

Bearbeitungs-Nr.: 20.5.08

Bearbeitungs-Datum: 19.02.2021

Gutachtliche Stellungnahme Nr. 20.5.081 – Fassung 1.1 – 19-02-2021 Funktionstüchtigkeit der Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) – Grundlagen und Strukturen der Nachweisführung –

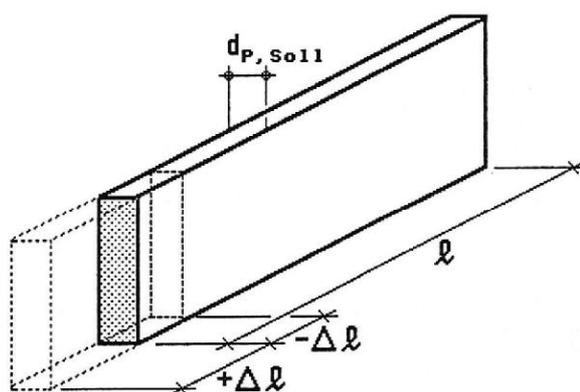
Bauarten: WDVS auf Massivuntergründen mit ausschließlicher Klebung;
WDVS auf Massivuntergründen mit Klebung + Verankerung;
WDVS auf Massivuntergründen mit ausschließlicher Verankerung.

Gegenstand: Diskussion der Regelwerke und Prüfnomen.

Hier: Lösungsansätze

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 PartGmbB, Alarichstraße 44f, 44803 Bochum



Schwindmaß ε_s [-]

$$\varepsilon_s = \frac{\Delta l}{l} \quad (\text{Primärschwinden})$$

Feuchtedehnung ε_H [-]

$$\varepsilon_H = \frac{\Delta l}{l * \Delta H} \quad (\text{Sekundärschwinden})$$

Wärmedehnzahl α_T [1/K]

$$\alpha_T = \frac{\Delta l}{l * \Delta T}$$

Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 32 Seiten Text.

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
3	GENORMTE SYSTEMAUFBAUTEN UND SYSTEMKOMPONENTEN	4
3.1	AUFBAU DER FASSADENSYSTEME NACH EN 17.237	4
3.2	GRUNDANFORDERUNGEN AN DIE KOMPONENTEN	4
	Erg. Konsequenz – Klebemörtel bzw. Kleber – PUR-Klebschaum	4
	Lösungsansatz – Konzept der kombinierten Befestigung Klebung+Dübelung	4
	Für die Norm – Wie berücksichtigt man Untergrund und Dübelbefestigung?	5
	Mängel, Lücken – Dämmstoffe – Maßhaltigkeit (zulässiger Mangel)	5
	Lösungsansatz – Definition der Eigenschaften, Nennung im DoP	6
	Mängel, Lücken – Dämmstoffe – Dimensionsstabilität (unzulässiger Mangel)	6
	Lösungsansatz – Definition der Eigenschaften, Nennung im DoP	6
	Mängel, Lücken – Dämmstoffe – Angabe Zugfestigkeit (unzulässiger Mangel)	6
	Lösungsansatz – Stets werden alle Einzelwerte angegeben	7
	Mängel, Lücken – Mechanische Befestigungen (Teller-, Spiral-, Kragendübel)	7
	Lösungsansatz – Definition des Systemtragverhaltens und der Untergrundeinordnung ("sicher", "eingeschränkt sicher" oder "unsicher"), Definition des Dübeltyps	7
	Mängel, Lücken – Zuordnung Dämmstoff ./ Befestigungsart (unzulässiger Mangel)	8
	Lösungsansatz – Diese ungeeigneten Systemvarianten weglassen oder einschränken	8
4	AUFBAU DER FASSADENSYSTEME – DIFFERENZIERT NACH TRAGMECHANISMEN	8
4.1	LASTABTRAG ÜBER DEN DÄMMSTOFF UND DIE VERKLEBUNG	8
4.2	LASTABTRAG ÜBER DEN DÄMMSTOFF, DIE VERKLEBUNG UND DIE MECHANISCHE BEFESTIGUNG	8
4.2.1	Lastabtrag stets für alle Einwirkungen über den Dämmstoff, die Verklebung und die mechanische Befestigung	8
4.2.2	Lastabtrag für Schubkräfte über den Dämmstoff, die Verklebung und die mechanische Befestigung	8
	Grundsatzprüfung: Tragmechanismen des geklebten + gedübelten Systems	8
	Lösungsansatz – Konzept der kombinierten Befestigung Klebung+Dübelung	9
4.3	LASTABTRAG ÜBER DEN DÄMMSTOFF UND DIE MECHANISCHE BEFESTIGUNG	9
4.4	GRUNDLAGEN DER BEURTEILUNG DER STANDSICHERHEIT DES WDVS – SYSTEMTYPEN (I) UND (II) – WDVS TRAGFÄHIG GEKLEBT	9
5	DIN EN 17.237 – 5 – ASSESSMENT (BEWERTUNG)	9
5.8	BOND STRENGTH / FIXING STRENGTH	9
5.8.2	Bond strength of the adhesive to the thermal insulation	9
	Mängel, Lücken – Trocken-Haftzugfestigkeit des Klebers auf dem Dämmstoff (unzulässiger Mangel)	10
	Lösungsansatz – Anforderung bei Kohäsionsversagen berichtigen	10
	Mängel, Lücken – Nass-Haftzugfestigkeit des Klebers auf dem Dämmstoff (unzulässiger Mangel)	10
	Lösungsansatz – Anforderung anheben	10
5.8.3	Compression behaviour of the thermal insulation in dry conditions	10
5.8.4	Tensile strength perpendicular to the surface of the thermal insulation	10
5.8.5	Bond strength of the reinforced base coat to the thermal insulation	11
5.8.6	Bond strength of the rendering system to the thermal insulation	11
	Mängel, Lücken – Prüfung Zugfestigkeit des Dämmstoffes senkrecht zur Dämmebene (5.8.4), Angabe lediglich Mittelwerte (unzulässiger Mangel)	11
	Lösungsansatz – Stets werden alle Einzelwerte angegeben	11
	Mängel, Lücken – Prüfung Haftverbund des Unterputzes u. Putzsystems am Dämmstoff nur im trockenen Zustand (5.8.5, 5.8.6) (unzulässiger Mangel)	12
	Lösungsansatz – Auch Nassprüfung	12
5.8.7	Fixing strength of mechanical fixing devices	12
5.8.7.1	Variants	12
5.8.7.1.1	Fixing method	12
5.8.7.1.2	Plate anchor	12
5.8.7.1.3	Thermal insulation	13
5.8.7.2	Relevant tests and assessment methods for different fixing methods	13

