

Neue Bemessungsmethode für die Abstände von Dehnungsfugen in bewehrten und unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

Prof. ir-arch. D.R.W. Martens



Warum Dehnungsfugen?

Warum neue Bemessungsmethode?

Hypothesen und Annahmen

Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

Bewehrten Verblendmauerwerksschalen

Wände mit Öffnungen

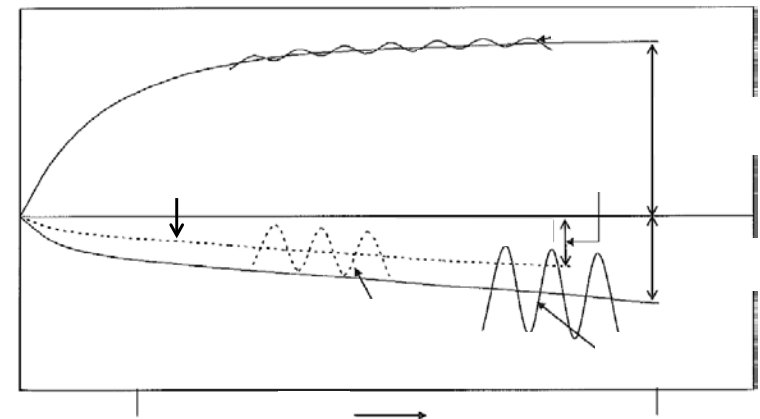
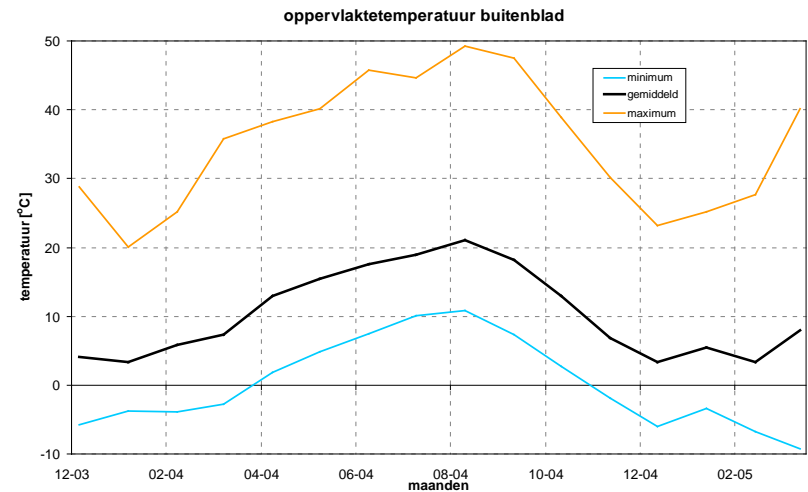


Warum Dehnungsfugen?

Warum Dehnungsfugen?

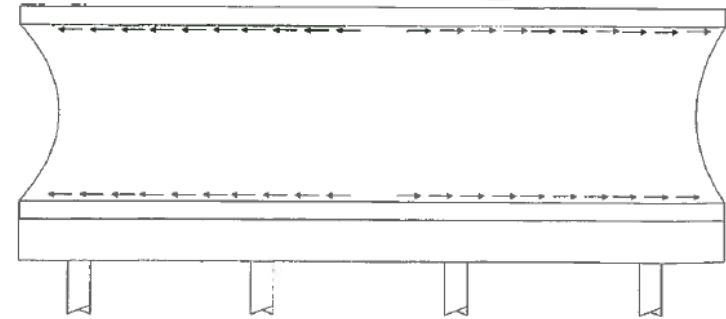
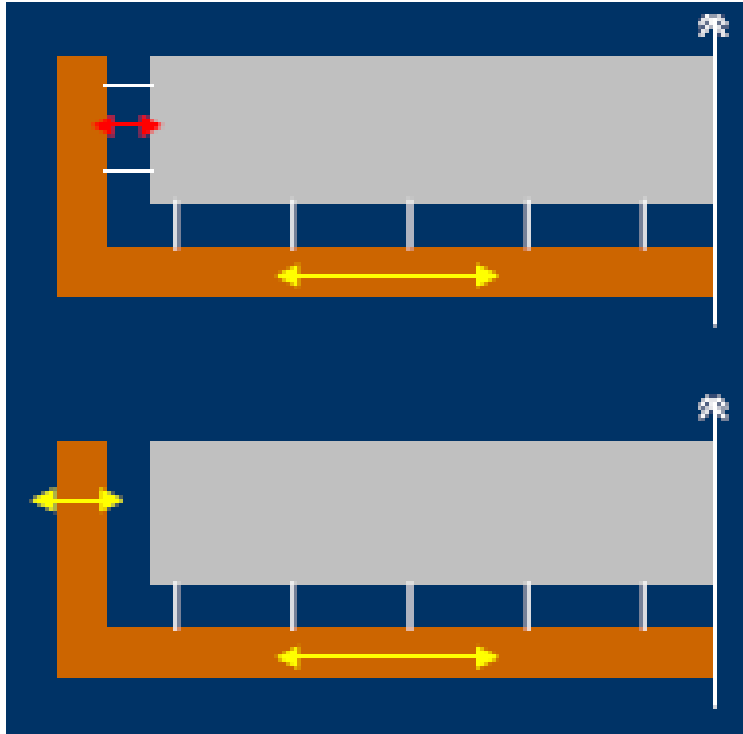
Formänderungen und Verformungen

- Thermische Verformung
- Feuchtigkeitsausdehnung
- Schwinden
- Kriechverformung

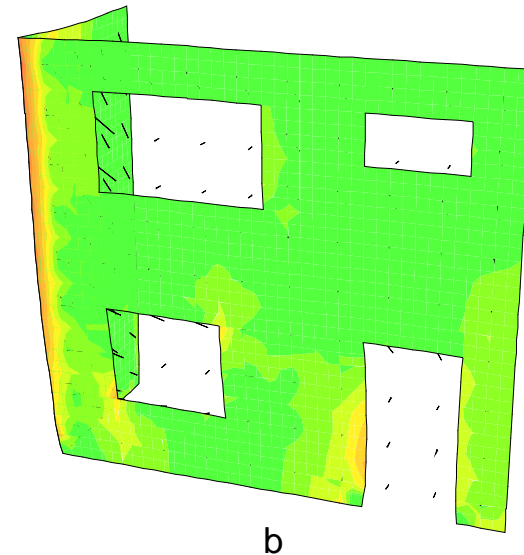


Warum Dehnungsfugen?

Verformungsbehinderung = Zugspannungen

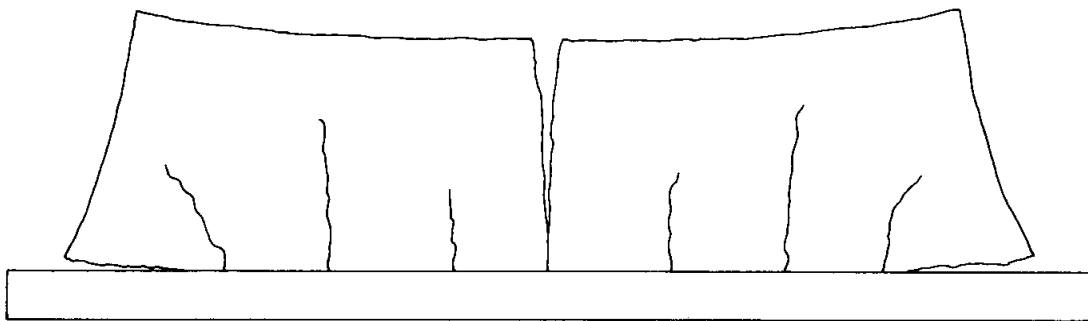
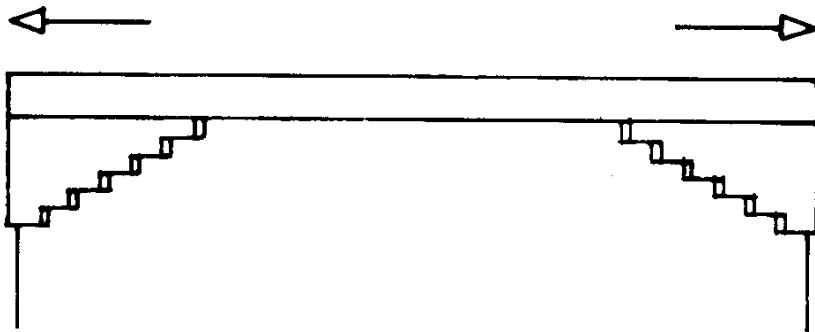


Figuur 4 Verhinderde horizontale krimpvervorming van een wand door symmetrische beammeringen

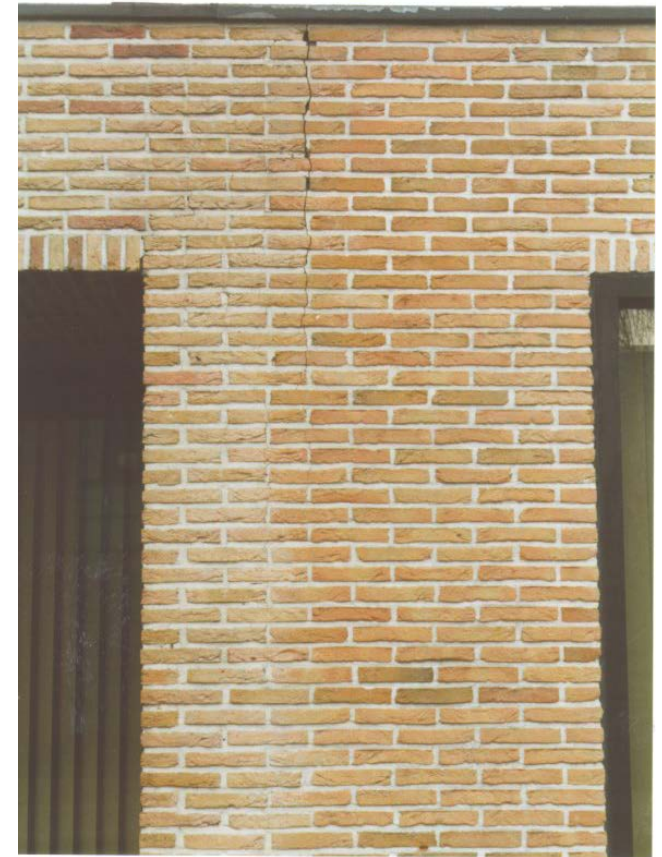


Warum Dehnungsfugen?

