

VERPUTZTE KOMPAKTFASSADEN MIT AUSSENDÄMMUNG UNTER THERMISCHER BELASTUNG

Erörterung (pdf) und Rechenmodell (Excel – Programm) zur Problematik der Rissbildung über Dämmstoff – Plattenfugen aus behinderter Kälte – Kontraktion.

Ersetzt die entsprechende Abhandlung und das Rechenprogramm von Februar 2011

1. Allgemeine Problemstellung

Verputzte Dämmschichten von Aussenwandkonstruktionen (so genannte Kompaktfassaden) führen – temperaturbedingt, und / oder als Folge von ungenügender Dimensionsstabilität der Dämmplatten – oftmals zu Rissen im Deckputz, vorzugsweise als Abzeichnung der überbrückten Plattenfugen.

Namentlich in den Entwicklungsjahren dieses kostengünstigen Fassadensystems führten die mehrheitlich mit Polystyrolplatten gedämmten Flächen zu den erwähnten Putzschäden. Als Ursache des Übels wurde das übermässige Schwindverhalten von „nicht abgehangenen“, fabrikneuen Platten erkannt, wobei die Rissbildung mit zunehmendem Raumgewicht (und damit steigendem Steifemodul) dieses Putzträgers zunahm. Durch entsprechende Anpassungen in der Materialwahl gilt aber heute die „Polystyrolfassade“ diesbezüglich als beherrschbar.

Werden als Kompaktdämmung an der Fassade sogenannte hart – spröde Materialien verwendet, so erfolgt als Positivum keine Spannungsübertragung aus „Schwinden oder Quellen“ auf den Verputz statt. Hingegen sind auch solche Platten der thermischen Verformung je nach ihrem spezifischen Ausdehnungskoeffizienten (α_t) unterworfen und üben in diesem Fall ihrerseits Zugspannungen im Verputzquerschnitt aus. Hinzu kommt als weiteres Risiko, dass deren Steifemodul (E – Modul) u. U. ein Vielfaches höher ist als bei Polystyrol – oder Mineralfaserplatten, wodurch im Putz tendenziell grössere Zugkräfte erzeugt werden.

Es ist das Ziel, den physikalischen Zusammenhang modellhaft darzustellen und für Vergleichs - betrachtungen ein xls – Rechenmodell zu entwickeln.

2. Idealisierter Modellansatz

Bild 1 zeigt den prinzipiellen Zusammenhang:

Die rückseitig auf die Tragwand geklebten Wärmedämmplatten sind einem Temperaturgefälle „innen – aussen“ ausgesetzt, wobei die Rückseite der Platte (je nach U – Wert der Wand) annähernd noch Raumtemperatur, die Aussenseite unter Putz jedoch Aussentemperatur aufweist. Dadurch erfährt die Ursprungslänge dieser Plattenseite kaltseitig eine thermisch bedingte Verkürzung entsprechend des Ausdehnungskoeffizienten des Dämmstoffmaterials (α_t), der Plattenlänge (L_{WD}) sowie je nach herrschender Temperaturdifferenz „innen – aussen“ (Δt). Zur Bestimmung der auf den Putzquerschnitt über der Fuge einwirkenden Rückstellkraft ist dabei aber auch die behinderte Kontraktion des „Putzes auf Dämmung“ selber (Verbundquerschnitt) zu berücksichtigen.

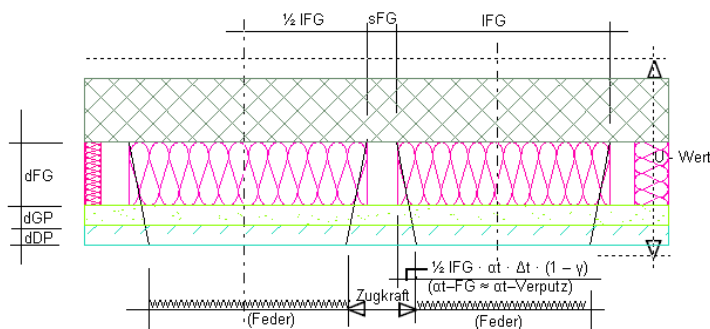


Bild 1: Prinzipschema

Durch die Kontraktionskraft aus Dämmung + Putzschicht wird der Putzquerschnitt über der Plattenfuge (ohne Verbund zum Untergrund!) soweit gedehnt, bis:

→ entweder die in ihm (dem Putzquerschnitt) entstehende Zugkraft zur (dadurch abnehmenden) Kontraktionskraft gerade im Gleichgewicht ist,

→ oder bis die Bruchspannung im Querschnitt (vor dem Kräftegleichgewicht) überschritten wird und der Putz reißt.