Tabelle 5.8.7-1:	(Table 2) Fixing methods with required components and possible thermal insulation materials covered by this standard	14
Tabelle 5.8.7-2:	(Table 2) Fixing methods with required components and possible thermal insulation materials covered by this standard	15
Mängel, Lücken	– Prüfung des Schubtragverhaltens der Systeme nicht definiert (<u>unzulässiger Mangel</u>).....	15
Lösungsansatz	– Systemprüfung mit paralleler Bewertung am Beispiel WDVS Typ IIIa/b oder IV mit MW-P, Dübel nach ETAG 014.....	16
Lösungsansatz	– Systemprüfung ohne parallele Bewertung am Beispiel WDVS Typ IIIa/b oder IV mit MW-P, Dübel nach ETAG 014.....	17
Nachweisführung –	Systemprüfung experimentell (in der Norm 17237 zu beschreiben)	19
Abb. 5.8.7-1	Interaktionsdiagramm am Beispiel WDVS Typ IIIa/b oder IV mit MW-P, Dübel nach ETAG 014.....	21
Nachweisführung –	Beurteilung des Tragverhaltens der geklebten + gedübelten Dämmplatte (nicht Gegenstand der Norm 17237)	22
Lösungsansatz –	Beispiel WDVS Typ I oder II mit EPS, XPS, PU (u.a. feste Dämmstoffe) – und dieselben Systeme für Anwendung	24
Typ IIIa/b oder IV mit	EPS, XPS, PU, Dübel nach ETAG 014	24
Abb. 5.8.7-2	Interaktionsdiagramm am Beispiel WDVS Typ I / II mit EPS, XPS, PU (u.a. feste Dämmstoffe).....	26
Mängel, Lücken	– Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III, IV mit EPS (<u>unzulässiger Mangel</u>).....	27
Lösungsansatz	– Anforderung an Haftzugfestigkeit anheben, Systemuntersuchung vorsehen	28
Mängel, Lücken	– Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III, IV mit MW (<u>unzulässiger Mangel</u>).....	28
Lösungsansatz	– Die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben.	28
Mängel, Lücken	– Schubtragverhaltens der Systeme Typen I, II, III mit XPS (<u>unzulässiger Mangel</u>)	28
Lösungsansatz	– Anforderung an Haftzugfestigkeit anheben, Systemuntersuchung vorsehen.	29
Mängel, Lücken	– Schubtragverhaltens der Systeme Typen mit PU, PF und ICB (<u>unzulässiger Mangel</u>)	29
Lösungsansatz	– Systemuntersuchung vorsehen. Die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben ...	29
Mängel, Lücken	– Schaumblockversuche auch bei Systemen hoher Festigkeit? (<u>unzulässiger Mangel</u>)	29
Lösungsansatz	– Die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben	29
Vorschlag	– Fortentwicklung der prEN 17.237	29
Lösungsansatz	– Die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben	30
Mängel, Lücken	– Ansatz der Dämmstoffverklebung in Systemen Typ III, IV, VI (<u>unzulässiger Mangel</u>).....	30
Lösungsansatz	– Die Untergrunddifferenzierung und die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben	31
Mängel, Lücken	– Prüfung der Tragfähigkeit senkrecht zur Wandebene an konditionierten Proben?	31
Lösungsansatz	– Die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben	31
5.8.7.3	Load bearing capacity according to EN 16.382:2016.....	31
Mängel, Lücken	– Mechanische Befestigungen (Teller-, Spiraldübel)	31
Lösungsansatz	– Die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben	32
5.8.7.4	Load bearing capacity according to EN 13.495:2019, method A and B.....	32
6	ZUSAMMENFASSUNG.....	32
ANLAGEN: KEINE		

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 unserer Stellungnahme 20.5.080 vom 06.01.2021 wurde aufgezeigt, in welcher Weise die Normenansätze unvollständig und gelegentlich zu ungenau / falsch sind.

Mit diesem Beitrag werden Lösungsansätze vorgeschlagen.

2 Unterlagen, Grundlagen zum Systemaufbau

Siehe Stellungnahme 20.5.080 vom 06.01.2021

3 Genormte Systemaufbauten und Systemkomponenten

3.1 Aufbau der Fassadensysteme nach EN 17.237

Siehe Stellungnahme 20.5.080 vom 06.01.2021

3.2 Grundanforderungen an die Komponenten

Im Kapitel "1 Scope" werden bereits Grundanforderungen an die Systemkomponenten gestellt. Diese wurden in der Stellungnahme 20.5.080 vom 06.01.2021 zusammengefasst und diskutiert; es ergab sich:

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

- Klebemörtel bzw. Kleber bzw. Klebeschau sind so zu konzipieren / rezeptieren, dass sie feuchtebeständig sind, somit dauerhaft Verbundkräfte aufnehmen können;
- Klebemörtel bzw. Kleber bzw. Klebeschau nehmen, wenn sie eingebaut werden, Kräfte auf, dies ist bei dem vorgesehenen Tragmodell und bei dem definierten Nachweiskonzept zu berücksichtigen.
- Wenn in der Norm einerseits ein Kleberbett und andererseits eine Verklebung beschrieben wird, so würde man dafür dieselben Kleber verwenden; ein verarbeitbarer Kleber muss eine hinreichende Nasshaftung haben, sonst würde er beim Verarbeiten herunterfallen. Ein solcher Kleber nimmt auch im erhärteten Zustand Kräfte auf. Dies ist zumindest als Variante der Befestigung zugrunde zu legen.

Lösungsansatz – Konzept der kombinierten Befestigung Klebung+Dübelung

Beim Konzept des WDVS ist die Wechselwirkung zum Untergrund zu beachten. Der Untergrund kann in Bezug auf den Haftverbund des Klebers "sicher", "eingeschränkt sicher" oder "unsicher" sein. Dies bringt es mit sich, wie das System zu konzipieren ist:

Untergrund – Systemkonzepte:

- "sicher" – das System kann ausschließlich geklebt werden. Wird das System auch gedübelt, könnte im Nachweis der Standsicherheit stets der gemeinsame Lastabtrag angenommen werden.
Dübel nach ETAG 014, Bemessung nur für Wind
- "eingeschränkt sicher" – das System wird immer auch gedübelt. Es wird angenommen, dass die Klebung die Schubkräfte aus Eigenlast und hygothermischen Einwir-

kungen aufnehmen kann. Es können Teilflächen mit Ablösung des Klebers vom Untergrund entstehen.

Das System wird in verschiedenen Varianten geprüft und beurteilt:

Durch Schaumblock- und Durchziehversuche ohne Ansatz des Klebers wird die Standsicherheit des gedübelten Systems untersucht und beurteilt.

Durch Windsog-, Schub- und ggfls. Kombinationsversuche wird das geklebte und gedübelte System untersucht im Hinblick auf Lastabtrag Windsog (quer zur Wandebene), Eigenlast + hygroph. Einwirkungen (in Wandebene) und Kombination der Einwirkungen.

Dübel nach ETAG 014, Bemessung nur für Wind

- "unsicher" – das System wird gedübelt, es wird angenommen, dass die Dübel – im Zusammenspiel mit dem Dämmstoff – alle Kräfte aufnehmen. Der Kleber bleibt unberücksichtigt.

Dübel nach ETAG 020, Bemessung für Wind- und Schubkräfte

Für alle 3 Varianten gilt:

In Abhängigkeit vom jeweiligen Ausnutzungsgrad in den beiden Richtungen wird entschieden, ob Kombinationsversuche durchzuführen sind.

Für die Norm – Wie berücksichtigt man Untergrund und Dübelbefestigung?

Nicht die Eignung des Untergrundes ist zu definieren sondern die Annahme hinsichtlich der Untergrundeignung.

Geht man von nicht-tragender Verklebung aus, sind Dübel nach ETAG 020 zu verwenden. Dübel nach ETAG 014 sind dann unzureichend geeignet.

Geht man von der Untergrundeignung "sicher" oder "eingeschränkt sicher" aus, sind Dübel nach ETAG 014 verwendbar.

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.

Lösungsansatz – Definition der Eigenschaften, Nennung im DoP

Anforderungen werden national festgelegt, im Rahmen der Norm werden die zu beschreibenden Eigenschaften definiert und die Ergebnisse beschrieben.

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.

Lösungsansatz – Definition der Eigenschaften, Nennung im DoP

Anforderungen werden national festgelegt, im Rahmen der Norm werden die zu beschreibenden Eigenschaften definiert und die Ergebnisse beschrieben.

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.

Lösungsansatz – Stets werden alle Einzelwerte angegeben

Hinweis: Ein System kann mit Dämmstoffen verschiedener Hersteller ausgeführt werden, die wesentlichen Systemeigenschaften sind dann jeweils mit dem Dämmstoff zu prüfen.

Parallel zur Systemprüfung werden die Dämmstoffeigenschaften geprüft (Identifikation)

Bei der Prüfung der Zugfestigkeit nach EN 1607 werden auch alle Einzelwerte und die Last-Verformungs-Diagramme dokumentiert.

Bei der Prüfung des Schubmoduls und der Scherfestigkeit nach EN 12090 werden auch alle Einzelwerte und die Last-Verformungs-Diagramme dokumentiert.

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

Damit ist 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.

Damit ist 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.

Lösungsansatz – Definition des Systemtragverhaltens und der Untergrundeinordnung ("sicher", "eingeschränkt sicher" oder "unsicher"), Definition des Dübeltyps

Die zu verwendenden Dübel werden ausreichend genau beschrieben (im Sinne ETAG 014, ETAG 020)

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.

Lösungsansatz – Diese ungeeigneten Systemvarianten weglassen oder einschränken

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

Tiefere Erläuterung siehe Stellungnahme 20.5.080 vom 06.01.2021.

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

Tiefere Erläuterung siehe Stellungnahme 20.5.080 vom 06.01.2021.