Zugspannung > Zugfestigkeit → Rissbildung



c.



Warum Dehnungsfugen?

Zugspannung > Zugfestigkeit → Rissbildung



WARUM NEUE BEMESSUNGSMETHODE?

Warum Neue Bemessungsmethode?

Manchmal keine Risse bei grosse Abstände von Dehnungsfugen und manchmal einige Risse bei kleine Abstände

Aber immer

- sind Dehnungsfugen nicht schön,
- implicieren Dehnungsfugen kein Structurellen Zusammengang von Mauerwerk
- sind Dehnungsfugen nicht gewünscht bei Kunden, Unternehmern und Architecten
- üben Dehnungsfugen Unterhalt
- und kosten Dehnungsfugen viel Geld

Warum Neue Bemessungsmethode?

Praxis: zuviel Dehnungsfugen?



Warum Neue Bemessungsmethode?

Praxis: zuviel Dehnungsfugen + Esthetik?



Warum Neue Bemessungsmethode?

Praxis: 2 Gebäude in eine Strasse, aber 2 verschiedene Lösungen

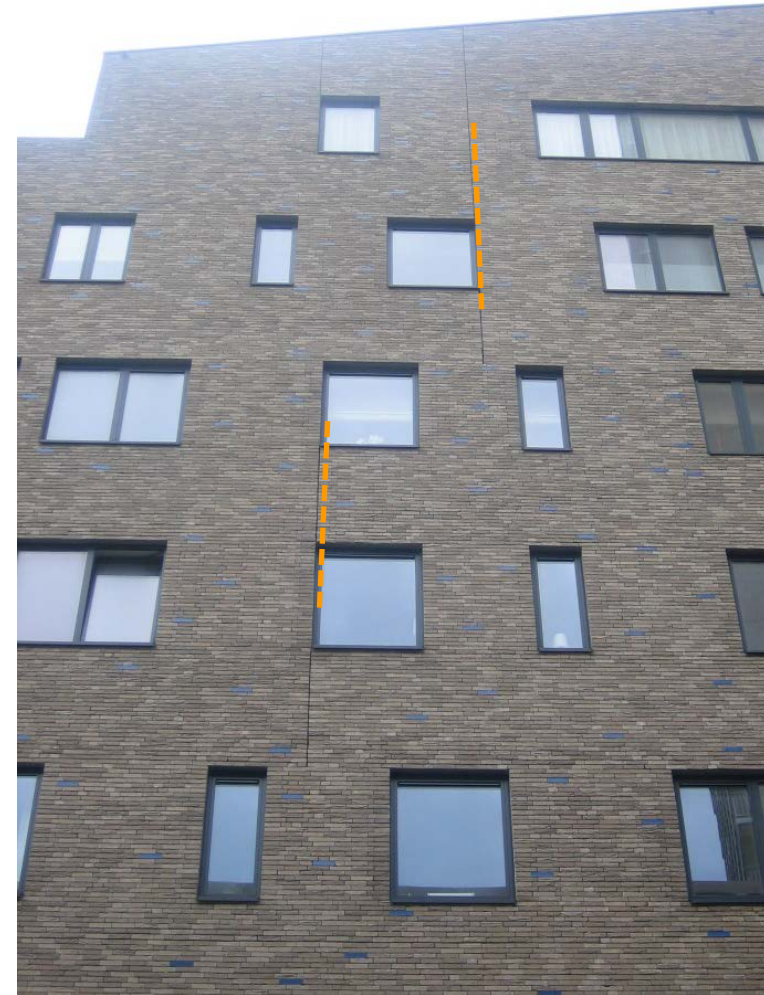


Ohne Dehnungsfugen



Warum Neue Bemessungsmethode?

Praxis: nicht logische Positionierung Dehnungsfugen



Warum Neue Bemessungsmethode?

Lösungen ohne
Dehnungsfugen
sind möglich



Warum Neue Bemessungsmethode?

Lösung mit grosse Abstände Dehnungsfugen: nur 1 Dehnungsfuge bei >30 m Verblendmauerwerksschale



Warum Neue Bemessungsmethode?

Betonstein + Dünbettmörtel ohne Dehnungsfugen



Warum Neue Bemessungsmethode?

Betonstein +
Dünbettmörtel
ohne
Dehnungsfugen

> 18 m



Warum Neue Bemessungsmethode?

Betonsteinmauerwerk ohne Dehnungsfugen an Ecke



Warum Neue Bemessungsmethode?

Keine eindeutige Vorschriften

NA EC6,

Netherlands

Tabel 2 — Aanbevolen maximale waarden van de ongedilateerde wandlengte l_m in gevels van baksteen

Gevels en borstweringen	l_m
Noordgevels	14 m
Overige gevels	12 m
Borstweringen met hoogte h	$\leq 5 h$

Warum Neue Bemessungsmethode?

Keine eindeutige Vorschriften

Maximum spacing of movement joints according to **former Belgian** masonry standard: $t < 140 \text{ mm}$

Type of masonry	l_m (m)
Clay brick masonry	30
Calcium silicate masonry	8
Aggregate concrete and manufactured stone masonry	8
Autoclaved aerated concrete masonry	6

Warum Neue Bemessungsmethode?

Keine eindeutige Vorschriften

Belgium

Belgische voorschriften **STS 22**

Metselwerk dat opgetrokken is met	afstand tussen de verticale voegen	afstand tussen de verticale voegen indien aan de voorwaarden voldaan
Metselbaksteen	12 m	18 m
Metselsteen van kalkzandsteen	6 m	8 m
Betonmetselsteen	6 m	8 m
Geautoclaveerde cellenbetonsteen	6 m	6 m
Metselsteen van natuursteen	12 m	18 m

Noot : De afstand van de eerste verticale voeg tot een ingeklemde verticale voeg mag niet groter zijn dan de helft van boven vermelde afstanden

Warum Neue Bemessungsmethode?

Keine eindeutige Vorschriften

Maximum spacing of movement joints according to former **Norwegian** masonry standard

Type of masonry	l_m (m)
Clay brick masonry	15
Calcium silicate masonry	10
Aggregate concrete and manufactured stone masonry	6
Autoclaved aerated concrete masonry	8

Warum Neue Bemessungsmethode?

Keine eindeutige Vorschriften

Germany

Maximum spacing of movement joints according to **Schubert** (Schubert, 1988)

Type of masonry	l_m (m)
Clay brick masonry	12-30
Calcium silicate masonry	7.5-9
Aggregate concrete and manufactured stone masonry	12-15
Autoclaved aerated concrete masonry	6-8

Warum Neue Bemessungsmethode?

Keine eindeutige Vorschriften

Eurocode 6

Maximum recommended horizontal distance between vertical movement joints for unreinforced non-loadbearing masonry walls according to **EC6**

Type of masonry	l_m (m)
Clay brick masonry	12
Calcium silicate masonry	8
Aggregate concrete and manufactured stone masonry	6
Autoclaved aerated concrete masonry	6
Natural stone masonry	12

Reinforced masonry: guidance manufacturers

Warum Neue Bemessungsmethode?