Um den Zusammenhang rechnerisch verfolgen zu können, müssen zahlreiche Einflussfaktoren definiert werden, wobei sich dann, wenn zusätzlich nach den üblicherweise unterschiedlichen Eigenschaften von Grundputz und Deckputz differenziert werden soll, die Variabilität (und Resultattoleranz!) deutlich erhöht.

Erfasst im fraglichen xls – Rechenmodell ist auch die Option, wonach die vollständige Behinderung der thermischen Kontraktionen des Dämmstoffs teilweise abgebaut wird durch so genannten „Schlupf“ innerhalb eines (schub -) verformungsfähigen Grundputzes – mit dank dessen nur noch reduzierter, Rückstellkraft auf den Putzquerschnitt. Dieser günstige Einfluss ist im Einzelfall aber recht ungewiss und soll primär für Vergleichsbetrachtungen abgefragt werden können. Dieser „Schlupf“ wird dabei vereinfachend so erfasst, dass von der realen Temperaturdifferenz bloss ein Bruchteil (z.B. bei 80% vermutetem „Schlupf“ nur 20% Differenz) in die Berechnung eingeführt wird. Dabei wird auch berücksichtigt, dass als Folge dieses „Schlupfes“ sich die Bezugsgrösse hinsichtlich Putzdehnung (vergrösserte Ausgangsweite der Fuge) in günstiger Weise ändert.

Weiter ist zu berücksichtigen, dass die Putzschichten (nebst der thermischen Kontraktion) auch ein gewisses (Rest -) Schwindmass aufweisen dürften. Dieses (abzuschätzende) Mass wird dadurch berücksichtigt, dass es – als spezifischer Wert bezogen auf die massgebende Temperaturdifferenz – zum gewogenen thermischen Ausdehnungskoeffizienten am „Gesamtsystem“ hinzugezählt wird. Und schliesslich geht – nebst der Normalspannung aus (Rückstellkraft / Putzquerschnitt) – auch jener Anteil an Rückstellkraft in die Rechnung ein, welcher dem „Kraftanteil Dämmung“ entspricht und als exzentrisch auf den Putzquerschnitt einwirkende Grösse ein auf die Nullachse des Querschnitts bezogenes Biegemoment mit entsprechenden \pm Spannungsanteilen zur Überlagerung mit der zentrischen Normalspannung bildet.

