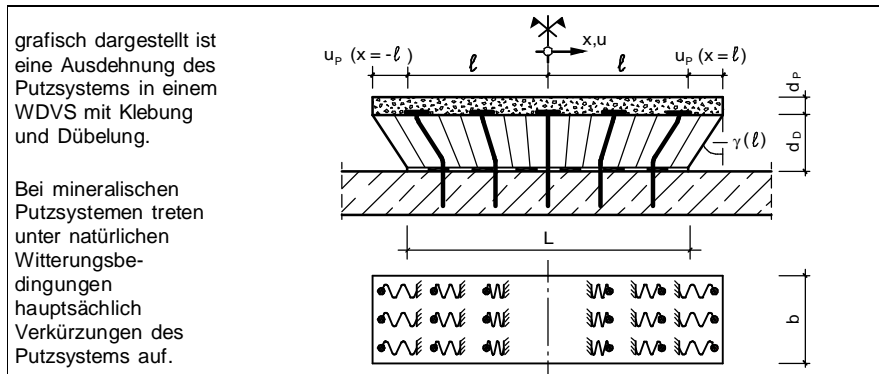


Abb. A2.4.2-3: LF "Hygrothermische Einwirkungen" (Erstschwinden der Mörtel sowie Temperatur- und Feuchteschwankungen)

In größeren Feldern treten nur noch in den Randzonen Verformungen auf. In Innenbereichen größerer Felder entstehen im Putzsystem eine entsprechende Zwängungsbeanspruchung (Abb. A2.4.2-4).

Im Hinblick auf die **Standicherheit** des Systems ist daher bedeutsam, ob die Zwängungsspannungen schädliche Risse verursachen können und im Hinblick auf die Standicherheit ist nachzuweisen, dass die hygrothermisch bedingten Verschiebungen nicht zu Ablösungen bzw. zum Abscheren des Systems in Fassadenrand- und Fassadeneckbereichen führen.

Im Hinblick auf die **Gebrauchsfähigkeit** des Systems ist das diesbezügliche Systemverhalten ebenfalls bedeutsam: Die hygrothermisch bedingten Verschiebungen sind relevant für die Ausbildung der Anschlussdetails, welche die auftretenden Verformungen aufnehmen können müssen, ohne die Schlagregendichtheit einzubüßen.

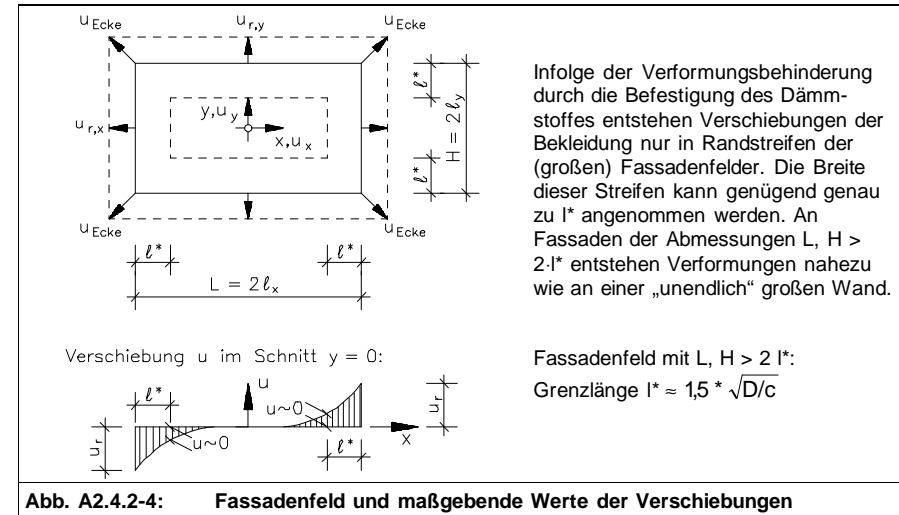


Abb. A2.4.2-4: Fassadenfeld und maßgebende Werte der Verschiebungen

In der Anlage 2, Abs. A2.3 zu dieser Stellungnahme wird auf den rechnerischen Nachweis zum Abtrag der Eigenlasten und das hygrothermische Verformungsverhalten der geklebten WDVS eingegangen. Es wird ein Berechnungsmodell beschrieben, das im Rahmen der Zulassungen der Systeme und für Zustimmungen im Einzelfall zur Anwendung kommt.

Die im Hinblick auf den Abtrag der Schubkräfte aus Eigenlast und Hygrothermische Einwirkungen besonders relevante Eigenschaft des Dämmstoffs ist die Schubsteifigkeit (beschrieben durch den Schubmodul) und die Scherfestigkeit.

Analog zum im Abs. A2.4.1 beschriebenen Konzept zur Beurteilung der Standsicherheit im Lastfall Windsog müssen für die Beurteilung in der Lastfallkombination Eigenlast + hygrotherm. Einwirkungen die verschiedenen Ebenen des Systems betrachtet werden:

- Kohäsionsversagen im Putzsystem
- Adhäsionsversagen Unterputz-Dämmstoff bzw. Unterputz-Putzträger
- Kohäsionsversagen im Dämmstoff bzw. Putzträger
- Adhäsionsversagen Dämmstoff-Kleber bzw. Putzträger-Kleber
- Kohäsionsversagen im Kleber
- Adhäsionsversagen Kleber-Untergrund
- Kohäsionsversagen im Untergrund

Erfahrungsgemäß tritt das Versagen bei Schubversuchen meist in der Adhäsionsebene Dämmstoff-Kleber bzw. in der Kohäsionsebene Dämmstoff auf. Daher kann u. E. hier auf die Betrachtung der weiteren Ebenen verzichtet werden.

An dieser Stelle wird die gesonderte Betrachtung der Lastfallkombination Eigenlast + hygrotherm. Einwirkungen nicht geführt. Sie würde analog zur Betrachtung der Lastfallkombination Eigenlast, hygrotherm. Einwirkungen + Wind erfolgen, vgl. Abs. A2.4.3.

A2.4.3 Lastfallkombination Eigenlast, hygrothermische Einwirkungen und Wind

A2.4.3.1 Einwirkungen, Versagensarten bzw. -ebenen und zu berücksichtigende Einflüsse

Es kann eine gegenseitige Beeinflussung der Tragfähigkeiten – Windsog (Z) zum Einen und Tragverhalten in Scheibenebene (Q) zum Anderen – geben, dies kann rechnerisch mit der nachfolgenden "Interaktion" berücksichtigt werden.

Es kann der Nachweis der kombinierten Beanspruchung mit folgender Bedingung geführt werden (quadratische Interaktion)

$$\left(\frac{Z_{ED}}{Z_{RD}}\right)^2 + \left(\frac{Q_{ED}}{Q_{RD}}\right)^2 \leq 1$$

wobei die Quotienten die jeweiligen Ausnutzungsgrade sind.

Diese Interaktion kann zugrunde gelegt werden, wenn bekannt ist, dass ein Systemverhalten vorliegt, das sich hierdurch genügend genau beschreiben lässt.

Ist dies nicht hinreichend gesichert, ist es sinnvoll, das kombinierte Tragverhalten in "Kombiversuchen" zur Ermittlung des Windsogwiderstandes bei einer gleichzeitig einwirkenden Schubkraft zu untersuchen. Damit wird eine mögliche Beeinflussung der Tragfähigkeiten untereinander berücksichtigt, vgl. Abb. A2.4.3-1. Die Norm sieht diese Vorgehensweise bereits vor.