Keine eindeutige Vorschriften

- EC6 = Untergrenze ehemalige nationalen Normen
- Vorschriften sind wissenschaftlich nicht belegt
- Vorschriften unabhängig von
 - zeitabhängige Einflüsse
 - gebrauchte Materialien
 - Entwicklung Mauerwerksfestigkeit
 - detaillierung Mauerwerk
- Keine Vorschriften für bewehrtes Mauerwerk

HYPOTHESEN UND ANNAHMEN

Hypothesen und Annahmen

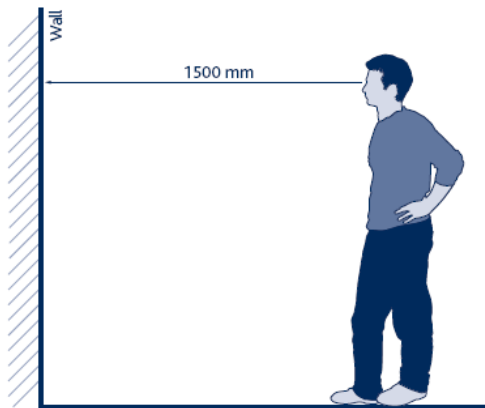
- Wissenschaftliche Literatur (Peter Schubert, ...)
- Persönliche Erfahrungen in Praxis
- Risse bis 0.3 mm akzeptieren, keine Risse durch steine
- Wände stehen auf starre Fundamenten
- Verlängerung und Verkürzung zu Berücksichtigen
- Abstand Dehnungsfugen:
 - > $1,5 H_{\text{wall}}$
 - ≤ 30 m für Ziegel Mauerwerk

Hypothesen und Annahmen

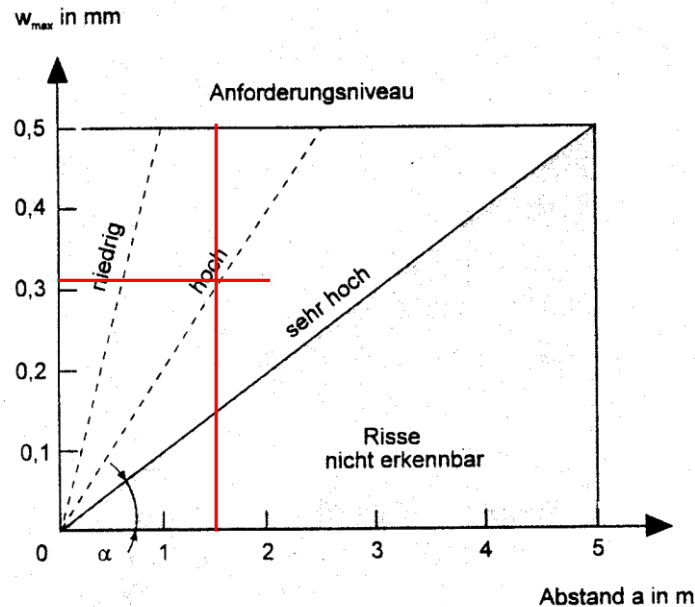
Zulässigen Rissbreite?

In jeder Mauerwerksgebäude entstehen Risse

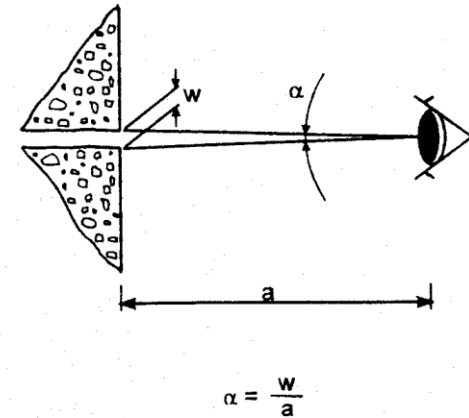
NORMAL VIEWING POSITIONS



GUIDE TO
STANDARDS &
TOLERANCES
2007



U. Meyer



$$w_{max} = \frac{a}{10000} \text{ mm}$$

Hypothesen und Annahmen

Voraussetzungen für Erhöhung Dehnungsfugenabstand

Beschränkung Zwangverformungen

Steine: Beschränkung Schwinden für Betonsteine

Ausreichende Härtezeit Steine

Steine mit kleine feuchte Ausdehnung

Mörtel: reduziering Schwinden

Ausführung: nicht bei niedrige und höhe Temperaturen

Hypothesen und Annahmen

Behinderung Zwangverformung:

Verbindung zwischen vorgehängter und innerer Wandscheibe oder Fenstern vermeiden

Verwendung Feuchtigkeitssperre am Wandfuss der Verblendschale

Behinderung Zwangverformung an mehr als einem Wandende vermeiden

Minimale Zeitspanne zwischen Mauern und Verfügung

Ausreichende Breite der Dehnungsfugen



Hypothesen und Annahmen

Festigkeit von Mauerwerk

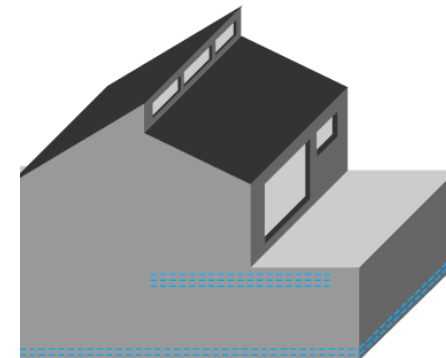
Verwendung Steine mit hohe Zugfestigkeit (vermeiden von Risse durch Ziegel)

Verwendung Mörtel mit niedrige Steifigkeit und hohe Haftfestigkeit

Ausreichende Überbindemass Mauerwerk

Niedrige Längen/Höhen-Verhältniss Mauerwerkswänden

Verwendung bewehrte Lagerfugen





Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

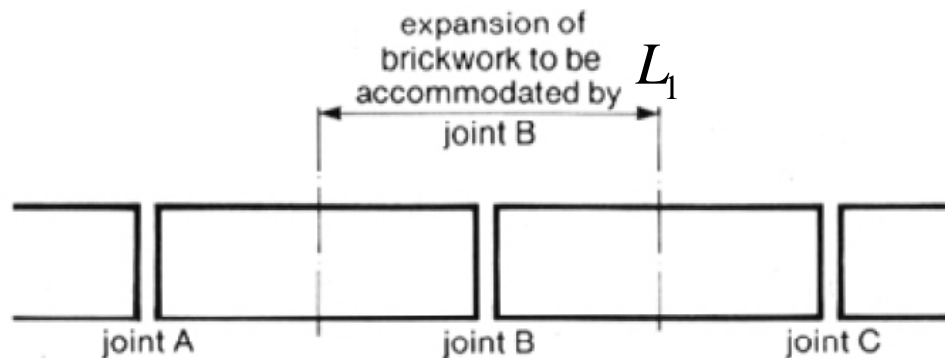
Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

Kriterium 1: Ausdehnungsverformung Mauerwerk

Abstand Dehnungsfuge L_1 :
$$L_1 = \frac{\Delta v}{\varepsilon^+}$$

wobei:

Δv zulässige Abweichung der Fugenbreite [mm]
 ε^+ maximale Ausdehnungsverformung [mm/m]



Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

Höchstwert der Ausdehnung

$$\varepsilon^+ = \varepsilon_{\text{hygr}} + \varepsilon_{\text{th}}$$

$\varepsilon_{\text{hygr}}$

Feuchtigkeitsausdehnung

	moisture expansion mm/m	compressive strength MPa	E-mod MPa	cracking strain mm/m	tensile strength MPa
soft mud clay brick	0,30	30,00	6000	0,10	1,20
soft mud clay brick	0,30	20,00	5000	0,10	0,95
wire cut clay brick	0,30	60,00	15000	0,20	1,67

Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

Temperaturdehnung

$$\alpha_{th} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

$$\varepsilon_{th} = \alpha_{th} \cdot \left(\theta_{max,w} - \theta_{Ausf\u00fchrung} \right) \cdot \rho_{St\u00e4rke}$$

$$\theta_{Wand,max} = \theta_{Luft,max} + \Delta_{Farbe+Ausrichtung}$$

mit

$\theta_{Wand,max}$

maximale Wandtemperatur

$\theta_{Luft,max}$

maximale Lufttemperatur

$\Delta_{Farbe+Ausrichtung}$

Temperaturanstieg (Tabelle 2)

Color of brick / Steinfarbe	South-West / S\u00fcd-West	North-East / Nord-Ost
Light-coloured / leichte F\u00e4rbung ($\alpha \leq 0,2$)	+18	+0
Medium / mittlere F\u00e4rbung ($0,2 \leq \alpha < 0,9$)	+30	+2
Dark / dunkle F\u00e4rbung ($0,9 \leq \alpha$)	+42	+4

Einfluss thermischer Trägheit

$$\rho_{\text{Dicke}} = \max \left[0.9; \min \left(1 - \frac{\text{Steinbreite} - 65\text{mm}}{45\text{mm}} \cdot 0.1; 1.0 \right) \right]$$

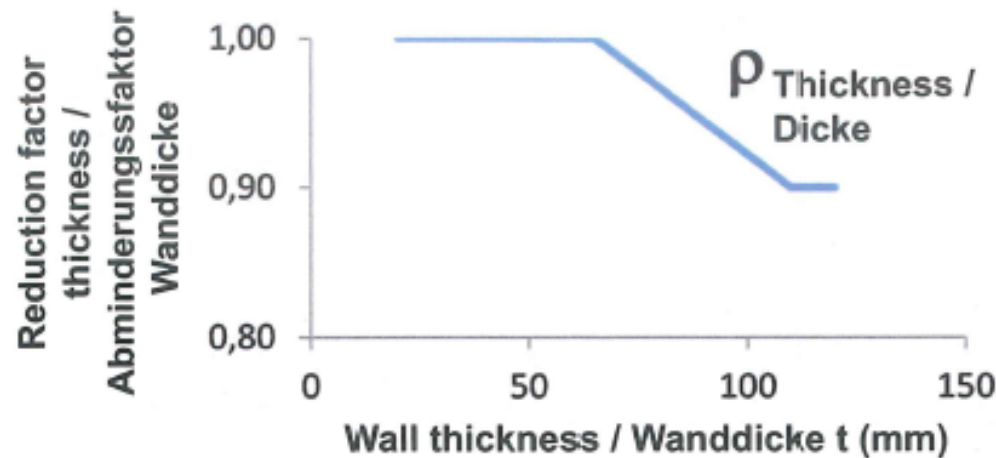


Fig. 6. Reduction factor for wall thickness

Bild 6. Abminderungsfaktor für die Wanddicke

Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

Kriterium 2: Verkürzung der Wand

$$L_2 = l_R \leq -\ln \left(1 - \frac{\beta_{Z,mw}}{E_{Z,mw} \cdot \text{ges } \varepsilon \cdot R} \right) \cdot \frac{h_w}{0,23}$$

wobei:

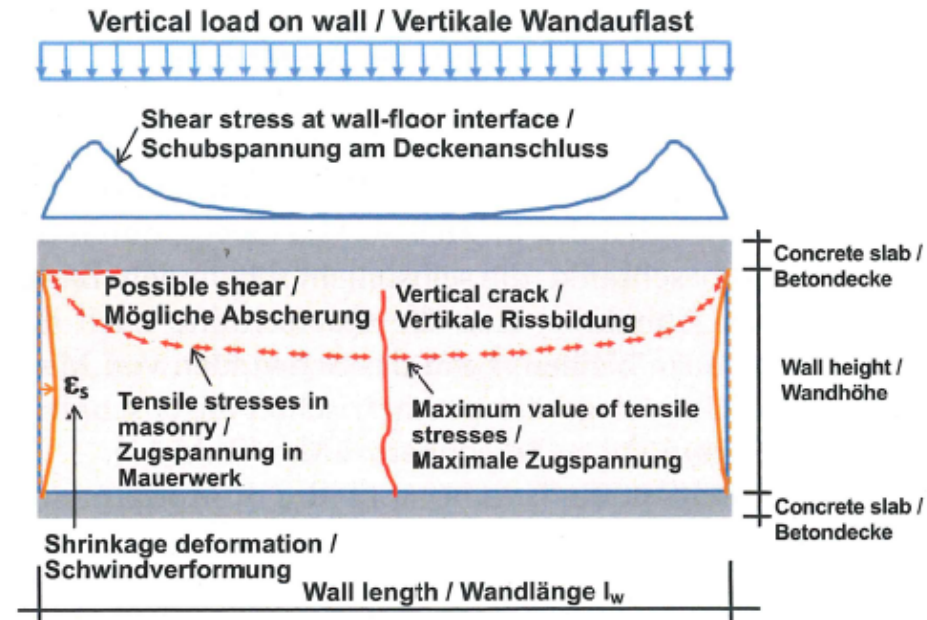
$\beta_{Z,mw}$ Zugfestigkeit von Mauerwerk in horizontaler Richtung

$E_{Z,mw}$ Elastizitätsmodul von Mauerwerk in horizontaler Richtung

$\text{ges } \varepsilon$ Mauerwerksbelastung durch Schwinden und Temperaturabnahme

R Lagerungsfaktor am Wandfuß (für vollständige Einspannung: $R = 1,0$)

h_w Wandhöhe



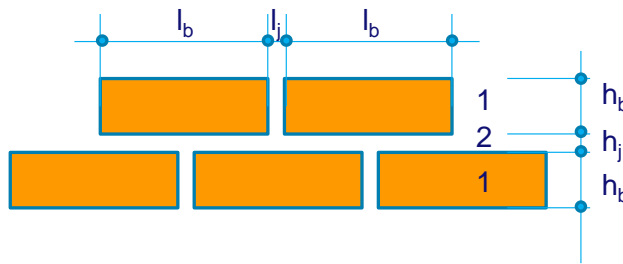
Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

Höchstwert der Verkürzung

$$\varepsilon^- = \varepsilon_{\text{Schwind}} + \varepsilon_{\text{th}}$$

$$\varepsilon_{\text{Schwind}} = \varepsilon_{s,m} = \varepsilon_1 - \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{1 + \frac{E_1}{E} \cdot \frac{h_b}{h_j}}$$

$$\varepsilon_{\text{th}} = \alpha_{\text{th}} \cdot \left(\theta_{\text{Ausführung}} - \theta_{\text{max,w}} \right) \cdot \rho_{\text{Stärke}}$$



Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

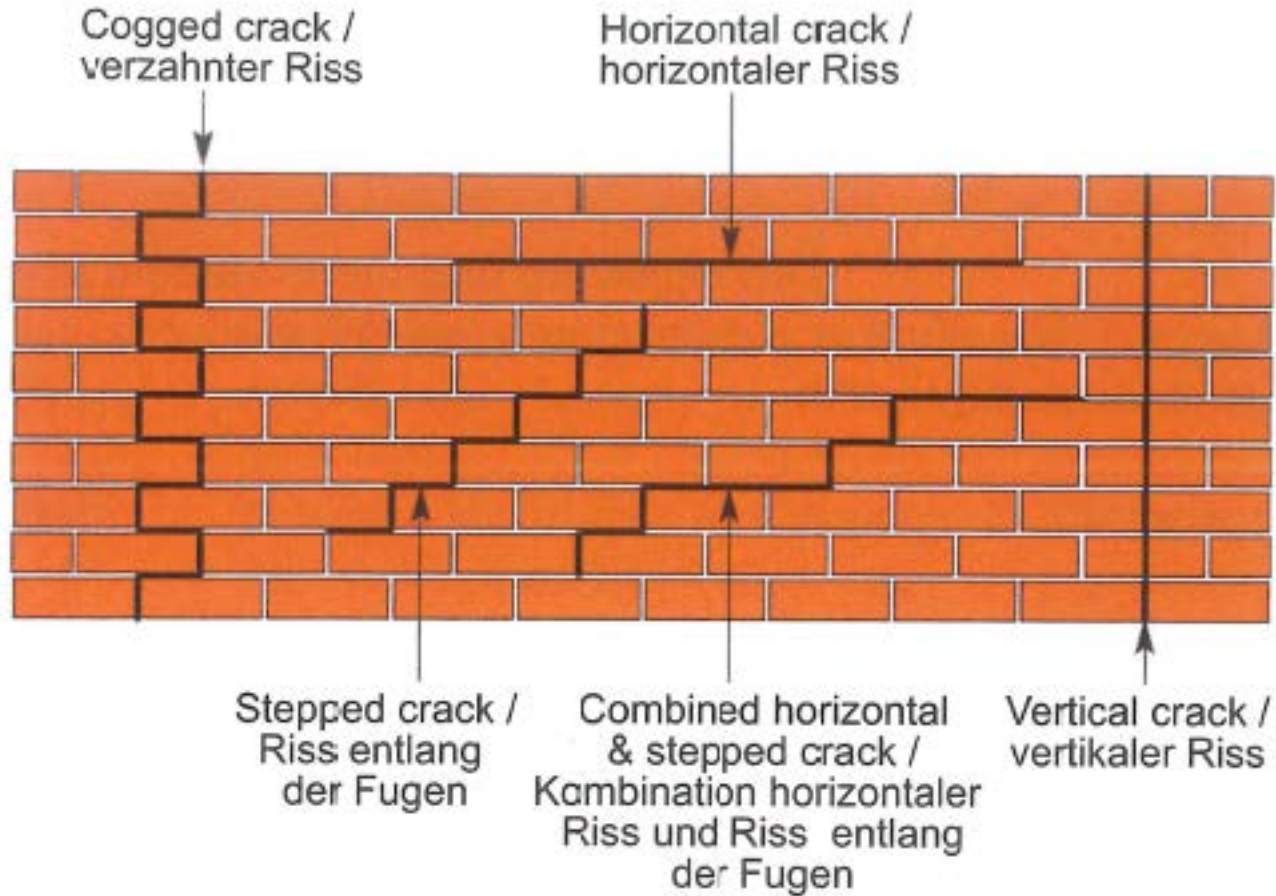
Verkürzung durch Schwinden Mörtel und Steine

mortar / Mörtel	E-mod / E-Modul [MPa]	shrinkage / Schwinden [mm/m]	bond strength / Haftscherfestigkeit [MPa]
general purpose mortar / Normalmauermörtel M 10	12 000	0.80	0.30
cement-lime mortar / Kalkzementmörtel M 5	6 000	0.70	0.20
lime mortar / Kalkmörtel M 5	3 600	0.70	0.15
thin layer mortar / Dünnbettmörtel M 15	15 000	2.00	0.50

Ziegel: kein Schwinden

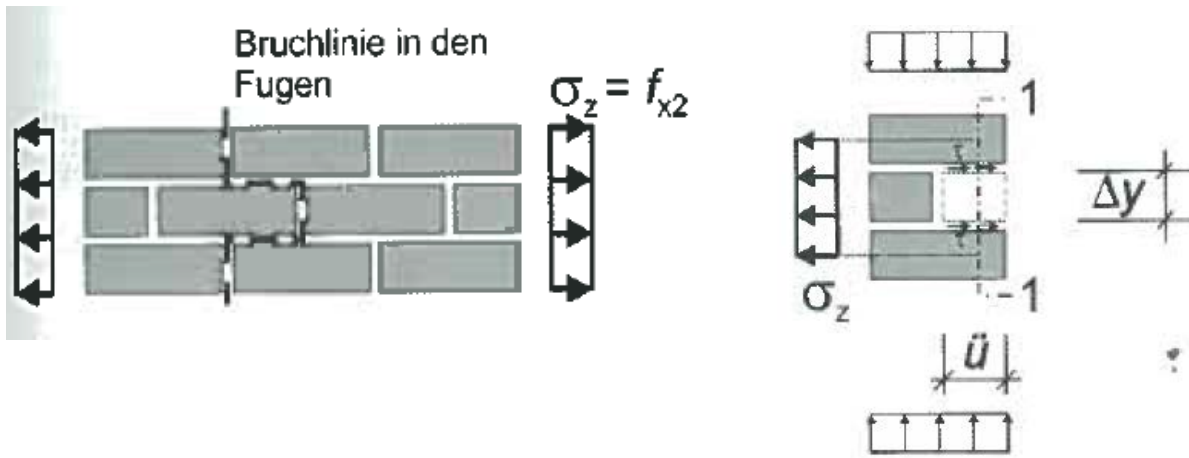
Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