In Bild 2 sind die benötigten Materialangaben (auf violetterm Untergrund) derart gekennzeichnet, wie sie als Bestandteil der unten ebenfalls aufgeführten, wichtigsten Formeln (ohne Hilfsformeln) in die Rechnung eingehen. Die auf orangem Untergrund angezeigten Werte dagegen stellen die gesuchten Querschnittsspannungen sowie das sie bestimmende Dehnungsmass im Putzquerschnitt dar. Die Angaben und Ergebnisse nach Abbildung1 basieren unter Ausklammerung eines allfällig eingelegten Bewehrungsnetzes.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	VERPUTZTE KOMPAKTFASSADEN MIT AUSSENDÄMMUNG + SPEZIALFÄLLE UNTER								10.02.2011/Ba
2	THERMISCHER BELASTUNG; RECHENMODELL FÜR VERGLEICHSBETRACHTUNGEN								
3	ZUSTAND I: UNGERISSENER QUERSCHNITT - FALLS RESULTIERENE ERGEBNISSE (C25, C27) VERANTWORTBAR SIND								
6	EINGABEDATEN:		Länge [mm]	Stärke [mm]	E - Modul [N/mm ²]	therm. Dehnung [1/K]	Lambdawert [W/mK]	Berechnung von Hilfsgrössen:	
9	Dämmung (WD)	C9	D9	E9	F9	G9	Gamma Klammer (-Zähler)	J9	
10	Grundputz (GP) , allf. Schwindmass [%]	C11	D11	E11	F11	G11	Hilfswert A zu Eid syst.	J10	
12	allfälliges Schlupfmass im GP [%]	C12					Gamma Klammer(-Nenner)	J11	
13	Deckputz (DP) , allf. Schwindmass [%]	C13	D13	E13	F13	G13	Hilfswert B zu Eid syst.	J12	
14							Gamma Ergebnis	J13	
15	massg. Fugenbreite s [mm]	C15	(Zwischenresultat, informativ)				Hilfswert C zu Eid syst.	J14	
16	nominielle Fugenbreite s [mm]	C16					folgt Hilfswert Eid syst.	J16	
17	U - Wert [W/m ² K]	C17	Auf Übereinstimmung zw. U - Wert und dWD achten!						
18	nominielles Δt [K]	C18							
19	massg. Δt [K]	C19	(Zwischenresultat, informativ)				EPid Ergebnis	J19	
20									
22	ERGEBNISSE:		Spannung [N/mm ²]	Dehn. Koeff. ϵ_{Pid} [-]	x =		G21	$\Delta t'$	J21
23					Jid =		G23	$\Delta t''$	J22
24								K id Ergebnis	J23
25	Grundputz (GP) , Zug innen	C25	D25		Zuganteil inn	G25	alphaPid _{inn}	J25	
26	(Druck dann, wenn negativ)		D26		Zuganteil zentr	G26			
27	Deckputz (DP) , Zug aussen	C27	D27		Druckanteil auss	G27	alphaPid _{auss}	J27	
28	Erweitert 21. 07. und 19.10. 2014/Ba								

Bild 2: Eingabe – und Resultatwerte ohne Armierungsnetz

Die wichtigsten Formeln zu Bild 2

Grundsätzlich gilt die Bedingung: Reaktion (= Rückstellkraft) \equiv Aktion (= Kontraktionskraft)

$$(1-\gamma) * ((\alpha_{tid} * \Delta'_t * L_{WD}) / s'_{WD}) * E_{Pid} * (d_1 + d_2) \equiv \gamma * \alpha_{tid} * \Delta'_t * E_{System} * 1.0 * (d_{WD} + d_1 + d_2), \text{ das heisst:}$$

$$(1 - J13) * ((J27 * C19 * C9) / C15) * J19 * (D11 + D13) \equiv J13 * J27 * C19 * J16 * 1.0 * (D9 + D11 + D13)$$

Aufgelöst nach J13 folgt – mit Zwischenrechnungen – die massgebende Rückstellkraft J23

Ausgehend von J23 ist die gesuchte Dehnung: $J23 / ((D11 + D13) * J19)$ bestimmt.

Desgleichen folgen die zentrische Spannung: $E26 * J19$ sowie die \pm Überlagerungen G25 bzw. G27 als Ergebnis des exzentrisch wirkenden Anteils der Rückstellkraft auf den Putzquerschnitt..

In Bild 3 sind die ergänzenden Materialangaben (Angaben zum Armierungsnetz) wiederum so gekennzeichnet, wie sie als Bestandteil der nun massgebenden Formeln (weiterhin ohne Hilfsformeln) in die neue Rechnung eingehen. Der Unterschied im Rechenmodell besteht darin, dass nun auch die Mitwirkung eines allfälligen Armierungsnetzes (Glasgewebe od. ähnl.) erfasst wird. Die übrigen Vorgaben werden automatisch in die Matrix übertragen und fliessen sinngemäss in die oben abgebildeten Berechnungsformeln ein. Es wird grundsätzlich weiterhin ein ungerissener Putzquerschnitt vorausgesetzt, was anhand der resultierenden Zugspannungen zu beurteilen ist. Eingerechnet ist das Netz insoweit, als damit der ideale Querschnitt über der Fugenöffnung erhöht, und so aus der ausgewiesenen Dehnung eine (minimale) Minderung der Zugspannungen resultiert. Anhand der resultierenden Spannung im Putz (noch rissfrei!?) ist hier auch zu überprüfen, ob sich die ausgewiesene Dehnung noch innerhalb des elastischen Dehnungsmasses des Armierungsnetzes laut Vorgabe befindet.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										