Eine derartige Untersuchung wäre am System für die Bandbreite der vorgesehenen Dämmstoffdicken durchzuführen (z. B. mit kleinster, mittlerer und größter Dämmstoffdicke). Die Ergebnisse der Versuche zur Schubtragfähigkeit, zur Windsogfähigkeit bzw. Haftzugfestigkeit und zur Tragfähigkeit unter kombinierter Beanspruchung können in einem Interaktionsdiagramm dargestellt werden (Abb. A2.4.3-1), das ein Hilfsmittel für den Nachweis der Standsicherheit darstellt.

Für die Bewertung der Schubtragfähigkeit wird – wie in Abs. A2.4.2 beschrieben – hier nur die Adhäsionsebene Putzträger-Kleber und die Kohäsionsebene Putzträger betrachtet.

Der Gesamt-Sicherheitsfaktor setzt sich wie folgt zusammen:

$$g_{\text{global}} = g_L \times g_{M,oo} = g_L \times g_{M,st} \times g_{M,DI} \times g_{M,Te} \times g_{M,Du} \times g_{M,Fe} \times g_{M,AI} \quad \dots \text{ (Gl. A2.4.3-1)}$$

Darin sind:

γ_L Teilsicherheitsbeiwert für Last, hier: $\gamma_L = 1,5$ für Lastfall Wind

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_L für Last wird im hier vorliegenden Fall wie folgt ermittelt. Die Grundlagen hierzu sind oben beschrieben.

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \dots \text{ (Gl. A2.4.3-2)}$$

mit

\oplus „in Kombination mit“

Σ „Kombination der unabhängigen Einwirkungen infolge von“

- $G_{k,j}$ charakteristische Werte der ständigen Einwirkungen
- $Q_{k,1}; Q_{k,i}$ charakteristische Werte der ersten, der weiteren veränderlichen Einwirkungen
- $\gamma_{G,j}$ Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen, hier: $\gamma_G = 1,35$
- $\gamma_{Q,1}; \gamma_{Q,i}$ Teilsicherheitsbeiwerte für veränderliche Einwirkungen, hier: $\gamma_Q = 1,5$
- ψ_0, ψ_1, ψ_2 Kombinationsbeiwerte für seltene, häufige und quasi-ständige Einwirkungen, hier $\psi = 0,8$

- $\gamma_{M,St}$ Einfluss der **Streuung** der Festigkeiten (Variationskoeffizient der Versuchsergebnisse),
- $\gamma_{M,DI}$ Einfluss einer **Dauerlast**-Einwirkung auf die Festigkeit,
- $\gamma_{M,Te}$ Einfluss der **Temperatur** auf die Festigkeit (z.B. Temperaturschwankung im äußeren Bereich des Fassadensystems),
- $\gamma_{M,Du}$ Berücksichtigung der **Duktilität** der Last-Verformungs-Charakteristik des Systems im Windsogversuch, somit Zähigkeit - Sprödigkeit des Systems,
- $\gamma_{M,Fe}$ Berücksichtigung der **Fehlerempfindlichkeit** des Systems oder der Systemkomponente, Einfluss einer Einbauungenauigkeit auf die Tragfähigkeit,
- $\gamma_{M,AI}$ Berücksichtigung der **Alterung** / Medieneinfluss (Widerstand nach Lagerung unter Wasser oder nach Konditionierung des Systems).

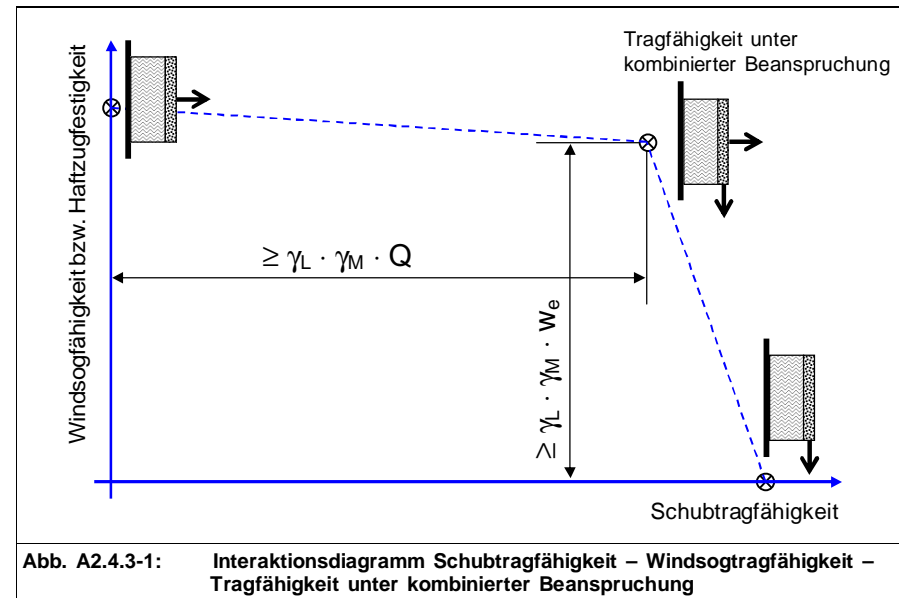


Abb. A2.4.3-1: Interaktionsdiagramm Schubtragfähigkeit – Windsogtragfähigkeit – Tragfähigkeit unter kombinierter Beanspruchung

Zur Beurteilung des Systems gemäß Abb. A2.4.3-1 wäre noch zu überlegen, ob es notwendig ist, dass bei gleichzeitiger Wirkung sämtlicher Einwirkungen alle Sicherheitsbeiwerte in voller Höhe zu berücksichtigen sind oder ob in einer Richtung eine zugehörige kleinere Einwirkungshöhe angenommen werden kann. Dieser Überlegung wird bei der weiteren Behandlung der Normung vertiefend nachgegangen.

Anlage 3 – Beschreibung standsicherheitsrelevanter Versuche

A3.1 Bauteilversuche am System zur Bestimmung des Windsog-, Schub- und Kombinationstragverhaltens

A3.1.1 Schaumblockversuche

Die Prüfung zur Ermittlung des Windsogwiderstandes an Bauteilproben erfolgt gemäß ETAG 004, Abs. 5.1.4.3.2 und DIN EN 13495, dort "Verfahren A" ¹⁾ genannt.

Im Allgemeinen werden Versuchsserien geprüft, die aus drei Proben bestehen. Der Probekörper- und Versuchsaufbau wird beispielhaft in Abb. A3.1-1 gezeigt

Die Versuche werden i. A. ohne Verklebung der Dämmschicht am Untergrund durchgeführt, um eine bei Windsogbeanspruchung versagende Klebung zu simulieren. In der Baupraxis könnte dies vorkommen, wenn der Altanstrich eines Gebäudes und der Klebemörtel des WDVS nicht verträglich miteinander sind.

Die Proben lagern nach der Herstellung für mindestens 28 Tage bis zur Prüfung bei Raumklima. Nach der Aushärtung des Unterputzes werden Schaumblocke mit PUR-Schaum auf diesen geklebt, um darüber die Windsogkräfte einzuleiten.