Zugfestigkeit Mauerwerk

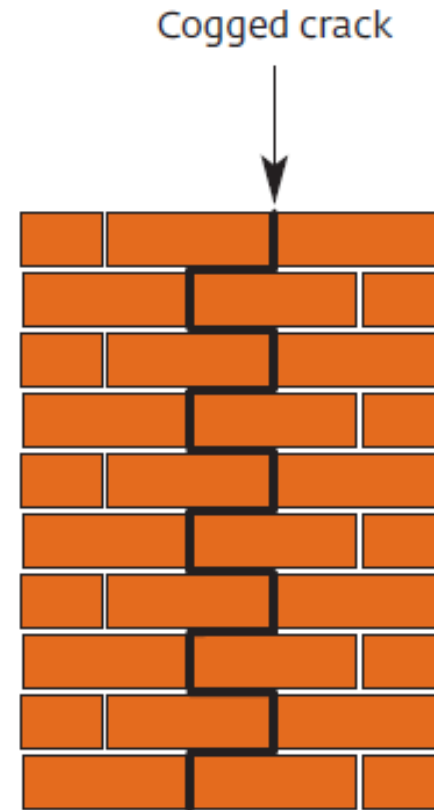


Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

Treksterkte für verzahnte Risse

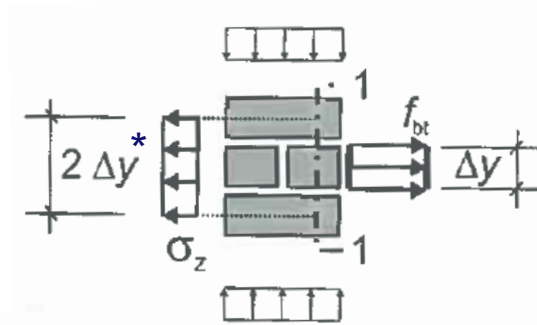


$$f_{t2,c} = \frac{(f_{vk0} + \mu \cdot \sigma_d) \cdot u + (h_b \cdot f_{vk0} \cdot \phi_{Stoßfuge})}{h_b + h_j}$$



Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

Zugfestigkeit für Verticale Risse durch die Steine



$$h_b f_{bt} = 2 (h_b + h_j) f_{t2,v}$$

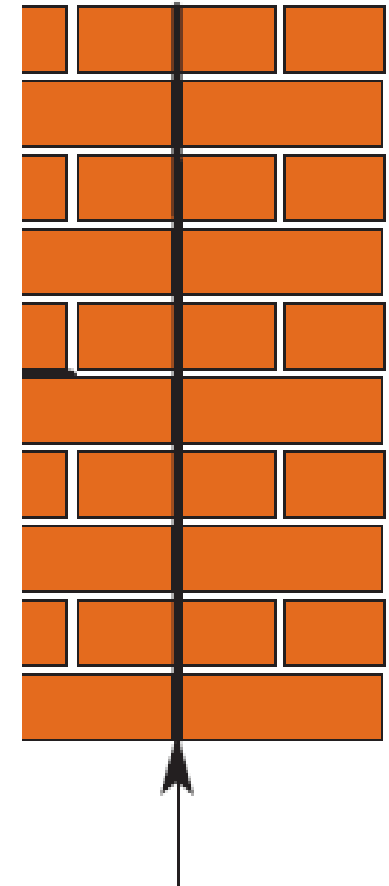
$$f_{t2,v} = \frac{f_{bt}}{2} \frac{h_b}{h_b + h_j}$$

wobei:

f_{bt} Zugfestigkeit der Ziegel

h_b Ziegelhöhe (Bild 11)

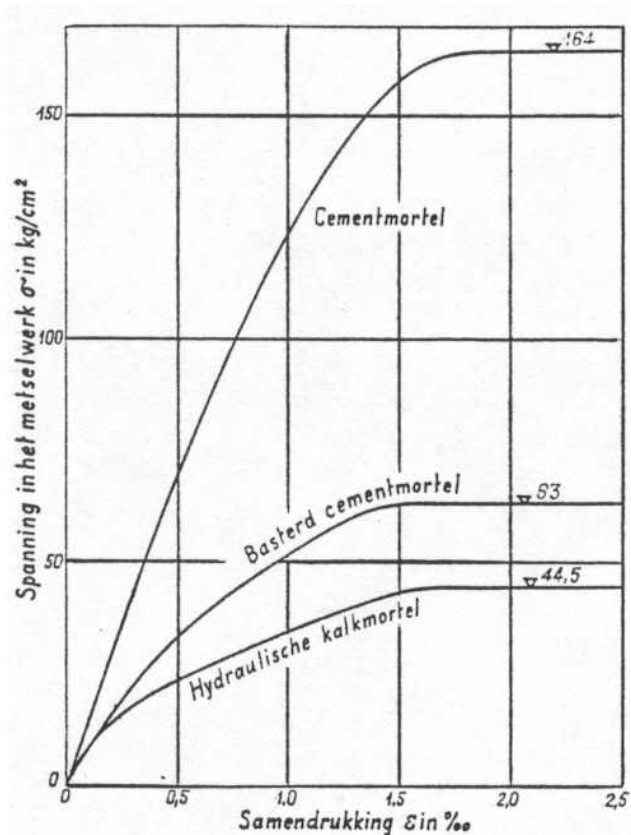
h_j Fugenstärke (Bild 11)