VERPUTZTE KOMPAKTFASSADEN MIT AUSSENDÄMMUNG + SPEZIALFÄLLE UNTER THERMISCHER BELASTUNG; RECHENMODELL FÜR VERGLEICHSBETRACHTUNGEN									
ZUSTAND Ia: UNGERISSENER QUERSCHNITT - UNTER MITWIRKUNG EINES ARMIERUNGSNETZES									
	Länge	Stärke	E - Modul	therm. Dehnung	Lambdawert	Berechnung von Hilfsgrössen:			
	Querschnitt [mm ² /m]	elast. Dehnungsmass bei Fließgrenze [%]	elast. E-Modul [N/mm ²]	Fließgrenze [N/mm ²]	elast. Reisskraft [N/m]				
Dämmung (WD)	C9	D9	E9	F9	G9	Gamma Klammer (-Zähler)			J39
ANGABEN ZUM ARMIERUNGSNETZ:	C10	D10	E10	F10	G10	Hilfswert A zu Eid syst.			J40
Grundputz (GP), allf. Schwindmass [%]	C11	D11	E11	F11	G11	Gamma Klammer(-Nenner)			J41
allfälliges Schlupfmass im GP [%]	C12					Hilfswert B zu Eid syst.			J42
Deckputz (DP), allf. Schwindmass [%]	C13	D13	E13	F13	G13	Gamma Ergebnis			J43
						Hilfswert C zu Eid syst.			J44
massg. Fugenbreite s [mm]	C45	(Zwischenresultat, informativ)							
nominelle Fugenbreite s [mm]	C16							folgt Hilfswert Eid syst	J46
U - Wert [W/m ² K]	C17	Auf Übereinstimmung zw. U - Wert und dWD achten!							
nominelles Δt [K]	C18								
massg. Δt [K]	C49	(Zwischenresultat, informativ)						EPid Ergebnis	J49
ERGEBNISSE:	Spannung	Dehn. Koeff.	εPid			x =	G51	Δt	J51
	[N/mm ²]	[-]				Jid =	G53	Δto	J52
								K id Ergebnis	J53
Grundputz (GP), Zug innen	C55	D55				Zuganteil inn.	G55	alphaPidteil	J55
(Druck dann, wenn negativ)		D56	E56			Zuganteil zentr.	G56		
Deckputz (DP), Zug aussen	C57	D57				Druckanteil auss	G57	alphaTideell	J57

Bild 3: Eingabe – und Resultatwerte mit Armierungsnetz

Formelmässig ist das Vorgehen dasselbe wie oben, wobei jedoch gewisse Zwischenwerte als Folge des berücksichtigten Armierungsnetzes (Formelspalten G und J) abweichen.

3. Fazit

Alle möglichen Variationen in den Materialvorgaben und – Einflussgrößen zeigen, dass handelsübliche Armierungsnetze praktisch keine Verstärkung des homogenen Querschnitts zu erbringen vermögen. Das liegt grundsätzlich daran, dass beim Erreichen der Bruchdehnung des Putzes die eingelegte Armierung (bei identischer Dehnung) praktisch noch keine Spannung aufgenommen hat und deshalb – auch wegen ihrer geringen Querschnittsfläche – der in diesem Moment herrschenden Kontraktionskraft keine gleichwertige Rückstellkraft entgegenzustellen vermag.

Desgleichen kann keine Berechnung nach Zustand II (gerissene Zugzone) durchgeführt werden, da auch hierfür die handelsüblichen Armierungsnetze ein viel zu ungünstiges Spannungs -/ Dehnungsverhalten für eine schadensfreie Kraftaufnahme aufweisen!

Dass eingelegte Armierungsnetze anderweitige Vorzüge mit sich bringen können (besseres Handling beim Putzauftrag, Putzsicherung gegen Rückwand od. anderes), mag dagegen unbestritten sein und den Einsatz von sogenannten Armierungsnetzen unter diesem Gesichtspunkt durchaus rechtfertigen.

23. 10. 2013 / Ba.