Die Einleitung der Windsogkraft Z erfolgt nach dem „Dortmunder Schaumblock-Verfahren“. Dabei wird die Windsogkraft über die dehnweiche Schaumstoffschicht der Dicke (= Blockhöhe) 300 mm bis 500 mm in die Putzschicht eingeleitet. Oberseitig sind die Schaumstoffblöcke mit einer Furnierholzplatte beklebt, in die über eine aufgeschraubte Traversenkonstruktion die Zugkräfte eingeleitet werden. Zwischen der Traversenkonstruktion und der Kräfteinleitung wird ein Präzisionskraftaufnehmer zwischengeschaltet. Da die Schaumstoffblöcke wie Federn mit großen Federwegen wirken, werden einerseits die Prüfkörper nahezu kraftgesteuert gleichmäßig belastet und andererseits wird eine nahezu unbehinderte Biegeverformung des Systems ermöglicht.

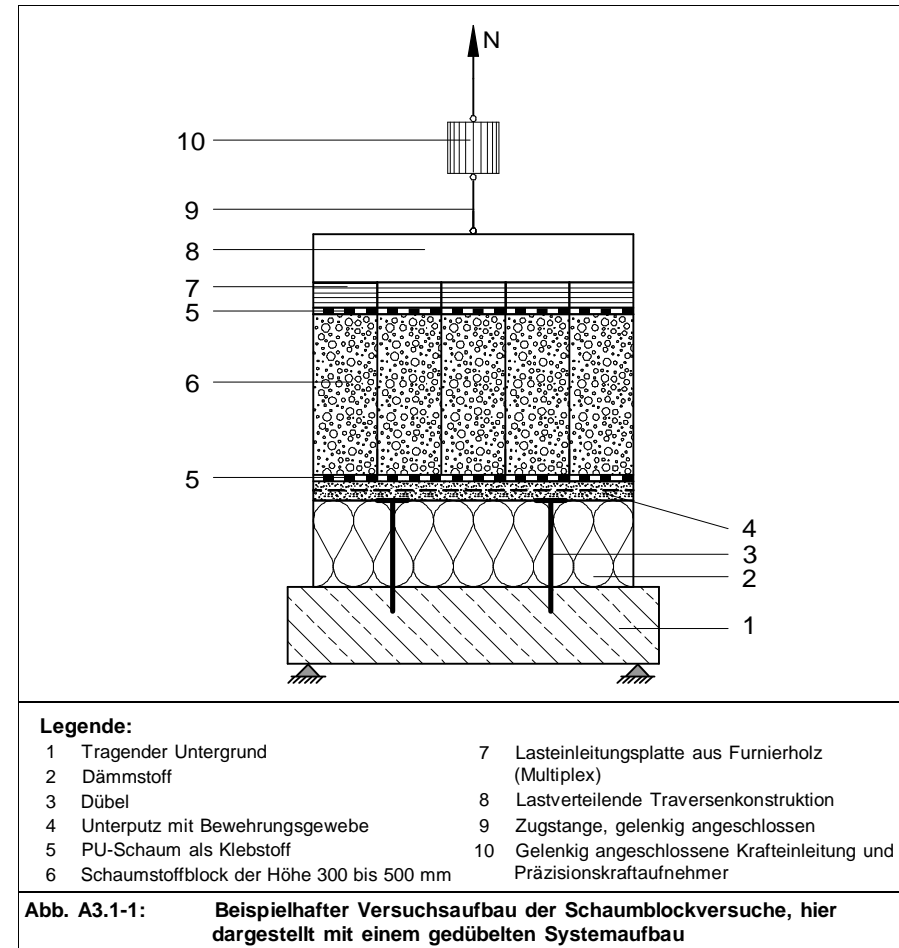
Die Verschiebungsmessung erfolgt an der Putzschicht und ggf. am Dämmstoff. Es werden die Verschiebungen senkrecht zur Putzschicht erfasst.

Während des Versuchs wird die Windsogkraft kontinuierlich bis zum Versagen der Probe gesteigert.

1) In der Norm DIN EN 13.495:2019 werden Bauteilversuche mit verschiedenen Lasteinwirkungen beschrieben und als "Method A", "Method B" usw. definiert.

Es bedeuten, Verfahren ... :

- A Prüfung des "Zug"-Tragverhaltens und der Tragfähigkeit senkrecht zur Dämmebene (Windsog-Tragfähigkeit) im Schaumblockverfahren (siehe vorstehende Beschreibung)
- E Prüfung des "Schub"-Tragverhaltens und der Tragfähigkeit parallel zur Dämmebene (Schub-Tragfähigkeit, in ETAG 004 "Querverschiebung" genannt) (siehe Abs. A3.1.3)
- B,C,D Prüfung des Tragverhaltens KOMBINIERT senkrecht und parallel zur Dämmebene (siehe Abs. A3.1.2)
- B Es wird die erforderliche Schubkraft (parallel zur Dämmebene) aufgebracht und das "Zug"-Tragverhalten / die Tragfähigkeit senkrecht zur Dämmebene bestimmt.
- C Es wird der erforderliche Verschiebeweg (parallel zur Dämmebene) aufgebracht und das "Zug"-Tragverhalten / die Tragfähigkeit senkrecht zur Dämmebene bestimmt.
- D Es wird die erforderliche konstante Zugkraft (senkrecht zur Dämmebene) aufgebracht und das "Schub"-Tragverhalten / die Tragfähigkeit parallel zur Dämmebene bestimmt.



A3.1.2 Schubversuche

Die Bettungssteifigkeit und Schubtragfähigkeit des Systems wird in Anlehnung an DIN EN 12090 bzw. gemäß DIN EN 13495 – dort "Verfahren E" genannt – geprüft.

Die Probekörpergröße und der Aufbau sind so konzipiert, dass mit dem Systemaufbau das effektive Schubtragverhalten des am Untergrund befestigten WDVS ermittelt wird. Bei Systemen mit Klebung am Untergrund erfolgt die Prüfung in der Regel mit Klebung mit planmäßigem Klebeflächenanteil und entsprechender Kleberanordnung, z.B. Randwulst-Punkt-Verklebung.

Die Prüfung der Querverschiebung erfolgt entweder in Vertikalrichtung (Eigengewichtsrichtung) bei Einbau am Bauwerk oder in Horizontalrichtung an liegenden Proben.

Die Versuche bzw. Proben entsprechen der Prüfung der „Festigkeit der Befestigung (Querverschiebung)“ nach ETAG 004, Abs. 5.1.4.2 (vgl. Abs. A3.1.3), wobei jedoch nicht gleichzeitig zur Einleitung der Schubkraft eine Windsogkraft eingeleitet wird.