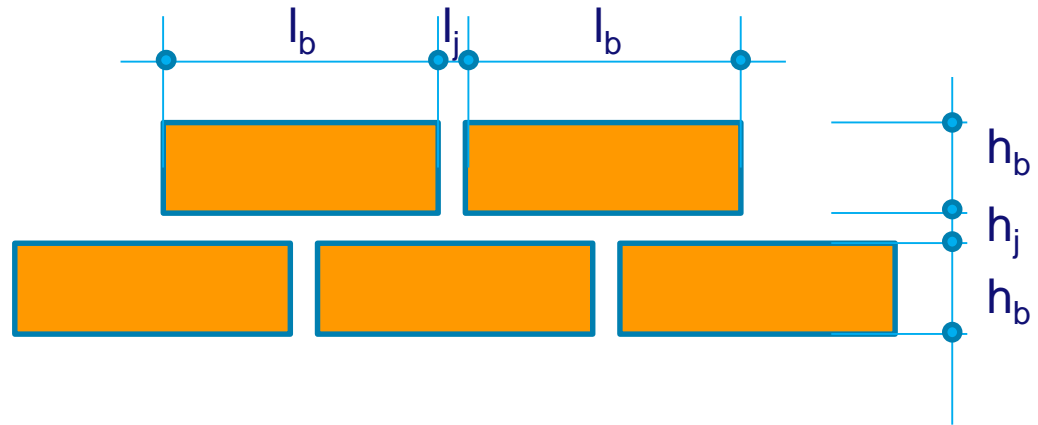
Vertical crack

Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

E-Moduln für Horizontalbelastung



Stress-strain diagram mortar



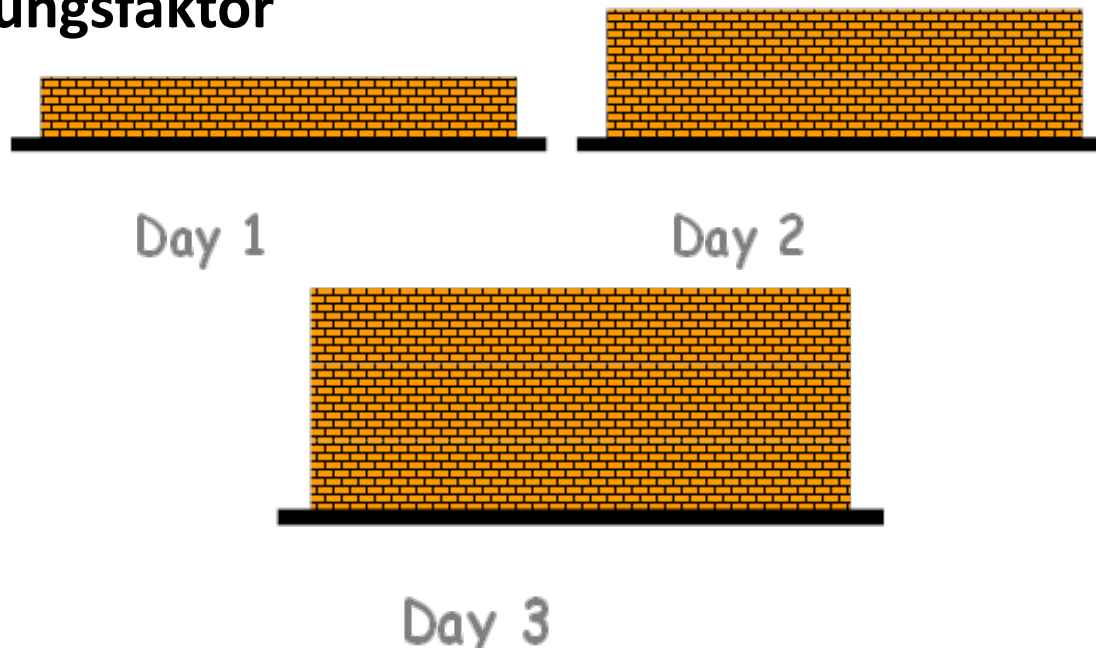
Kombination E-Moduln Mörter und Steine

$$E_m = \frac{E_1 \cdot E_2 \cdot (l_b + l_j)}{E_1 \cdot l_b + E_2 \cdot l_j}$$

Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

Behinderte Verformungen

Zeitabhängiges Verhalten Mauerwerk = Reduzierung Lagerungsfaktor

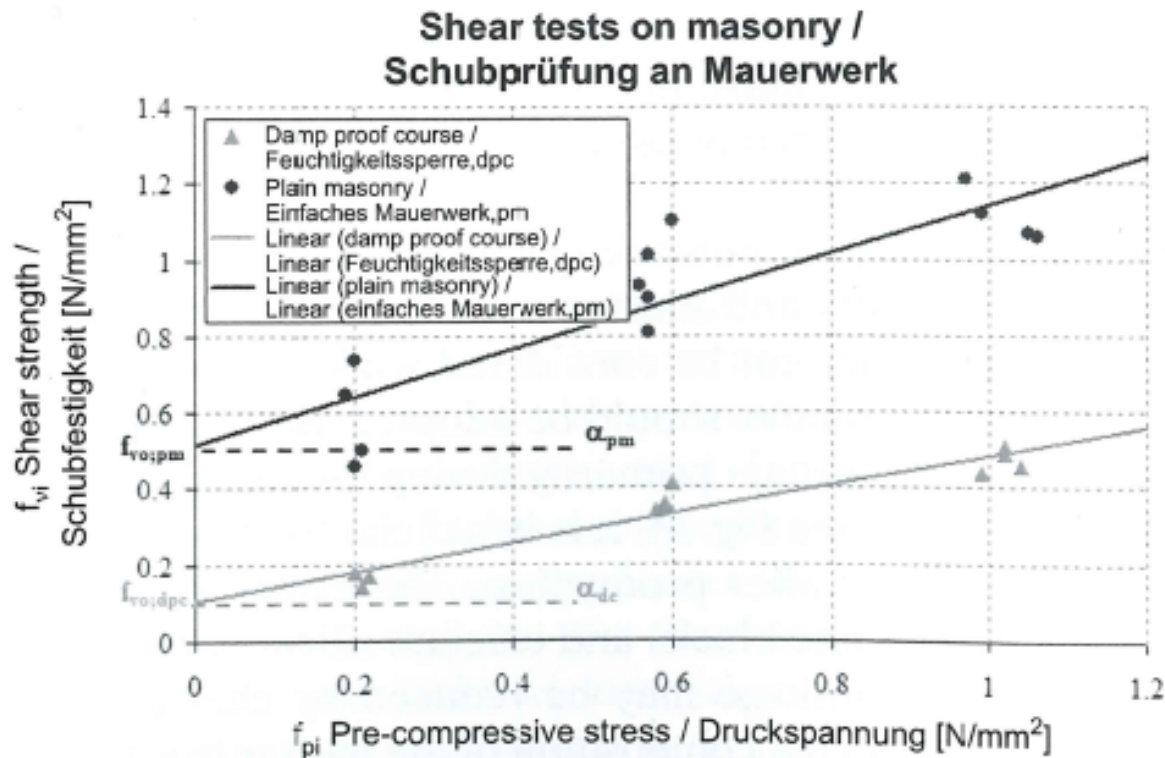


Der Mörtel der ersten Abschnitts ist bereits geschwunden bevor der nächste Wandabschnitt aufgemauert wird

Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

Behinderte Verformungen

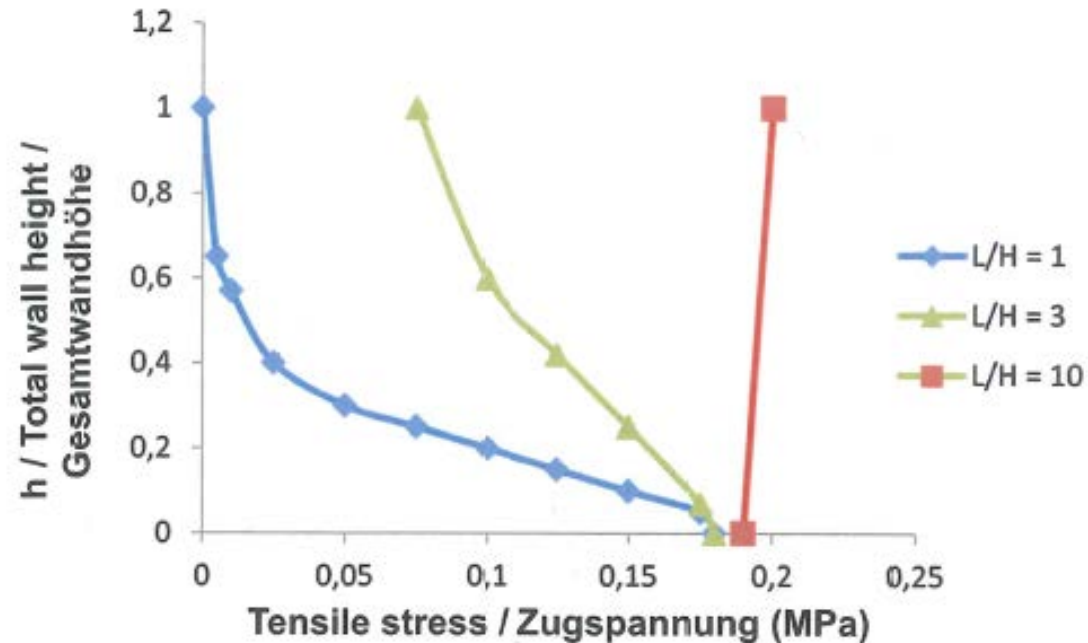
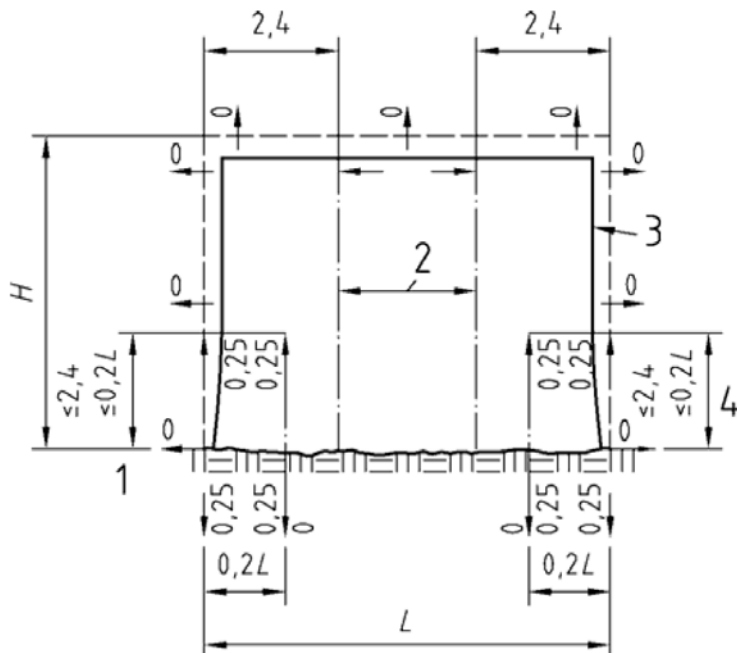
Einfluss von Feuchtigkeitssperre am Wandfuss