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

Tiefere Erläuterung siehe Stellungnahme 20.5.080 vom 06.01.2021.

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

Tiefere Erläuterung siehe Stellungnahme 20.5.080 vom 06.01.2021.

Grundsatzprüfung: Tragmechanismen des geklebten + gedübelten Systems

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

System mit Dübeln befestigt: Die großflächige Ablösung des Klebers würde es erforderlich machen, dass auch die Scheibentragwirkung (Eigenlasten + hygromische 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

Lösungsansatz – Konzept der kombinierten Befestigung Klebung+Dübelung

Beim Konzept des WDVS ist die Wechselwirkung zum Untergrund zu beachten. Der Untergrund kann in Bezug auf den Haftverbund des Klebers "sicher", "eingeschränkt sicher" oder "unsicher" sein. Dies bringt es mit sich, wie das System zu konzipieren ist.

Obenstehend wurde dies weiter ausgeführt.

4.3 Lastabtrag über den Dämmstoff und die mechanische Befestigung

Tieferegehende Erläuterung siehe Stellungnahme 20.5.080 vom 06.01.2021.

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

Tieferegehende Erläuterung siehe Stellungnahme 20.5.080 vom 06.01.2021.

5 DIN EN 17.237 – 5 – Assessment (Bewertung)

5.8 Bond strength / Fixing strength

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
- $\bar{\sigma}_{\text{Hz,rtt}} \geq 80$ 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)

- $\sigma_{\text{Hz,tr}} \geq 80 \text{ kPa}$; ein Messwert darf kleiner sein aber mindestens $\geq 60 \text{ kPa}$

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.

Lösungsansatz – Anforderung bei Kohäsionsversagen berichtigen

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.

Lösungsansatz – Anforderung anheben

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 $23^{\pm 2} \text{ °C} / 50^{\pm 5} \%$ RH
- Konditionierung trocken – Angabe Mittelwert (MW) $\sigma_{\text{F,dry}}$
- Konditionierung feucht – Dämmstoffe MW, PF, WF –
 - Feuchtraum 7 d in $70^{\pm 2} \text{ °C} / 90^{\pm 5} \%$ RH – Rücktrocknung in $23^{\pm 2} \text{ °C} / 50^{\pm 5} \%$ RH
 - Feuchtraum 28 d in $70^{\pm 2} \text{ °C} / 90^{\pm 5} \%$ RH – Rücktrocknung in $23^{\pm 2} \text{ °C} / 50^{\pm 5} \%$ RH
- Rücktrocknung bis zur Massenkonstanz
- Festigkeitsprüfung
 - Konditionierung trocken – Angabe Mittelwert (MW) $\sigma_{\text{F,dry}}$

- Feuchtraum 7 d – Angabe Mittelwert (MW) $\bar{\Delta}F_{\text{wet},7}$ – Referenzmethode
- Feuchtraum 28 d – Angabe Mittelwert (MW) $\bar{\Delta}F_{\text{wet},28}$ – 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 Variationskoeffizient lassen sich die Teilsicherheitsbeiwerte "Streuung" ermitteln. Wenn allerdings weder Quantilwerte noch Variationskoeffizient noch Einzelwerte angegeben werden, ist eine ordnungsgemäße Beurteilung nach nationalen und europäischen Regelwerken nicht möglich.

Lösungsansatz – Stets werden alle Einzelwerte angegeben

Hinweis: Ein System kann mit Dämmstoffen verschiedener Hersteller ausgeführt werden, die wesentlichen Systemeigenschaften sind dann jeweils mit dem Dämmstoff zu prüfen.

Parallel zur Systemprüfung werden die Dämmstoffeigenschaften geprüft (Identifikation)

Bei der Prüfung der Zugfestigkeit nach EN 1607 werden auch alle Einzelwerte und die Last-Verformungs-Diagramme dokumentiert.

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).

Lösungsansatz – Auch Nassprüfung

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

In der Stellungnahme 20.5.080 vom 06.01.2021 wurden zusammenfassend die Inhalte der Abs. 5.8.7.1.1ff aufgeführt, dies wird zum einfacheren Verständnis der nachfolgenden Ausführungen hier zunächst wiederholt:

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 ($d < m_d$)
 - 2) ist nicht unterschritten, die Anker beeinflussen sich nicht gegenseitig ($d \geq m_d$)
- 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 (der Stellungnahme 20.5.080) werden diese Versuche gezeigt und die Vorgehensweise beschrieben.

Folgende Festlegungen sind in der nachstehenden 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

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						
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.

Weiteren Festlegungen (nicht in der Tabelle 5.8.7-1 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

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

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 reicht für geklebte WDVS nicht aus, die Schubkräfte lediglich an den Eigenlasten zu orientieren.

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.

Den vorstehend aufgeführten Hinweis belegen wir im Folgenden durch Betrachtung eines Systems mit Mineralwolle-Dämmplatten, $d = 200$ mm, und mineralischem Putzsystem der Dicke 20 mm (Unterputz 8 mm, $E_P = 5000$, Oberputz 12 mm, $E_P = 2500$). Das Systemgewicht wird zu 60 kg/m², die Feldgröße zu 20 m / 20 m zugrunde gelegt. Schwinden und Temperaturschwankungen werden so angesetzt, dass im Putzsystem die Rissdehnung (Unterputz 0,02 %, Kratzputz 0,015 %) erreicht wird. Bei der Berechnung wird zuerst der Unterputz allein und dessen schwinden zugrunde gelegt. Wenn dann der Oberputz aufgetragen wird, wird dessen Schwindverformung durch den Unterputz behindert.

Folgendes Ergebnis der resultierenden Verformungen wird erzielt:

Maßgebliches Gesamtergebnis der Verformungen:

in der Mitte des betrachteten Eckfeldes der Abm. x, y [mm]:		600	400
Mittlere Fassadendiagonalverschiebung an den Stellen $[x_0+(l_x-x_0)/2] + [y_0+(l_y-y_0)/2]$			
	x-Richtung für c_x min/max		y-Richtung für c_y min/max
max u_x, u_y [mm]	1,09 1,09	1,47	1,47
min u_x, u_y [mm]	-2,44 -2,44	-2,90	-2,90
	Schräg für c_x, c_y min/max	Fassadenfeldgröße [mm]:	
max u_{diag} [mm]	1,83 1,83	Länge	Höhe:
min u_{diag} [mm]	-3,79 -3,79	20000	20000
Winkel α zw. u_{diag} und y-Achse:	36	40	für max u_x, u_y / min u_x, u_y

Aus Eigenlast allein ergibt sich:

LF 4: Verformung des Verbundsystems aus Eigengewicht

Eigenlast des Systems	0,600 kN/m ²		
	min	max	
Bettungssteifigkeit WDVS y (ver.)	0,001610	0,001610	
Verformungen	x-Richtung		y-Richtung für c_y min/max
aus Eigenlast	0,600 kN/m ²	0 0	0,373 0,373

Aus Eigenlast ergibt sich die anteilige Verformung in y-Richtung zu $f = 0,373/2,90 = 12,9$ % bzw. die anteilige Verformung im Vergleich zur größten Schrägverformung: $f = 0,373/3,79 = 9,8$ %. Somit ist nachgewiesen, dass die Eigenlast weniger als 10 % Anteil an der Gesamtverformung des Systems ausmacht.

Lösungsansatz – Systemprüfung mit paralleler Bewertung am Beispiel WDVS Typ IIIa/b oder IV mit MW-P, Dübel nach ETAG 014

Nach aktuellem Regelwerk sind Versuche nach Verfahren A oder B oder A+B durchzuführen. Führt man den Versuch nach Verfahren B durch, so muss in geeigneter

Weise die Kombination der Lasten gewählt werden. Es genügt nicht, als Schubkraft lediglich die Eigenlast zugrunde zu legen, denn diese beträgt nur ca. 5 bis 30 % der maximalen Schubkraft (aus Eigenlast + hygrothermischen Einwirkungen) – im obigen Beispiel ca. 10 %.

Man kann so vorgehen, dass man in Vorversuchen nach Verfahren E die Bettungssteifigkeit und die Schubtragfähigkeit prüft, diese unter Berücksichtigung der Putzsystemeigenschaften rechnerisch bewertet (Ermittlung der maximalen Schubverformung), um damit die "Lastgeschichte" für den Kombinationsversuch festzulegen.