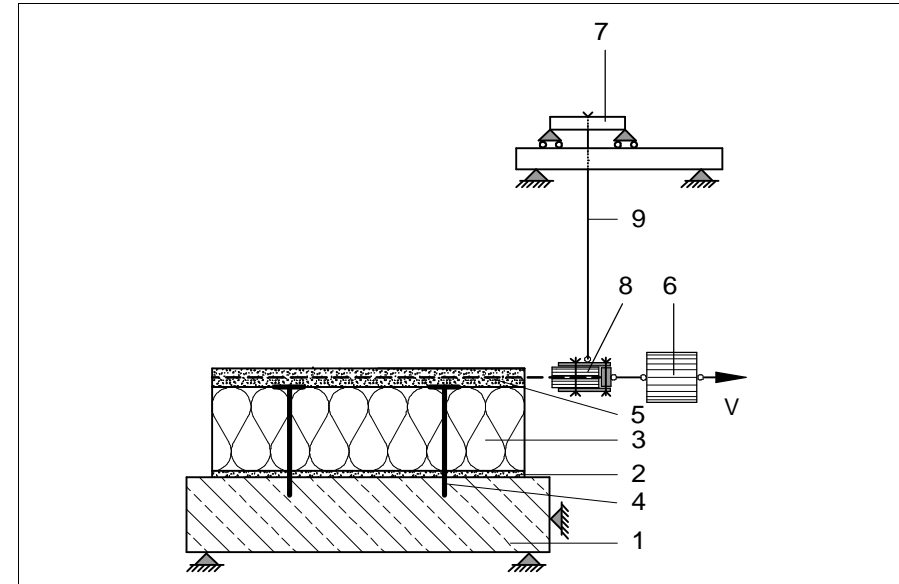
Im Allgemeinen werden Versuchsserien geprüft, die aus drei Proben bestehen. Der Probekörper- und Versuchsaufbau wird beispielhaft in Abb. A3.1-2a gezeigt. Das Bewehrungsgewebe ragt an einer Seite der Probe mindestens 15 cm aus dem Unterputz heraus, um die Schubkräfte daran einleiten zu können.

Die Proben lagern nach der Herstellung für mindestens 28 Tage bis zur Prüfung bei Raumklima.

Für die Krafteinleitung wird das am vorderen Ende aus der Probe herausragende Bewehrungsgewebe festgeklemmt und mit der Krafteinleitung gelenkig verbunden. Zusätzlich wird ein Präzisionskraftaufnehmer zwischengeschaltet. Das Eigengewicht der Klemmvorrichtung muss durch eine geeignete Aufhängung kompensiert werden, wobei die Aufhängung aber wegen möglicher Verformungen der Probe in Zugrichtung kraftfrei beweglich sein muss.

Die Verschiebungsmessung erfolgt an der Putzschicht und ggf. am Dämmstoff. Es sollten sowohl die Verschiebungen parallel als auch senkrecht zur Putzschicht erfasst werden. In Abb. A3.1-2b wird ein möglicher Aufbau der Verschiebungsmessung gezeigt.

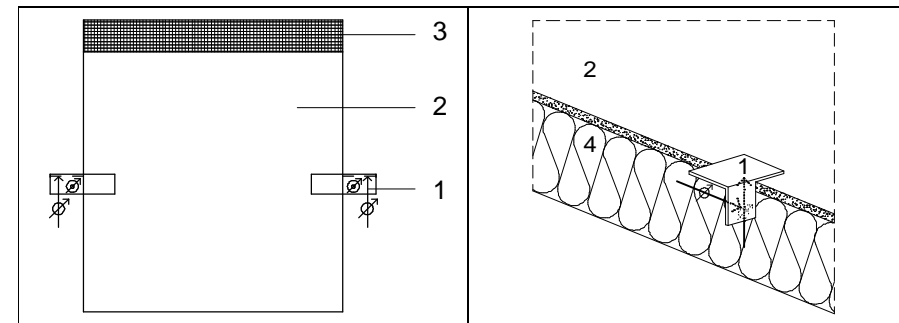
Die Lastgeschichte kann in Abhängigkeit des Systemaufbaus und der geplanten Nachweisführung individuell festgelegt werden.



Legende:

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1 Tragender Untergrund | 6 Gelenkig angeschlossene Krafteinleitung und Präzisionskraftaufnehmer |
| 2 Klebemörtel | 7 Verschiebliches Lager |
| 3 Dämmstoff | 8 Klemmvorrichtung für Bewehrungsgewebe |
| 4 Dübel | 9 Aufhängung für Krafteinleitung |
| 5 Unterputz mit Bewehrungsgewebe | |

Abb. A3.1-2a: Beispielhafter Versuchsaufbau der Schubversuche, hier dargestellt mit einem geklebten und gedübelten Systemaufbau



Legende:

- | | |
|----------------------|-------------|
| 1 Verformungsmessung | 3 Gewebe |
| 2 Putz | 4 Dämmstoff |

Abb. A3.1-2b: Verschiebungsmessung bei Schubversuchen, sinngemäß auch bei Schaumblock- und Kombinationsversuchen

A3.1.3 Kombinationsversuche (Kombiversuche)

Die Ermittlung des Widerstandes gegen Querverschiebung und Windlasten (Kombiversuche) erfolgt in Anlehnung an ETAG 004, Abs. 5.1.4.2 bzw. gemäß DIN EN 13495 – dort "Verfahren B, C, D" genannt –. Bei der Durchführung der Kombiversuche werden Schubkräfte Q und Windsogkräfte Z unabhängig voneinander in die Probe eingeleitet. Die Prüfung der Querverschiebung erfolgt entweder in Vertikalrichtung (Eigengewichtsrichtung) bei Einbau am Bauwerk oder in Horizontalrichtung an liegenden Proben.

Im Allgemeinen werden Versuchsserien geprüft, die aus drei Proben bestehen. Der Probekörper- und Versuchsaufbau wird beispielhaft in Abb. A3.1-3 gezeigt. Das Bewehrungsgewebe ragt an einer Seite der Probe mindestens 15 cm aus dem Unterputz heraus, um die Schubkräfte daran einleiten zu können.

Die Proben lagern nach der Herstellung für mindestens 28 Tage bis zur Prüfung bei Raumklima. Nach der Aushärtung des Unterputzes werden Schaumblöcke mit PUR-Schaum auf diesen geklebt, um darüber die Windsogkräfte einzuleiten.

Die Einleitung der Windsogkraft Z erfolgt nach dem „Dortmunder Schaumblock-Verfahren“. Dabei wird die Windsogkraft über die dehnbare Schaumstoffschicht der Dicke (= Blockhöhe) 300 mm bis 500 mm in die Putzschicht eingeleitet. Oberseitig sind die Schaumstoffblöcke mit einer Furnierholzplatte beklebt, in die über eine aufgeschraubte Traversenkonstruktion die Zugkräfte eingeleitet werden. Zwischen der Traversenkonstruktion und der Krafteinleitung wird ein Präzisionskraftaufnehmer zwischengeschaltet. Da die Schaumstoffblöcke wie Federn mit großen Federwegen wirken, werden einerseits die Prüfkörper nahezu kraftgesteuert gleichmäßig belastet und andererseits wird eine nahezu unbehinderte Biegeverformung des Systems ermöglicht. Die Windsogkraft-Einleitung muss in Richtung Querverschiebung der Probe kraftfrei beweglich sein muss.

Für die Krafteinleitung in Querrichtung wird das am vorderen Ende aus der Probe herausragende Bewehrungsgewebe festgeklemmt und mit der Krafteinleitung gelenkig verbunden. Zusätzlich wird ein Präzisionskraftaufnehmer zwischengeschaltet. Das Eigengewicht der Klemmvorrichtung muss durch eine geeignete Aufhängung kompensiert werden, wobei die Aufhängung aber wegen möglicher Verformungen der Probe in Zugrichtung kraftfrei beweglich sein muss.

Die Verschiebungsmessung erfolgt an der Putzschicht und ggf. am Dämmstoff. Es müssen sowohl die Verschiebungen parallel als auch senkrecht zur Putzschicht erfasst werden.