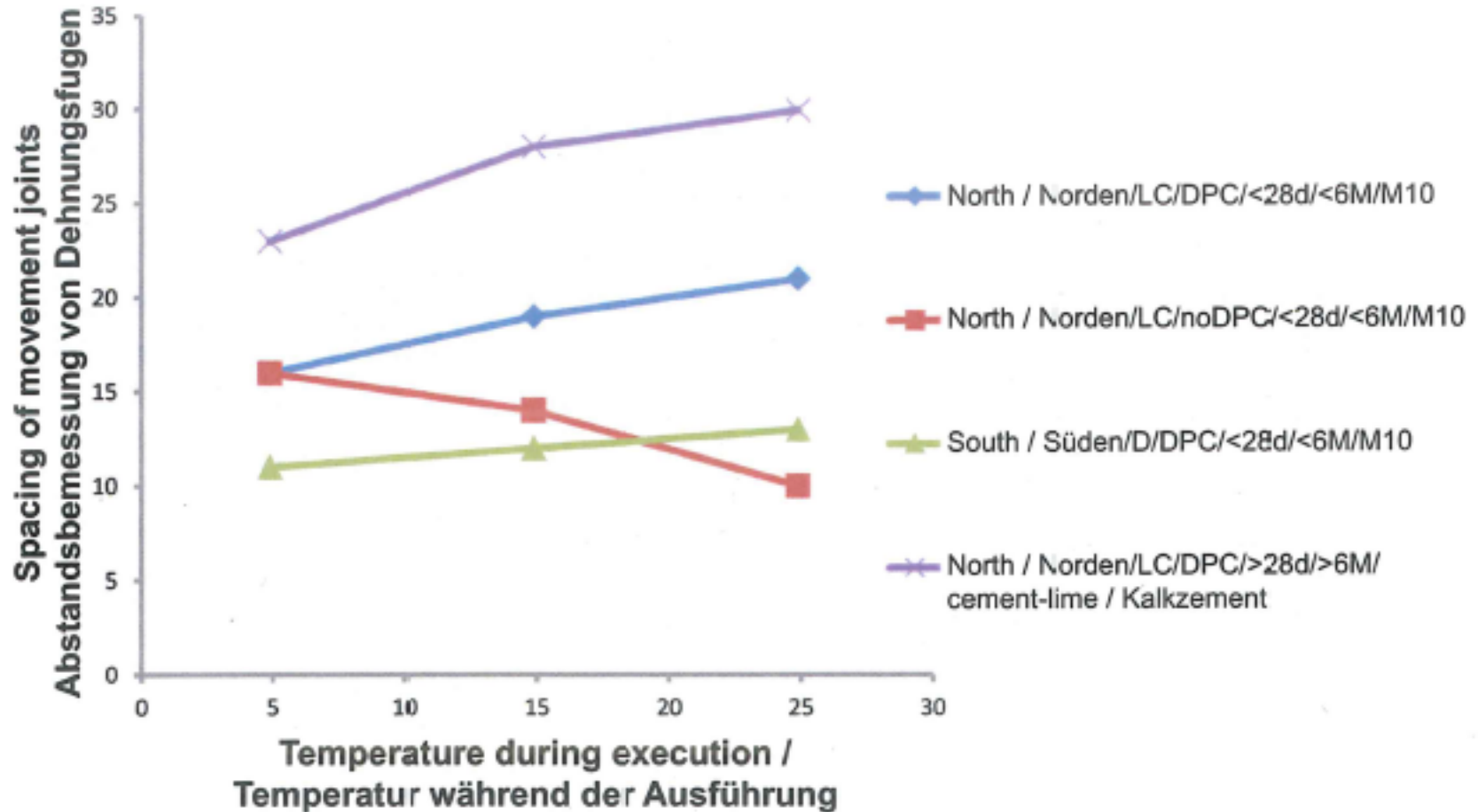
Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen

Behinderte Verformungen

Niedrige Längen/Höhen-Verhältniss Mauerwerkswänden
= reducierung Lagerungsgrat



Unbewehrten Verblendmauerwerksschalen: Beispiel





Bewehrten Verblendmauerwerksschalen

Bewehrten Verblendmauerwerksschalen

Vergleichung mit Stahlbeton

- Kleine Zugfestigkeit
- Kleine Verbundfestigkeit Bewehrung
- Stahlquerschnitte begrenzt (dicke der Fugen)
- Kleinere Steifigkeit
- Abstände zwischen Bewehrung = Steinhöhe + Fugendicke
- Abstand Risse = $n \times \text{Steinlänge} / 2$

Bewehrten Verblendmauerwerksschalen

Annahmen

Abstand Dehnungsfuge = L_1 (Ausdehnungsverformung)

Für L_1 : berechnung Rissbreite

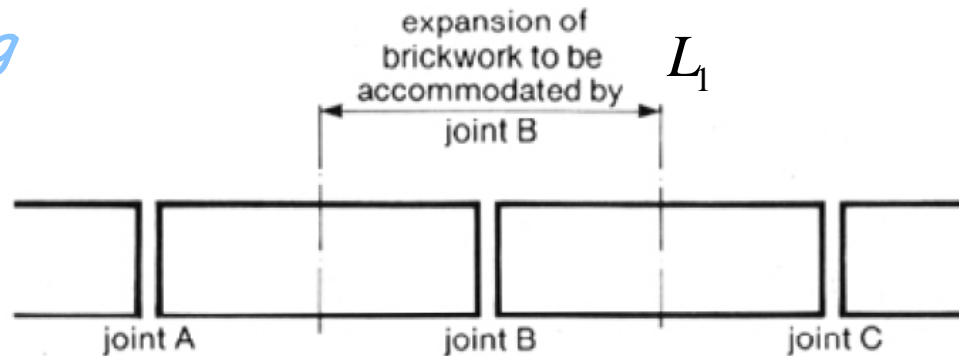
Minimum Abstand Risse $s_{cr,min}$ = Überbindemass

*Querschnitt Bewehrung in Lagerfuge = $2\pi d^2/4 * 1,1$
(Einfluss Querschnitt diagonale Bewehrung)*

Bewehrten Verblendmauerwerksschalen

Berechnung maximaler Abstand Dehnungsfugen

Kriterium 1: Verlängerung



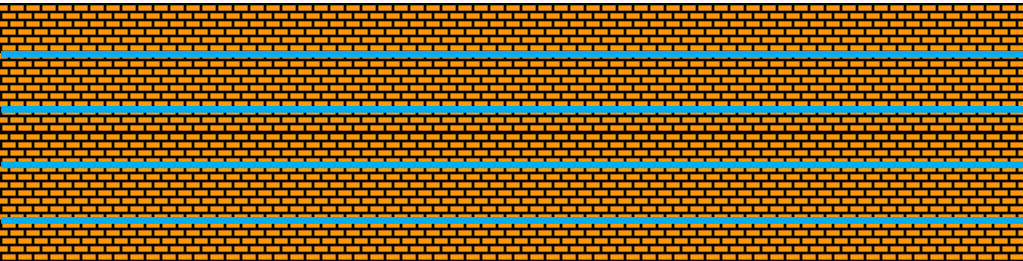
$$L_1 = \frac{\Delta v}{\varepsilon^+}$$