Die Norm liefert dafür keine Hilfsmittel, außerdem müssten geeignete Sicherheitsbeiwerte einfließen, diese werden aber national festgelegt.

Es erscheint sinnvoll, das Prüfen und das Bewerten völlig getrennt voneinander vorzunehmen. Dies wird nachstehend als Lösungsansatz vorgeschlagen.

Lösungsansatz – Systemprüfung ohne parallele Bewertung am Beispiel WDVS Typ IIIa/b oder IV mit MW-P, Dübel nach ETAG 014

Wechselwirkung mit dem Untergrund: Der Untergrund wird angenommen als

- "eingeschränkt sicher" – das System wird immer auch gedübelt. Es wird angenommen, dass die Klebung die Schubkräfte aus Eigenlast und hygrothermischen Einwirkungen aufnehmen kann. Es können Teilflächen mit Ablösung des Klebers vom Untergrund entstehen.

Das System wird in verschiedenen Varianten geprüft und beurteilt:

Untersuchung nur gedübelt. Durch Windsogversuche (Schaublock- und Durchziehversuche) ohne Ansatz des Klebers wird die Standsicherheit des gedübelten Systems untersucht und beurteilt. Damit wird das System für die Teilbereiche untersucht, wo sich der Kleber von der Wand ablöst.

Untersuchung geklebt und gedübelt: Durch Schaublock-Windsog-, Schub- und ggfls. Kombinationsversuche wird das geklebte und gedübelte System untersucht im Hinblick auf Lastabtrag Windsog (quer zur Wandebene), Eigenlast + hygroth. Einwirkungen (in Wandebene) und Kombination der Einwirkungen.

Damit wird das "Interaktionsdiagramm" nach Abb. 5.8.7-1 erarbeitet.

Im Interaktionsdiagramm und in der Statik gelten folgende Bezeichnungen:

- N_E = Zugkrafteinwirkung senkrecht zur Wandebene (Windsog)
- N_R = Zugtragfähigkeit senkrecht zur Wandebene (Windsogtragfähigkeit)
- V_E = Schubkrafteinwirkung parallel zur Wandebene (Eigenlast und Hygrothermische Einwirkungen (Erstschwinden, Temperatur- und Feuchteschwankungen))
- V_R = Schubtragfähigkeit parallel zur Wandebene
- u = zur Schubkraft V zugehörige Verschiebung parallel zur Wandebene
- γ = Sicherheitsbeiwert
- ψ = Kombinationsbeiwert

Indizes / Hochzahlen:

- k = charakteristischer Wert (z.B. Windlast, Windsogtragfähigkeit)

- d = Bemessungswert = um den Sicherheitsbeiwert erhöhte Last und um den Sicherheitsbeiwert verringerte Tragfähigkeit (Widerstand)
E = Einwirkung
R = Widerstand
kmbi = Kombination
 α = Hochzahl in der Interaktionsgleichung

Produkt- und Systemeigenschaften:

- σ_{mt} = Zugfestigkeit des Dämmstoffes senkrecht zur Dämmebene nach EN 1607, Mittelwert
 $\sigma_{5\%t}$ = Zugfestigkeit des Dämmstoffes senkrecht zur Dämmebene nach EN 1607, 5-%-Quantilwert
 T_m = Scherfestigkeit des Dämmstoffes (vertikal und horizontal ggfls. unterschiedlich) parallel zur Dämmebene nach EN 12090, Mittelwert
 G_m = Schubmodul des Dämmstoffes (vertikal und horizontal ggfls. unterschiedlich) parallel zur Dämmebene nach EN 12090, Mittelwert

Im Folgenden wird das "Interaktionsdiagramm" nach Abb. 5.8.7-1 erläutert und die sukzessive Erarbeitung dieses Diagramms geschildert:

Man kann so vorgehen, dass man in Versuchen nach Verfahren E die Bettungssteifigkeit und die Schubtragfähigkeit prüft und dass man in Versuchen nach Verfahren A die Windsogtragfähigkeit prüft.

Das Diagramm kann für verschiedene Varianten des Systems erarbeitet werden, z.B. mit minimaler und maximaler Dübelanzahl sowie mit minimaler und maximaler Dämmdicke.

Dies wird dann insgesamt ein vergleichsweise großer Aufwand, es ist daher sinnvoll, die Versuchsserien auf die ungünstigsten Varianten zu beschränken.

Typischerweise tragen Dämmplatten Windsogkräfte über die Dübelung mit größeren Dämmdicken mit zunehmenden Tragfähigkeiten ab. Man könnte die kleinste Dämmdicke prüfen und das Ergebnis auch auf größere Dämmdicken anwenden.

Typischerweise tragen Dämmplatten Schubkräfte über die Klebung mit größeren Dämmdicken mit abnehmenden Tragfähigkeiten ab – jedoch nimmt die Steifigkeit mit größeren Dämmdicken ebenfalls ab und Schubkräfte werden dadurch gleichmäßiger verteilt. Im Regelfall haben wir in der Vergangenheit bei kleineren Dämmdicken die größeren Ausnutzungsgrade diesbezüglich erzielt.

Das Schubtragverhalten ist im Regelfall nur wenig von der Dübelichte abhängig, würde aber mit zunehmender Dübelichte zunehmen. Das System sollte aber mit geringer Dübelmenge ausreichend Tragfähigkeit für Schubkräfte aufweisen. Die Systemprüfung könnte auf die Variante minimale Dübelmengen beschränkt werden.

Diese Erfahrungswerte kann man dazu heranziehen, sich auf die Prüfung der ungünstigsten Variante (kleine Dämmdicke, kleine Dübelmenge) zu beschränken.

Das System eines Systemherstellers wird in der Regel mit Dämmplatten verschiedener Hersteller verarbeitet. Die Ergebnisse für ein spezielles Dämmstoffprodukt wäre kaum vom Putzsystem bzw. Kleber abhängig. Man würde also – wie bisher – so vorgehen,

dass der Dämmstoffhersteller Dämmstofftyp-Dübeltyp-Kombinationen prüfen lassen kann und die Ergebnisse seinen Kunden – also zahlreichen Systemherstellern – zur Verfügung stellen kann.

Nachweisführung – Systemprüfung experimentell (in der Norm 17237 zu beschreiben)

Für die zu prüfende Systemvariante geht man wie folgt vor:

- Die zu beurteilende Dämmplattencharge wird nach EN 1607 (Zugfestigkeit, Mittelwert σ_{mt} und der Quantilwert $\sigma_{5\%t}$) und EN 12090 (Schubtragverhalten, Mittelwerte) geprüft, es werden die Last-Verformungs-Diagramme aufgezeichnet, diese werden zusammen mit der Angabe aller Einzelwerte zzgl. der Mittelwerte (und Quantilwerte) dokumentiert. Auch das Raumgewicht wird dokumentiert
- Es wird geprüft, ob die Charge den gewollten Festigkeiten entspricht, eine Festigkeit deutlich über den deklarierten Werten wäre nicht gut, dann wäre ein erheblicher Normierungsanteil von den Systemtragfähigkeiten abzuziehen.
- Die Zugfestigkeit der Dämmplatten senkrecht zur Dämmebene (EN 1607) wird im Anlieferungszustand und nach Konditionierung bestimmt, damit wird der "Alterungsreduktionsfaktor" bestimmt. Beträgt die Zugfestigkeit der Dämmplatten nach Konditionierung weniger als 80 % der Zugfestigkeit im Anlieferungszustand, sind auch die Schubversuche nach EN 12090 nach Konditionierung durchzuführen.
- Die wesentliche Eigenschaft hinsichtlich der Einordnung der Platte ist die Zugfestigkeit senkrecht zur Dämmebene, diese wird als Mittelwert σ_{mt} ("TR...") und als Quantilwert $\sigma_{5\%t}$ angegeben.