Die Lastgeschichte kann in Abhängigkeit des Systemaufbaus und der geplanten Nachweisführung individuell festgelegt werden. Im Allgemeinen werden zu Beginn der Versuche Schubkräfte in die Probe eingeleitet, ohne dass äußere Kräfte in Windsogrichtung eingeleitet werden. Im zweiten Versuchsteil können z. B. Schub-Be- und Entlastungen bei einer gleichzeitig wirkenden Windsogkraft erfolgen. Zum Ende des Versuchs kann dann die Schubverformung an der Lasteinleitungsseite konstant gehalten und die Windsogkraft bis zum Versagen gesteigert werden.

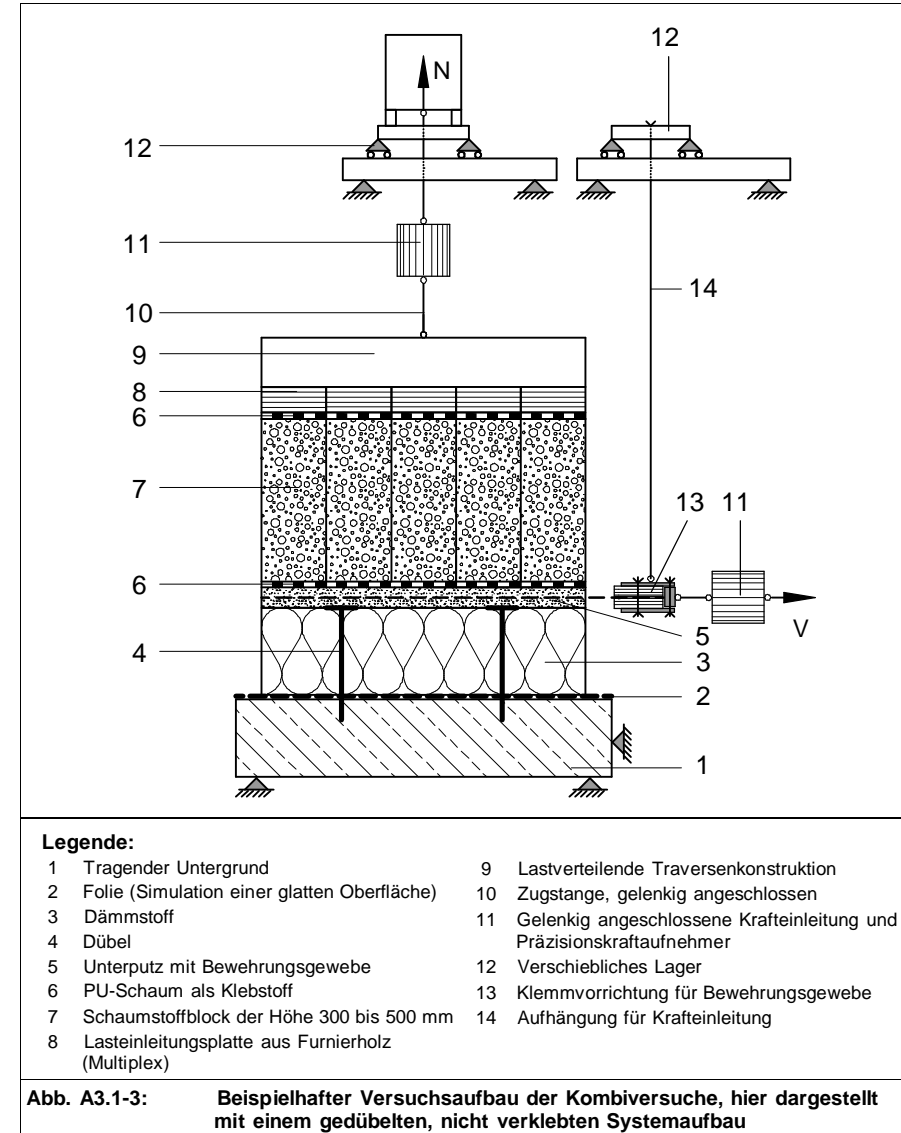


Abb. A3.1-3: Beispielhafter Versuchsaufbau der Kombiversuche, hier dargestellt mit einem gedübelten, nicht verklebten Systemaufbau

A3.2 Kleinversuche am System zur Bestimmung des Windsogtragverhaltens

A3.2.1 "Durchziehversuche" nach ETAG 004

Die Prüfung zur Ermittlung des Windsogwiderstandes an Kleinproben erfolgt in Anlehnung an ETAG 004, Abschnitt 5.1.4.3.1 [1].

Die Versuche werden vorrangig am dünnsten Wärmedämmstoff durchgeführt, der in die Zulassung bzw. ETA aufgenommen werden soll.

Hier werden beispielhaft die Versuche an 40 mm dicken Holzfaser-Dämmplatten gezeigt.

Es werden z. B. Versuchsserien bestehend aus jeweils 5 oder 6 Probekörpern der Abmessungen 350 mm x 350 mm mit und ohne Dämmstofffuge geprüft. Durch Vergleich der Mittelwerte ergibt sich der "Reduktionsfaktor Fugenklammerung".

Es werden zunächst Probekörper der Konditionierung Raumklimalagerung geprüft.

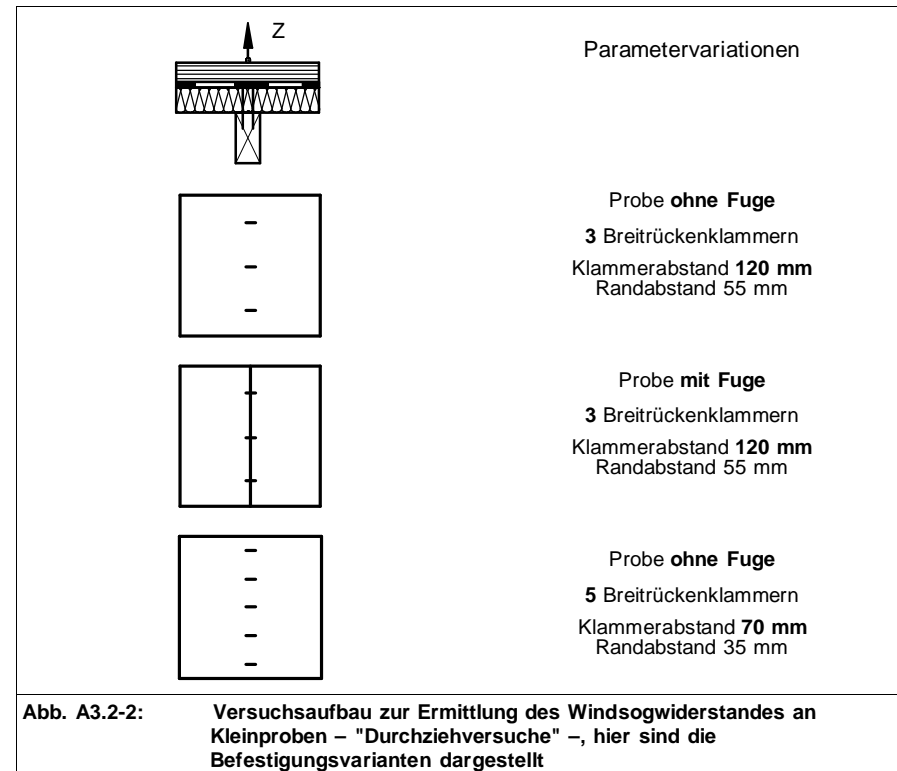
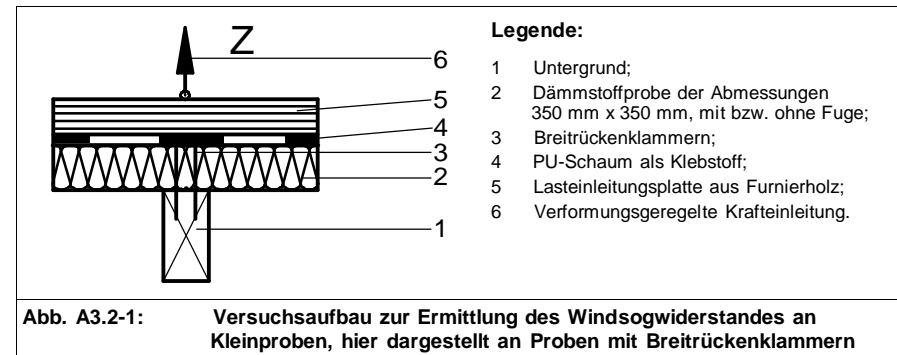
Zur Erfassung der alterungsbedingten Festigkeitsverluste und deren Einfluss auf die Windsogtragfähigkeit des Systems können derartige Versuche auch an konditionierten Proben durchgeführt werden, durch Vergleich der Mittelwerte ergibt sich der "Reduktionsfaktor Alterung".