Prüfung der gedübelten (unverklebten) Dämmplatte (Simulation abgelöster Kleber)

- Durch Schaumblockversuche (Verf. A) an der gedübelten, unverklebten Dämmplatte und ggfls. ergänzend an Durchziehversuchen wird die Systemtragfähigkeit für Windsog für gewählte Dübelbilder bestimmt. Im Schaumblockversuch sind mindestens die minimale und die maximale Dübeldichte zu prüfen.
- Die Prüfung kann an verschiedenen Plattendicken erfolgen, wenn dies gewünscht wird. Die Ergebnisse sind auf die geprüfte und größere Plattendicken anzuwenden.
- Im Grundsatz gilt: Versuche zur Bemessung der Systemtragfähigkeit sind die Schaumblockversuche, mit Durchziehversuchen werden Einflussparameter bestimmt:
- Durch vergleichende Durchziehversuche werden die Tragfähigkeit der "Flächendübel" und der "Fugendübel" bestimmt, damit wird der "Fugenreduktionsfaktor" (Verhältniswert der Mittelwerte) bestimmt.
- Durch vergleichende Durchziehversuche werden die Tragfähigkeit der Dämmplatten im Anlieferungszustand und der Dämmplatten nach Konditionierung bestimmt, damit wird der "Alterungsreduktionsfaktor" (Verhältniswert der Mittelwerte) bestimmt. Hierauf kann verzichtet werden, wenn die Prüfung der Zugfestigkeit der Dämmplatten senkrecht zur Dämmebene (EN 1607) nach Konditionierung mindestens 80 % der Zugfestigkeit im Anlieferungszustand erreicht.
- Vorteilhaft wäre die Schaumblock-Prüfung von je 5 Proben, mindestens 3 Proben jeweils werden unbedingt benötigt. Das wesentliche Ergebnis einer jeweiligen

Versuchsserie ist der (normierte) Quantilwert der Tragfähigkeit N_{Rk} (für das Dübelbild); anzugeben sind aber alle Einzelwerte und die Last-Verformungs-Diagramme. Alternativ zum Quantilwert könnte der Kleinstwert zugrunde gelegt werden.

- Die Tragfähigkeiten werden normiert mit dem Verhältniswert $f = \sigma_{mt}$ (Nennwert, TR...) / σ_{mt} (Charge)

Prüfung der geklebten + gedübelten Dämmplatte (Simulation Normalfall)

Es wird die wichtigste zu prüfende Variante (z.B. dünne Dämmplatte, kleinste Dübelichte) gewählt, ggfls. werden dazu Vorversuche durchgeführt.

- Durch Schaumblockversuche (Verf. A) an der geklebten + gedübelten Dämmplatte wird die Systemtragfähigkeit für Windsog bestimmt. Wenn man der Aufwand minimieren möchte, verzichtet man auf diese Versuchsserie und legt – auf der sicheren Seite liegend – das Ergebnis der Schaumblockversuche am nur gedübelten System zugrunde.
- Wenn Versuche durchgeführt werden: Vorteilhaft wäre die Prüfung von 5 Proben, mindestens 3 Proben werden unbedingt benötigt. Das wesentliche Ergebnis dieser Versuchsserie ist der (normierte) Quantilwert der Tragfähigkeit N_{Rk} (für das Dübelbild); anzugeben sind aber alle Einzelwerte und die Last-Verformungs-Diagramme. Alternativ zum Quantilwert könnte der Kleinstwert zugrunde gelegt werden
- Die Tragfähigkeit wird normiert mit dem Verhältniswert $f = \sigma_{mt}$ (Nennwert, TR...) / σ_{mt} (Charge)
- Durch Schubversuche (Verf. E) an der geklebten + gedübelten Dämmplatte wird das Systemtragverhalten (Steifigkeit und Tragfähigkeit) für Schubkrafteinwirkung bestimmt.

Vorteilhaft wäre die Prüfung von 3 Proben je Richtung (vertikal, horizontal) mindestens 2 Proben je Richtung werden unbedingt benötigt. Das wesentliche Ergebnis dieser Versuchsserie ist der (normierte) Mittelwert der Bettungssteifigkeit und der Mittelwert der Schubtragfähigkeit V_{Rk} (für das Dübelbild); anzugeben sind aber alle Einzelwerte und die Last-Verformungs-Diagramme.

Wenn die Belastungsrichtungen nah beieinander liegende Ergebnisse erbringen, wird vom Mittelwert aus beiden Richtungen ausgegangen und der weiteren Beurteilung zugrunde gelegt. Liegen die Ergebnisse der beiden Richtungen recht weit auseinander (Abweichung über 20 %), sind die Betrachtungen getrennt voneinander zu dokumentieren.

- Die Tragfähigkeit wird normiert mit dem Verhältniswert $f = T_m$ (Nennwert) / T_m (Charge), die Bettungssteifigkeit wird normiert mit dem Verhältniswert $f = G_m$ (Nennwert) / G_m (Charge)
- Mit diesen Versuchsergebnissen sind die Werte N_{Rk} und V_{Rk} im Interaktionsdiagramm nach Abb. 5.8.7-1 definiert.
- Es sollte zusätzlich zur Darstellung N_R über V_R eine Darstellung N_R über u_R erfolgen, denn es kann vorteilhaft sein, den statischen Nachweis über die Verformung / Verformbarkeit zu führen.

- Es ist zu entscheiden, ob man Kombinationsversuche durchführt: Es darf ohne Nachweis angenommen werden, dass die Interaktion N über V linear verläuft (In Abb. 5.8.7-1 als " $\alpha = 1$ " tituliert)
- Es werden die Kombinationsversuche durchgeführt. Vorteilhaft wäre die Prüfung von 3 Proben je Richtung (vertikal, horizontal) mindestens 2 Proben je Richtung werden unbedingt benötigt. An Proben wie vor (Schaumblockversuche (Verf. A) bzw. Schubversuche (Verf. E), d.h. am geklebten + gedübeltes System werden Kombinationsversuche nach dem Verfahren C durchgeführt.

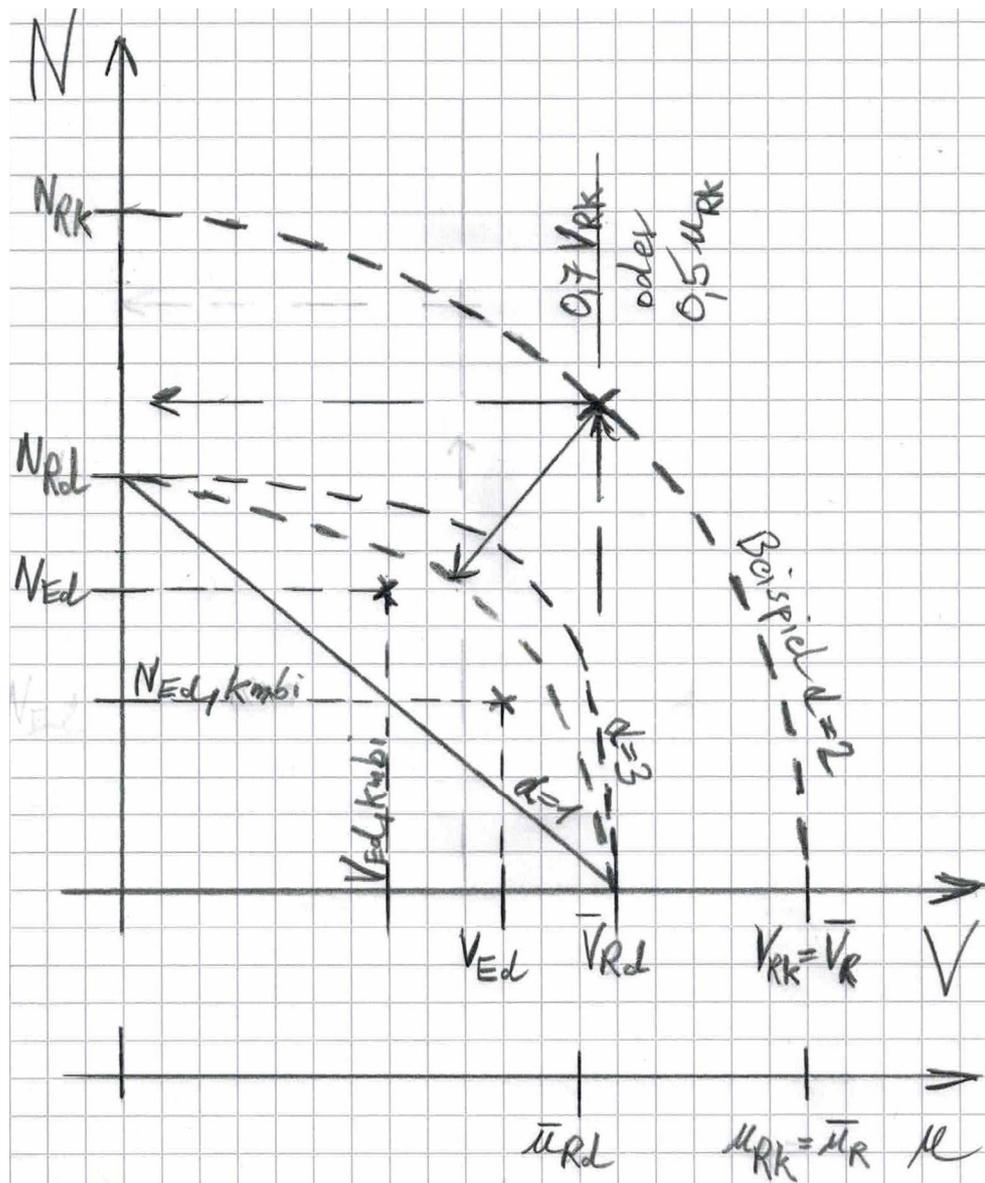


Abb. 5.8.7-1 Interaktionsdiagramm am Beispiel WDVS Typ IIIa/b oder IV mit MW-P, Dübel nach ETAG 014

Die Bewertung des Schubtragverhaltens kann auf Basis der Schubkräfte oder auf Basis der Verformungen geführt werden. Die Kombinationsversuche sollten mit Schubkraft $0,7 V_{Rk}$ oder mit $0,5 u_{Rk}$ gefahren werden, d.h. die Proben werden bis zum Erreichen dieser Schubkraft (Schubverformung) "auf Schub" beansprucht und

dann mit Zugkrafteinwirkung senkrecht zu Dämmebene bis zum Versagen belastet. Der Versuch wird nach EN 13495 (Verfahren C) durchgeführt.

Angegeben werden alle Einzelwerte der Ergebnisse und die Last-Verformungs-Diagramme. Hinsichtlich der Tragfähigkeit senkrecht zur Dämmebene $N_{R,kmbi}$ ist das maßgebliche Ergebnis der 5%-Quantilwert dieser Versuchsserie. Alternativ zum Quantilwert könnte der Kleinstwert zugrunde gelegt werden

Wenn die Belastungsrichtungen hinsichtlich der Schubbeanspruchung nah beieinander liegende Ergebnisse erbringen, wird vom Mittelwert aus beiden Richtungen ausgegangen und der weiteren Beurteilung zugrunde gelegt. Liegen die Ergebnisse der beiden Richtungen recht weit auseinander (Abweichung über 20 %), sind die Betrachtungen getrennt voneinander zu dokumentieren.

- Die Tragfähigkeit senkrecht zur Dämmebene wird normiert mit dem Verhältniswert $f = \sigma_{mt} \text{ (Nennwert, TR...)} / \sigma_{mt} \text{ (Charge)}$
- Die Tragfähigkeit parallel zur Dämmebene wird normiert mit dem Verhältniswert $f = \tau_m \text{ (Nennwert)} / \tau_m \text{ (Charge)}$, die Bettungssteifigkeit wird normiert mit dem Verhältniswert $f = G_m \text{ (Nennwert)} / G_m \text{ (Charge)}$ – dies sollte bereits bei der Festlegung der einzuleitenden Kräfte (bzw. Verformungen) berücksichtigt worden sein.
- Mit diesem Ergebnis kann die Interaktionskurve erarbeitet werden.

Die eingeleitete Schubkraft bzw. Schubverformung und die festgestellte Tragfähigkeit senkrecht zur Dämmebene werden im Folgenden mit dem Index "kmbi" versehen, das Interaktionsdiagramm kann mit "bezogenen" Kräften bzw. Verformungen (Verhältniszerte) erstellt werden, somit x-Achse: $V_{R,kmbi} / V_{Rk}$ und y-Achse: $N_{R,kmbi} / N_{Rk}$. Die Schnittpunkte der Kurve auf den Achsen liegen dann bei 1,0

Die Interaktionskurve wird mit der Gleichung ("Interaktionsgleichung")

$$\left(N_{R,kmbi} / N_{Rk} \right)^\alpha + \left(V_{R,kmbi} / V_{Rk} \right)^\alpha = 1 \quad (\text{Gl. 5.8.7-1})$$

beschrieben. Aus dem Ergebnis $N_{R,kmbi}$ wird die Hochzahl α in der Gleichung 5.8.7-1 ermittelt.

Nachweisführung – Beurteilung des Tragverhaltens der geklebten + gedübelten Dämmplatte (nicht Gegenstand der Norm 17237)

Die Beurteilung der Ergebnisse erfolgt nach nationalen Anwendungsregeln.

Die Norm könnte die Nachweisführung strukturell beschreiben. Bei dem vorstehend ausgearbeiteten Vorschlag ist es aber nicht erforderlich, strukturelle Grundlagen der Beurteilung in die Norm einzubeziehen.

Im Folgenden werden aber Grundlagen diesbezüglich behandelt, um den Beteiligten einen Gesamteinblick in das Gesamtkonzept "Prüfen + Beurteilen" zu geben.

Hinweise: Windsog kann auf das **System mit versagender Verklebung** einwirken, dazu ist der Nachweis auf Basis der vorstehend aufgeführten Ausführungen "**Prüfung der gedübelten (unverklebten) Dämmplatte (Simulation abgelöster Kleber)**" zu führen.

Windsog kann auf das **System mit funktionstüchtiger Verklebung** einwirken, dazu ist der Nachweis auf Basis der vorstehend aufgeführten Ausführungen "**Prüfung der**

geklebten + gedübelten Dämmplatte (Simulation Normalfall)" zu führen. Auf diese Untersuchung könnte verzichtet werden.

Die Standsicherheit in der Einwirkungskombination Eigenlast + hygrothermische Einwirkungen kann kraft- oder verformungsbasiert geführt werden. In den deutschen Zulassungsverfahren wurde beides praktiziert.

Statische Nachweise

1.) Windsog $N_{Rd} = \frac{N_{RK}}{\gamma_M}$ $N_{Ed} = w_e \cdot j_L$ $j_L = 1,5$

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

2.) Eigenlast g + Hygrothermische Einwirkungen E_H

a) über V $V_{Rd} = \frac{V_{RK}}{\gamma}$ $V_{RK} = \bar{V}_R$ (Mittelwert)

$$V_{Ed} = g \cdot j_L(g) + E_H \cdot j_L(E) \quad j_L(g) = 1,35$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

b) über μ $U_{Rd} = \frac{U_{RK}}{\gamma}$ $U_{RK} = \bar{U}_R$ (Mittelwert)

$$\mu_{Ed} = \mu(g \cdot j_L(g)) + \mu(E_H \cdot j_L(E))$$

3.) Kombination

a) Fall volle Windlast, eingeschränkte hygrothermische Einw.

$$N_{Ed} \text{ und } V_{Ed, \text{kombi}} = V_{Ed} \cdot \psi$$

b) Fall eingeschränkte Windlast, volle hygrothermische Einw.

$$N_{Ed, \text{kombi}} = N_{Ed} \cdot \psi \quad \text{und } V_{Ed}$$

Die Nachweise können auch über die Verformungen geführt werden

Nachweis: Die Kombinationen der Einwirkungen bleiben unter der Interaktionskurve

Die Standsicherheit in der Einwirkungskombination Windsog + Eigenlast + hygrothermische Einwirkungen kann demzufolge ebenfalls kraft- oder verformungsbasiert geführt werden.

Im Interaktionsdiagramm nach Abb. 5.8.7-1 wird aus der Kurve N_{Rk} über V_{Rk} die Kurve N_{Rd} über V_{Rd} erarbeitet. Hier fließen die Teilsicherheitsbeiwerte "Material" ein, die national festgelegt werden und sich aus verschiedenen Anteilen zusammensetzen können. Hierbei werden Alterungseffekte, Fehlerempfindlichkeit des Systems, ggfls. die Sprödigkeit des Systems und die Streuung der Versuchsergebnisse berücksichtigt. Für die beiden Belastungsrichtungen können verschiedene Teilsicherheitsbeiwerte Material entstehen.