Die Befestigung der Dämmplatten auf dem Massivholzuntergrund erfolgt typischerweise mit Breitrückenkammern (z. B. Haubold) in der Probenmittellachse. Die Anzahl und Lage der Befestigungsmittel werden in den verschiedenen Versuchen variiert (Abb. A3.2-2).

Der Versuchsaufbau wird beispielhaft in Abb. A3.2-1 gezeigt. Die Kraft wird jeweils über eine mittels PU-Schaum auf die Dämmplatte aufgeklebte Furnierholzplatte gleicher Größe eingeleitet.

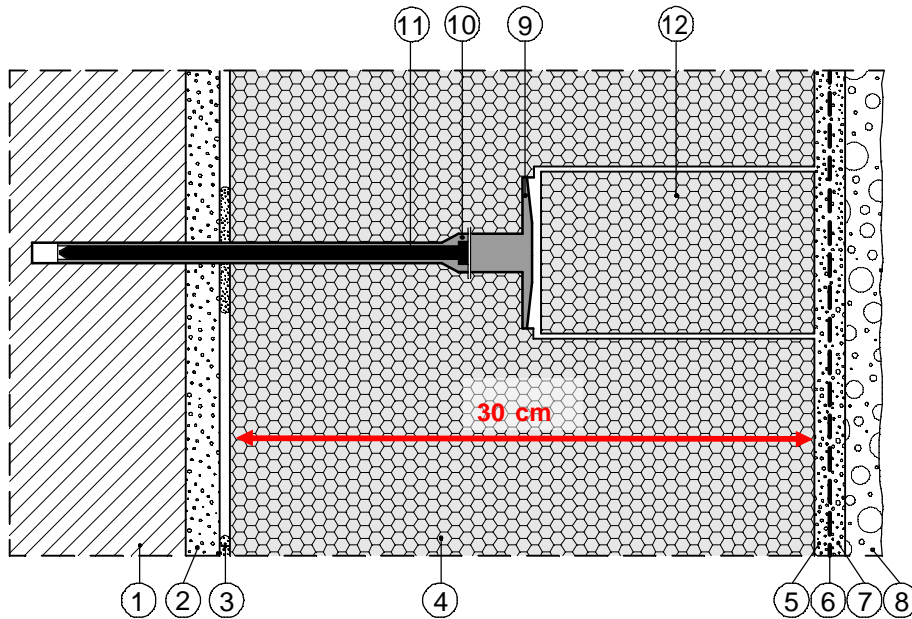
Die Versuche werden bei uns mit unserem Zugprüfgerät F 50 HD EASY M der Fa. Freundl mit einer Prüfgeschwindigkeit von 20 mm/min durchgeführt. Das Gerät zeichnet Kräfte und Verformungen kontinuierlich auf, sodass Last-Verformungs-Diagramme zur Verfügung gestellt werden können.

Die aufgebrachte Kraft wird bis zum endgültigen Versagen des Systems gemessen und protokolliert. Die Eigengewichtskraft der Versuchseinrichtung sowie des jeweils abgezogenen Teils der Probe werden von der gemessenen Versagenslast subtrahiert, da diese Gewichtsanteile in der gemessenen Versagenskraft enthalten sind ohne die Probe tatsächlich zu belasten.



Anlage 4 – Grundlagenuntersuchung am Systemaufbau mit EPS in großen Dämmdicken bis 400 mm

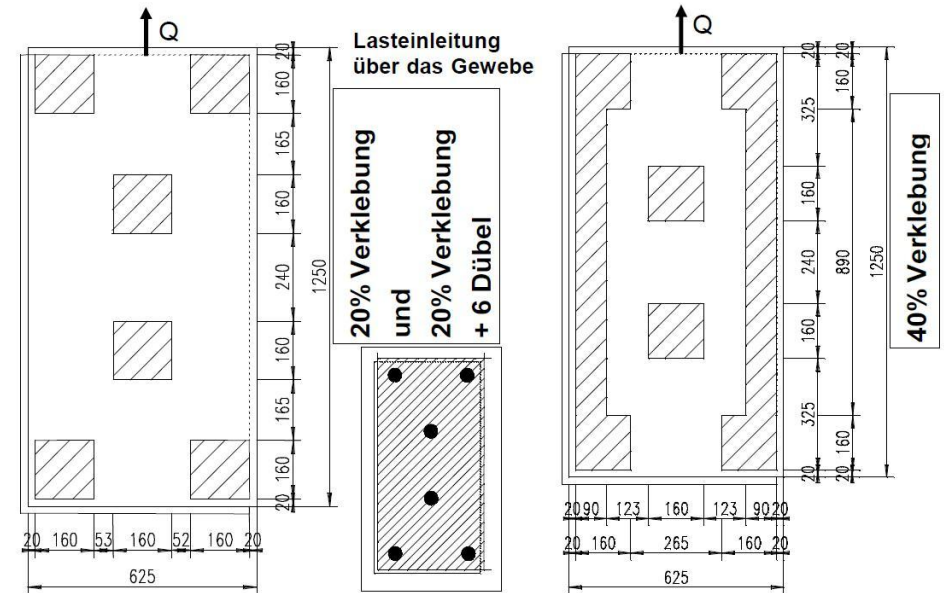
A4.1 Systemaufbau (Querschnitt) des Systems "PH30"



Legende:

- (1) Wandbaustoff;
- (2) Gegebenenfalls vorhandener Altputz bzw. möglicherweise erforderlicher Ausgleichsputz;
- (3) Klebemörtel, bei Randwulst-Punkt-Verklebung von Dämmplatten min. 40 % Flächenanteil;
- (4) Dämmstoff;
- (5) Unterputz, 1. Arbeitsgang;
- (6) Bewehrungsgewebe;
- (7) Unterputz, 2. Arbeitsgang, nass-in-nass aufgebracht;
Unterputz alternativ in einer Lage auftragen, anschließend wird das Gewebe eingebracht.
- (8) Oberputz: dünn-schichtiger Strukturputz in Kornstärke (1,5 bis 5 mm) oder Kratzputz mit Endschichtdicke ca. 5 bis 15 mm;
- (9) Dübelteller;
- (10) Dübelschaft;
- (11) Dübelschraube.

A4.2 Versuche zum Schubtragverhalten des WDVS (geklebt + gedübelt)



Ergebnisse der Versuche zum Schubtragverhalten des WDVS (PH30)

		Maximale Schubkraft max Q [kN]	Zugehörige Verformung zug u [mm]	Bettungssteifigkeit $c_{2,0}$ [N/mm ³]	Scherfestigkeit τ_u [N/mm ²]
20% Verkl.	1	10,15	3,2	0,0046	0,0130
	2	10,13	4,3	0,0038	0,0130
20% Verkl. + 6 Dübel	1	5,44 ^{*1}	1,6	0,0044	-
	2	8,48	3,2	0,0040	0,0108
40% Verkl.	1	13,40	9,1	0,0040	0,0172
	2	12,21	3,6	0,0045	0,0156

Anmerkungen:

- *1 Gewebe zur Lasteinleitung zerrissen; das System hatte noch nicht versagt.
Die Systeme versagten infolge Abscheren zwischen Verklebung und Dämmung

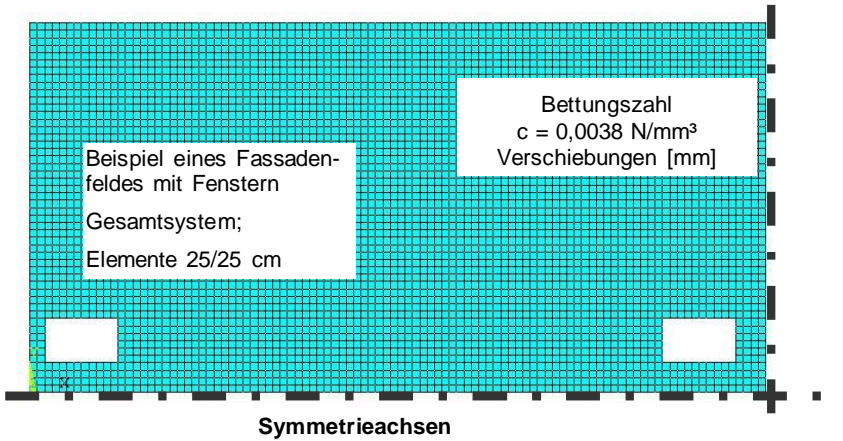
A4.3 WDVS mit großen Dämmstoffdicken – FE-Berechnung der elastisch gebetteten Scheibe zur Lastfall-kombination Eigenlast und Hygrothermische Einwirkungen

Putzkennwerte: $E_P = 5000 \text{ N/mm}^2$ $\alpha_T = 8,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$
 $d_P = 12 \text{ mm}$ Putzgewicht 18 kg/m^3

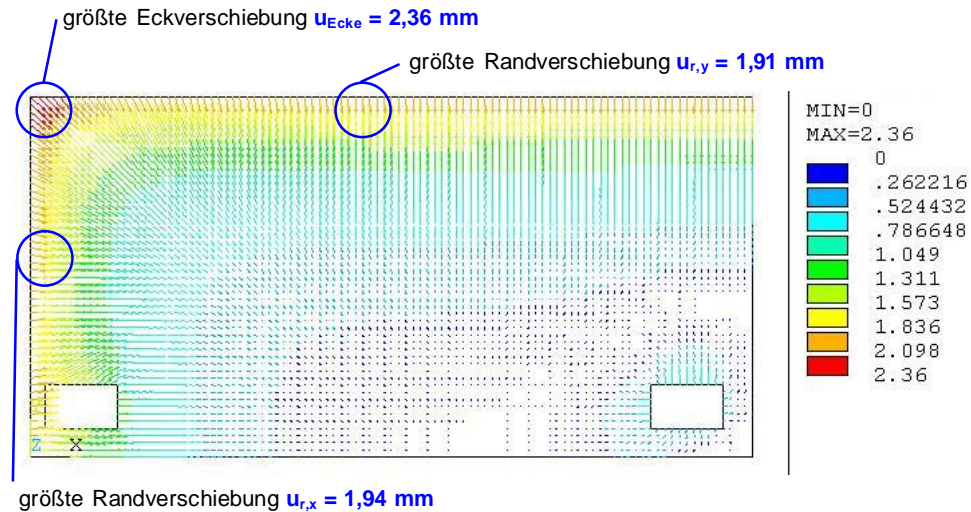
Temperaturabsenkung $J = -50 \text{ K}$ (als Ersatz für Schwinden + Temperaturschwankung)
 rechnerische Zwängungskraft im Putzsystem: $N \leq 24 \text{ kN/m}$ ($2,0 \text{ N/mm}^2$)

Fassadenfeld: $L = 50 \text{ m} / H = 25 \text{ m}$ $l = 25 \text{ m} / h = 12,5 \text{ m}$

Fensteröffnungen: $2,50 \text{ m} / 1,50 \text{ m}$

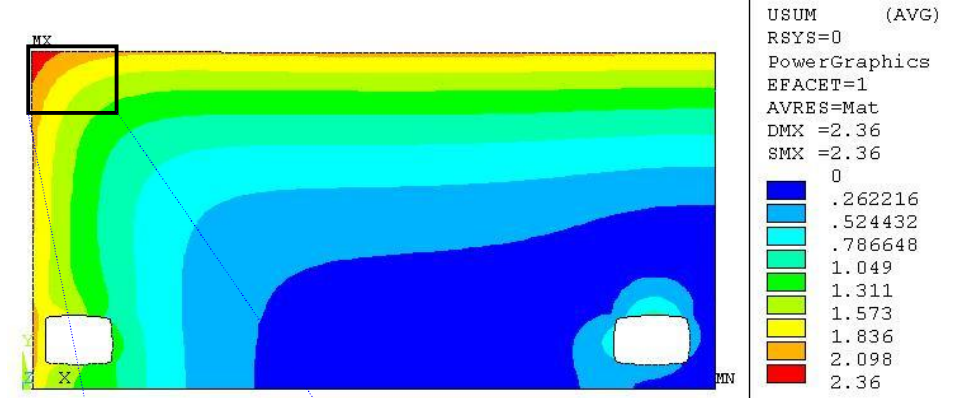


Vektoriell addierte Verschiebungen der gesamten Scheibe:

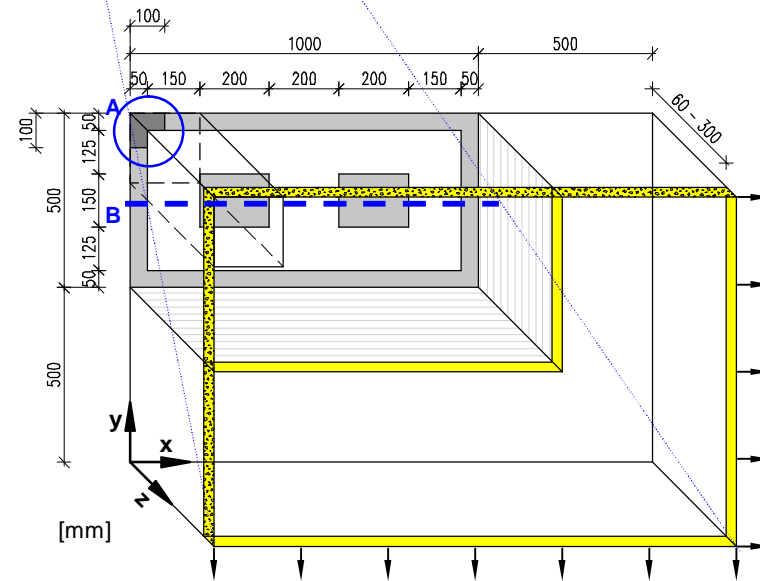


A4.4 Betrachtung der höchstbeanspruchten Stelle als räumliches Kontinuum

Genauere Betrachtung der höchstbeanspruchten Stelle:



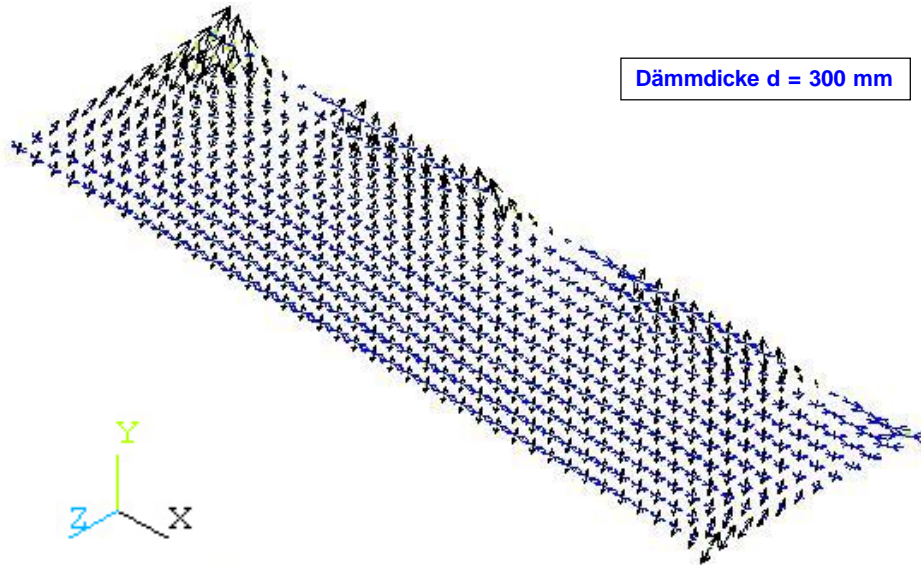
Berechnung der resultierenden Auflagerkräfte im Eckbereich "A"



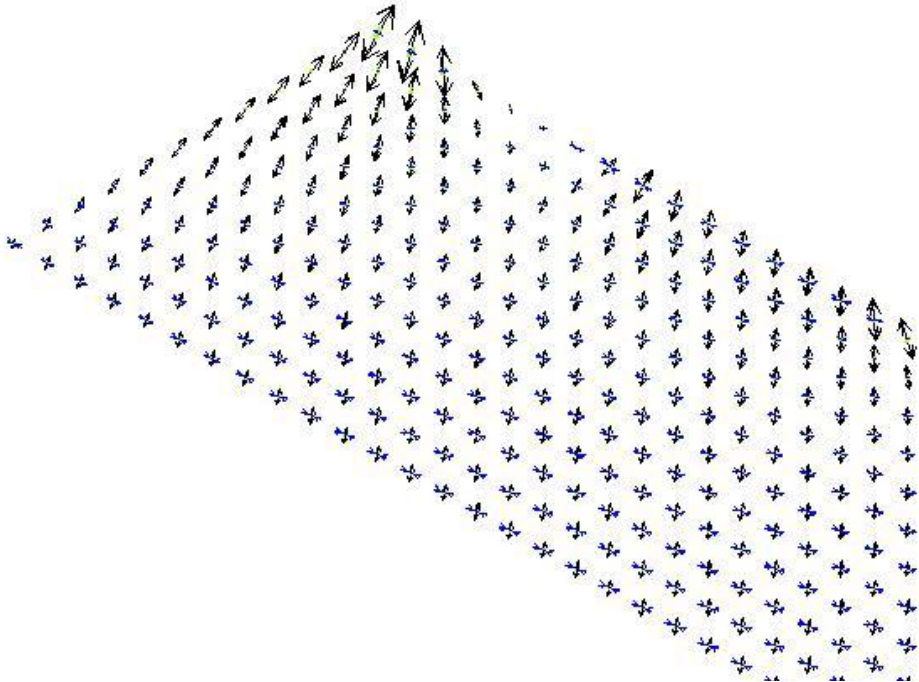
Resultierende Spannungen im Eckbereich "A" für Dämmschichtdicken

$d = 60 \text{ mm}$	res. $s = 39,6 \text{ kN/m}^2$	91 %
$d = 200 \text{ mm}$	res. $s = 43,4 \text{ kN/m}^2$	(Referenz) 100 %
$d = 300 \text{ mm}$	res. $s = 32,7 \text{ kN/m}^2$	75 %
$d = 400 \text{ mm}$	res. $s = 33,0 \text{ kN/m}^2$	76 %

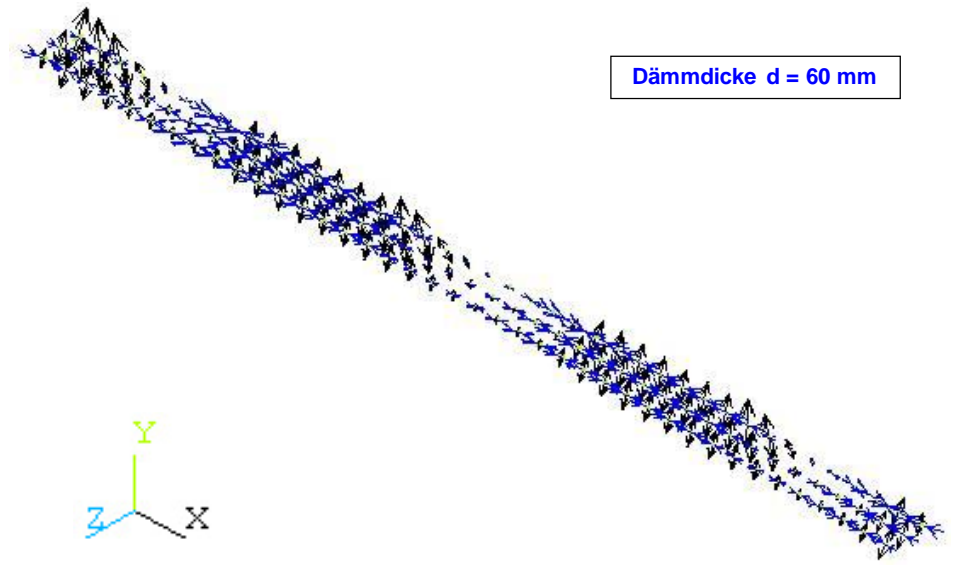
Hauptspannungsvektoren im Horizontalschnitt "B" durch die Klebebetzen (Isometrie):



Vergrößerung des Rand- bzw. Eckbereiches



Hauptspannungsvektoren im Horizontalschnitt "B" durch die Klebebetzen (Isometrie):



Vergrößerung des Rand- bzw. Eckbereiches