Es können nun dem statischen Nachweis beispielsweise 2 Lastkombinationen berücksichtigt werden:

- (1) Im Fall maximaler Windsogwirkung wird die Einwirkung aus hygrothermischen Einwirkungen mit einem Kombinationsbeiwert ψ_1 reduziert.
- (2) Im Fall des maximalen hygrothermischen Zwangs wird die Einwirkung aus Wind mit einem Kombinationsbeiwert ψ_2 reduziert.

Grundlagen zu den Berechnungen der Systemverformungen aus Eigenlast und hygrothermischen Einwirkungen und der daraus zurückzurechnenden resultierenden Schubkräfte wurden in der Stellungnahme 20.5.080 vom 06.01.2021 in der Anlage aufgeführt.

Lösungsansatz – Beispiel WDVS Typ I oder II mit EPS, XPS, PU (u.a. feste Dämmstoffe) – und dieselben Systeme für Anwendung ... Typ IIIa/b oder IV mit EPS, XPS, PU, Dübel nach ETAG 014

System geklebt:

Wechselwirkung mit dem Untergrund: Der Untergrund wird angenommen als

- "sicher" – das System kann ausschließlich geklebt werden. Wird das System auch gedübelt, könnte im Nachweis der Standsicherheit stets der gemeinsame Lastabtrag angenommen werden.

Der Dämmstoff ist typisiert und nach Dämmstoffnorm durch Eigenschaftsklassen beschrieben. Es ist für derartige Dämmstoffe eine Prüfung herstellerübergreifend denkbar (Auftraggeber: Verband ?)

Für die zu prüfende Systemvariante geht man wie folgt vor:

- Die zu beurteilende Dämmplattencharge wird nach EN 1607 (Zugfestigkeit, Mittelwert σ_{mt} und der Quantilwert $\sigma_{5\%t}$) und EN 12090 (Schubtragverhalten, Mittelwerte) geprüft, es werden die Last-Verformungs-Diagramme aufgezeichnet, diese werden zusammen mit der Angabe aller Einzelwerte zzgl. der Mittelwerte (und Quantilwerte) dokumentiert. Auch das Raumgewicht wird dokumentiert
- Es wird geprüft, ob die Charge den gewollten Festigkeiten entspricht, eine Festigkeit deutlich über den deklarierten Werten wäre nicht gut, dann wäre ein erheblicher Normierungsanteil von den Systemtragfähigkeiten abzuziehen.
- **Für alterungsempfindliche Dämmstoffe gilt zusätzlich (nicht EPS, nicht XPS):** Die Zugfestigkeit der Dämmplatten senkrecht zur Dämmebene (EN 1607) wird im

Anlieferungszustand und nach Konditionierung bestimmt, damit wird der "Alterungsreduktionsfaktor" bestimmt. Beträgt die Zugfestigkeit der Dämmplatten nach Konditionierung weniger als 80 % der Zugfestigkeit im Anlieferungszustand, sind auch die Schubversuche nach EN 12090 nach Konditionierung durchzuführen.

- Die wesentliche Eigenschaft hinsichtlich der Einordnung der Platte ist die Zugfestigkeit senkrecht zur Dämmebene, diese wird als Mittelwert σ_{mt} ("TR...") und als Quantilwert $\sigma_{5\%t}$ angegeben.

Prüfung der geklebten (+ ggfls. konst. gedübelten) Dämmplatte (Sim. Normalfall)

Es wird die wichtigste zu prüfende Variante (z.B. dünne Dämmplatte) gewählt, ggfls. werden dazu Vorversuche durchgeführt.

- Schaumblockversuche nach dem Verfahren A an der geklebten Dämmplatte gelingen nicht, die Lasteinleitung ist für die Tragfähigkeiten dieser Systeme nicht geeignet. Die Systemtragfähigkeit für Windsog wird rechnerisch auf der Basis der Haftzugversuche (Kleber-Dämmstoff) bestimmt.
- Durch Schubversuche (Verf. E) an der geklebten (+ gedübelten) Dämmplatte wird das Systemtragverhalten (Steifigkeit und Tragfähigkeit) für Schubkrafteinwirkung bestimmt.

Vorteilhaft wäre die Prüfung von 3 Proben je Richtung (vertikal, horizontal) mindestens 2 Proben je Richtung werden unbedingt benötigt. Das wesentliche Ergebnis dieser Versuchsserie ist der (normierte) Mittelwert der Bettungssteifigkeit und der Mittelwert der Schubtragfähigkeit V_{Rk} (für das Dübelbild); anzugeben sind aber alle Einzelwerte und die Last-Verformungs-Diagramme.

Wenn die Belastungsrichtungen nah beieinander liegende Ergebnisse erbringen, wird vom Mittelwert aus beiden Richtungen ausgegangen und der weiteren Beurteilung zugrunde gelegt. Liegen die Ergebnisse der beiden Richtungen recht weit auseinander (Abweichung über 20 %), sind die Betrachtungen getrennt voneinander zu dokumentieren.

- Die Tragfähigkeit wird normiert mit dem Verhältniswert $f = T_m$ (Nennwert) / T_m (Charge), die Bettungssteifigkeit wird normiert mit dem Verhältniswert $f = G_m$ (Nennwert) / G_m (Charge)
- Mit diesen Versuchsergebnissen sind die Werte N_{Rk} und V_{Rk} im Interaktionsdiagramm nach Abb. 5.8.7-2 definiert.
- Es sollte zusätzlich zur Darstellung N_R über V_R eine Darstellung N_R über u_R erfolgen, denn es kann vorteilhaft sein, den statischen Nachweis über die Verformung / Verformbarkeit zu führen.
- Es ist zu entscheiden, ob man Kombinationsversuche durchführt: Es darf ohne Nachweis angenommen werden, dass die Interaktion N über V linear verläuft (In Abb. 5.8.7-2 als " $\alpha = 1$ " tituliert)

Hinweis: Da die Belastung senkrecht zur Dämmebene typischerweise nur eine sehr geringe Ausnutzung mit sich bringt ($N_{Rk} = 30$ kPa, $N_{Rd} = 7,5$ kPa (angenommen: $\gamma_M = 4,0$), $N_{Ek} = 1,6$ kPa (Windsog), $N_{Ed} = 2,4$ kPa, Ausnutzung nur $2,4 / 7,5 = 32$ %, würde die Durchführung von Kombiversuchen keinen großen Nutzen bringen, denn im Regelfall würde man bei statischen Nachweis sowieso unterhalb der Interaktionskurve mit $\alpha = 1$ bleiben.

Wenn man einen Kombinationsversuch durchführt, wäre Verfahren D sinnvoll, denn bei Systemen mit hohem Widerstand N_{RK} lässt sich der Schaumblockversuch nicht bis zum Bruch der Probe durchführen. Vorher versagt der Schaum der Lasteinleitung.

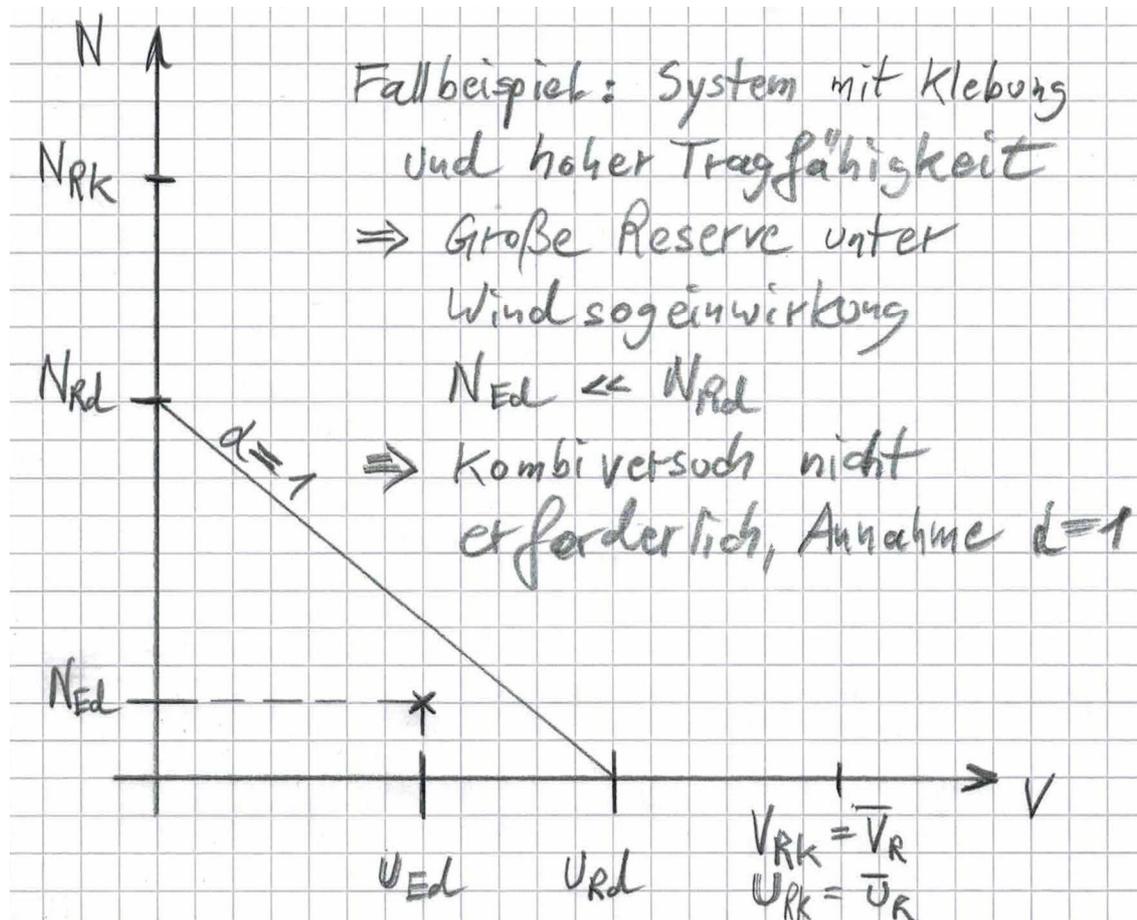


Abb. 5.8.7-2 Interaktionsdiagramm am Beispiel WDVS Typ I / II mit EPS, XPS, PU (u.a. feste Dämmstoffe)

System geklebt + gedübelt (Typ IIIa/b oder IV):

Wechselwirkung mit dem Untergrund: Der Untergrund wird angenommen als

- "eingeschränkt sicher" – das System wird immer auch gedübelt. Es wird angenommen, dass die Klebung die Schubkräfte aus Eigenlast und hygrothermischen Einwirkungen aufnehmen kann. Es können Teilflächen mit Ablösung des Klebers vom Untergrund entstehen.

Untersuchung nur gedübelt. Durch Windsogversuche (Schaumblock- und Durchziehversuche) ohne Ansatz des Klebers wird die Standsicherheit des gedübelten Systems untersucht und beurteilt. Damit wird das System für die Teilbereiche untersucht, wo sich der Kleber von der Wand ablöst.

Prüfung der gedübelten (unverklebten) Dämmplatte (Simulation abgelöster Kleber)

- Durch Schaumblockversuche (Verf. A) an der gedübelten, unverklebten Dämmplatte und ggfls. ergänzend an Durchziehversuchen wird die Systemtragfähigkeit für

Windsog für gewählte Dübelbilder bestimmt. Im Schaumblockversuch sind mindestens die minimale und die maximale Dübelichte zu prüfen.

- Die Prüfung kann an verschiedenen Plattendicken erfolgen, wenn dies gewünscht wird. Die Ergebnisse sind auf die geprüfte und größere Plattendicken anzuwenden.
- Im Grundsatz gilt: Versuche zur Bemessung der Systemtragfähigkeit sind die Schaumblockversuche, mit Durchziehversuchen werden Einflussparameter bestimmt:
- Durch vergleichende Durchziehversuche werden die Tragfähigkeit der "Flächendübel" und der "Fugendübel" bestimmt, damit wird der "Fugenreduktionsfaktor" (Verhältniswert der Mittelwerte) bestimmt.
- Durch vergleichende Durchziehversuche werden die Tragfähigkeit der Dämmplatten im Anlieferungszustand und der Dämmplatten nach Konditionierung bestimmt, damit wird der "Alterungsreduktionsfaktor" (Verhältniswert der Mittelwerte) bestimmt. Hierauf kann verzichtet werden, wenn die Prüfung der Zugfestigkeit der Dämmplatten senkrecht zur Dämmebene (EN 1607) nach Konditionierung mindestens 80 % der Zugfestigkeit im Anlieferungszustand erreicht.
- Vorteilhaft wäre die Schaumblock-Prüfung von je 5 Proben, mindestens 3 Proben jeweils werden unbedingt benötigt. Das wesentliche Ergebnis einer jeweiligen Versuchsserie ist der (normierte) Quantilwert der Tragfähigkeit N_{Rk} (für das Dübelbild); anzugeben sind aber alle Einzelwerte und die Last-Verformungs-Diagramme. Alternativ zum Quantilwert könnte der Kleinstwert zugrunde gelegt werden.
- Die Tragfähigkeiten werden normiert mit dem Verhältniswert $f = \sigma_{mt}$ (Nennwert, TR...) / σ_{mt} (Charge)

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 der Stellungnahme 20.5.080 aufgeführt ist.

Lösungsansatz – Anforderung an Haftzugfestigkeit anheben, Systemuntersuchung vorsehen

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

Das Schubtragverhalten wird nach Verf. E geprüft. Das Windsogtragverhalten als geklebte System wird über die Haftzugversuche geprüft, das Windsogtragverhalten als gedübeltes System wird nach Verfahren A und ggfls. mittels Durchziehversuchen geprüft. Ein Kombinationsversuch ist nur optional; obenstehend wurde dies näher ausgeführt.

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 Standsicherheit Feldbegrenzungen (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.

Lösungsansatz – Die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben.

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: $\sigma_{\text{Hz,ns}} \geq 30 \text{ kPa}$;
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.

Lösungsansatz – Anforderung an Haftzugfestigkeit anheben, Systemuntersuchung vorsehen.

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

Das Schubtragverhalten wird nach Verf. E geprüft. Das Windsogtragverhalten als geklebte System wird über die Haftzugversuche geprüft, das Windsogtragverhalten als gedübeltes System wird nach Verfahren A und ggfls. mittels Durchziehversuchen geprüft. Ein Kombinationsversuch ist nur optional; obenstehend wurde dies näher ausgeführt.

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.

Lösungsansatz – Systemuntersuchung vorsehen. Die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben

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.

Lösungsansatz – Die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben

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.

Lösungsansatz – Die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben

Bei dem vorgeschlagenen Lösungsansatz wurde dafür gesorgt, dass man die Prüfung des Systems durchführen kann ohne gleichzeitig / parallel die Beurteilung vorzunehmen. Dies bedeutet, dass man die Nachweisregeln und natürlich demzufolge auch nicht die Sicherheitsbeiwerte normen muss.

Die Versuche sind so zu konzipieren, dass mit Datenmaterial eine wirtschaftliche Beurteilung möglich ist. Dies war bei der vorstehend dargestellt Lösung das Ziel.

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 (Schaublockversuche) 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 –

abschert. 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.

Lösungsansatz – Die Untergroundifferenzierung und die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben

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.

Lösungsansatz – Die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben

Auf die hygrothermische Konditionierung wurde eingegangen.

Für eine mechanische Konditionierung sind noch Regeln zu überlegen, versuchstechnisch beinhaltet EN 13.495 schon Angaben.

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.

Lösungsansatz – Die Nachweisführung wurde obenstehend beschrieben

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.

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 unserer Stellungnahme 20.5.080 vom 06.01.2021 wurde aufgezeigt, in welcher Weise die Normenansätze unvollständig und gelegentlich zu ungenau / falsch sind.

Mit diesem Beitrag werden Lösungsansätze vorgeschlagen.

Intensiv wird behandelt, wie die Systemversuche nach den Verfahren A bis E sinnvoll eingesetzt werden und wie sie – unter Berücksichtigung nationaler Regeln – bewertet werden können.

Auf eine Zusammenfassung im einzelnen wird verzichtet.

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

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

Dortmund, 19.02.2021

Dr.-Ing. Heribert Oberhaus

Dipl.-Ing. Detlef Keßler

Dr.-Ing. habil. Klaus Block

Dipl.-Ing. Rainer Becker

ANLAGEN: keine