Maximum Abstand Dehnungsfugen

$$L = \min(L_1 ; 30\text{m})$$

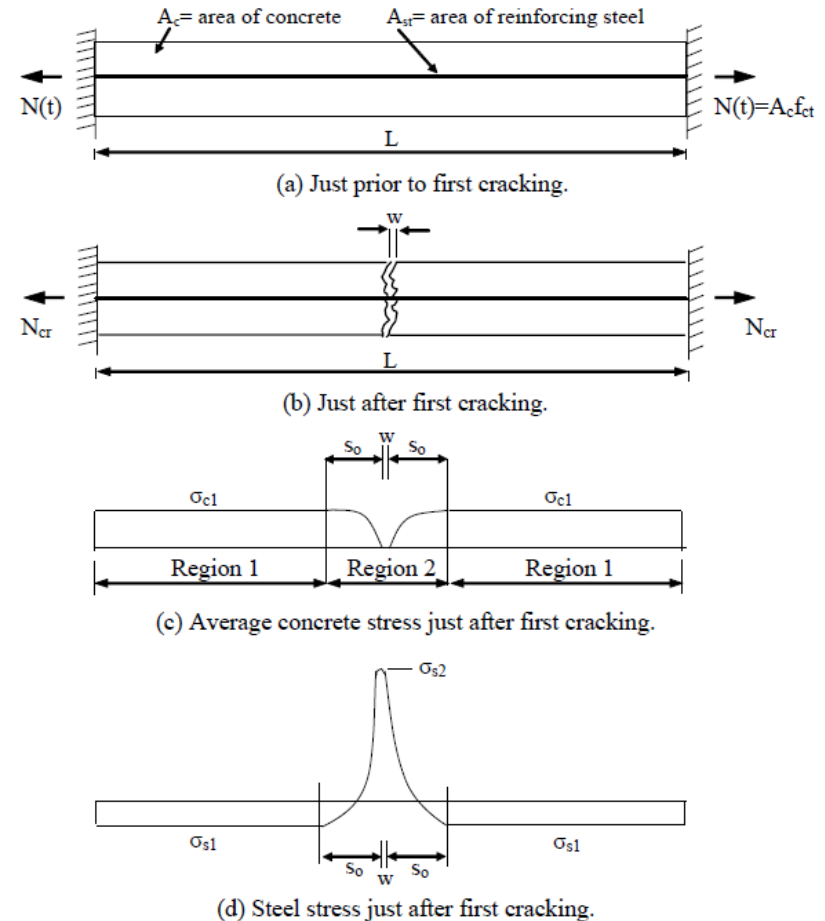
Bewehrten Verblendmauerwerksschalen

Kriterium 2: Rissbreite



*Erste berechnung mit 1 Risse:
berechnung Dehnung ϵ*

*Anzahl der Risse erhöhen bis
 $\epsilon = \bar{\epsilon}$*



Bewehrten Verblendmauerwerksschalen

Berechnung ε_{ts} für verschiedene Risse

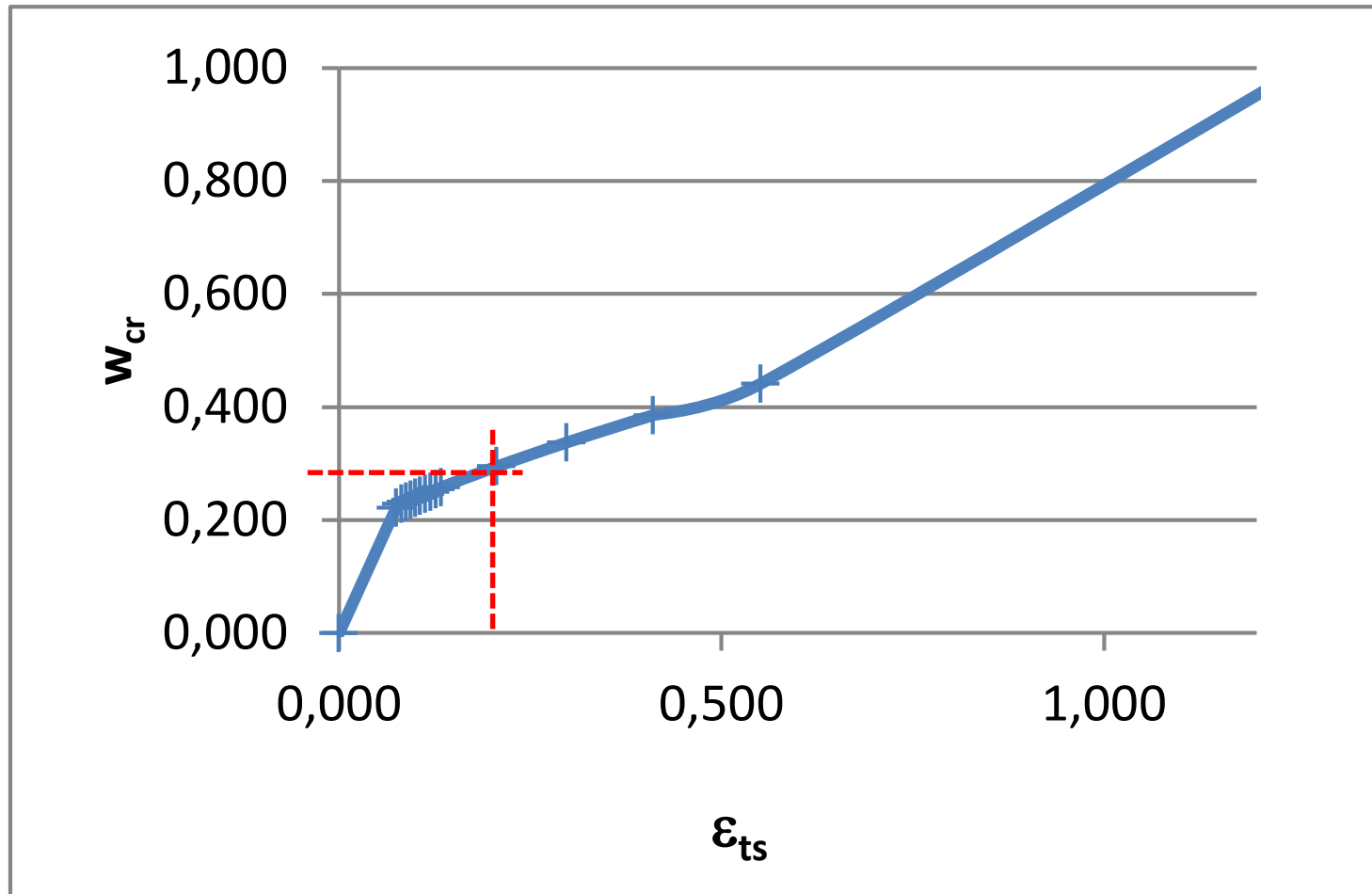
Als $\varepsilon_{ts} = \varepsilon^- = 0,205$: Rissbreite = w_{cr}

$$2.L_d < L_{cr}: w_{cr} = 2 L_d \cdot \left[\varepsilon_{s,01} + \frac{1}{3}(\varepsilon_{s,g} - \varepsilon_{s,01}) - \frac{2}{3} \varepsilon_m \right]$$

$$2.L_d \geq L_{cr}: w_{cr} = L_{cr} \cdot \left[\varepsilon_{s,02} + \frac{1}{3}(\varepsilon_{s,g} - \varepsilon_{s,02}) - \frac{2}{3} \varepsilon_m \right]$$

	n_{cr}	$\sigma_{s,g}$ MPa	$\sigma_{m,o}$ MPa	L_d mm	L_{cr} mm	$\sigma_{s,min}$ MPa	$\sigma_{m,max}$ MPa	$\varepsilon_{s,01}$ mm/m	$\varepsilon_{s,02}$ mm/m	$\varepsilon_{s,g}$ mm/m	ε_{ts} mm/m	w_{cr} mm	N	ΔL mm	
	-												N	mm	
											0,000	0,000	0	0	
1	1	309,3	0,415	215	22050	14	0,415	0,070	0,070	1,546	0,075	0,222	136.811	3,299	1
2	2	315,5	0,424	217	14700	14	0,423	0,072	0,072	1,578	0,081	0,229	139.561	3,586	2
3	3	318,7	0,428	219	11025	14	0,427	0,072	0,072	1,593	0,087	0,232	140.956	3,846	3
4	4	321,8	0,432	220	8820	15	0,431	0,073	0,073	1,609	0,093	0,236	142.366	4,113	4
5	5	325,1	0,436	221	7350	15	0,436	0,074	0,074	1,625	0,100	0,239	143.789	4,387	5
6	6	328,3	0,441	222	6300	15	0,440	0,074	0,074	1,642	0,106	0,243	145.227	4,668	6
7	7	331,6	0,445	223	5460	15	0,445	0,075	0,075	1,658	0,113	0,246	146.680	4,957	7
8	8	334,9	0,450	224	4935	15	0,449	0,076	0,076	1,675	0,119	0,250	148.146	5,254	8
9	9	338,3	0,454	225	4410	15	0,453	0,077	0,077	1,691	0,126	0,254	149.628	5,558	9
10	10	341,7	0,459	226	3990	15	0,458	0,077	0,077	1,708	0,133	0,258	151.124	5,871	10
11	19	373,7	0,502	237	2205	17	0,501	0,085	0,085	1,868	0,206	0,295	165.282	9,076	11
12	28	408,7	0,549	247	1470	19	0,548	0,093	0,093	2,043	0,297	0,337	180.767	13,091	12
13	37	446,9	0,600	259	1155	20	0,599	0,101	0,101	2,235	0,411	0,386	197.702	18,082	13
14	46	488,8	0,656	271	945	22	0,655	0,111	0,111	2,444	0,551	0,441	216.224	24,248	14
15	55	534,6	0,718	283	735	24	0,717	0,121	0,121	11,328	2,764	2,138	236.481	121,652	15
16	64	550,0	0,738	287	630	25	0,737	0,125	0,125	15,250	4,334	2,919	243.285	190,781	16
17	73	550,0	0,738	287	630	25	0,737	0,125	0,125	15,250	4,926	2,919	243.285	216,838	17
18	82	550,0	0,738	287	525	29	0,732	0,125	0,144	15,250	5,069	2,669	243.285	223,110	18
19	91	550,0	0,738	287	525	29	0,732	0,125	0,144	15,250	5,609	2,669	243.285	246,902	19
20	100	550,0	0,738	287	420	63	0,684	0,125	0,314	15,250	5,065	2,135	243.285	222,929	20

Bewehrten Verblendmauerwerksschalen



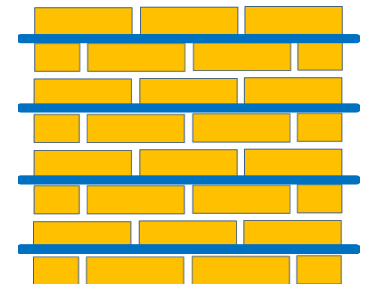
Beispiel Bewehrten Verblendmauerwerksschalen

baksteentype	strengpers		
druksterkte van de steen	20	MPa	vormbak: 30 MPa
lengte stenen	210	mm	handvorm: 20 MPa
overlapping stenen	100	mm	strengpers: 60 MPa
breedte steen	100	mm	$b_{\text{eff}} = 90$ mm
hoogte steen	50	mm	
$\gamma_m =$	18	kN/m ³	
voeg type	metselmortelvoeg 8-12 m		
mortel type	cementmortel M10		
uitvoeringsaspecten			
ouderdom van de stenen	meer dan 28 dagen		
tijdstip van navoegen	meer dan 6 maanden		
kleur van de steen	licht gekleurd		
oriëntatie van de wand	noord-oost		
temperatuur bij uitvoering (°C)	25		zomer
maximale luchttemperatuur T_{max}	35	°C	
minimale luchttemperatuur T_{min}	-10	°C	
wand geplaatst op dpc-laag	ja		
éénzijdige of tweezijdige belemmering	éénzijdige belemmering		onderrand/bovenrand
breedte dilatatievoeg	12	mm	$\Delta v = 0,6 * v; v \leq 12$
wandhoogte	3,0	m	49 voegen

Beispiel Bewehrten Verblendmauerwerksschalen

<u>wapeningstype</u>	truss type	▼
aanvaardbare gemiddelde scheurwijdte	0,3 mm	▼
2 staven met diameter	4	mm
lintvoegwapening elke	2	lagen
aantal wapeningslagen	17	-
$\rho =$	0,256	%
vloegrens wapening	500 MPa	▼
E-modulus wapening	200 000 MPa	▼
keuze dilatatie-afstand	30	m

geldt niet voor lijmwerk



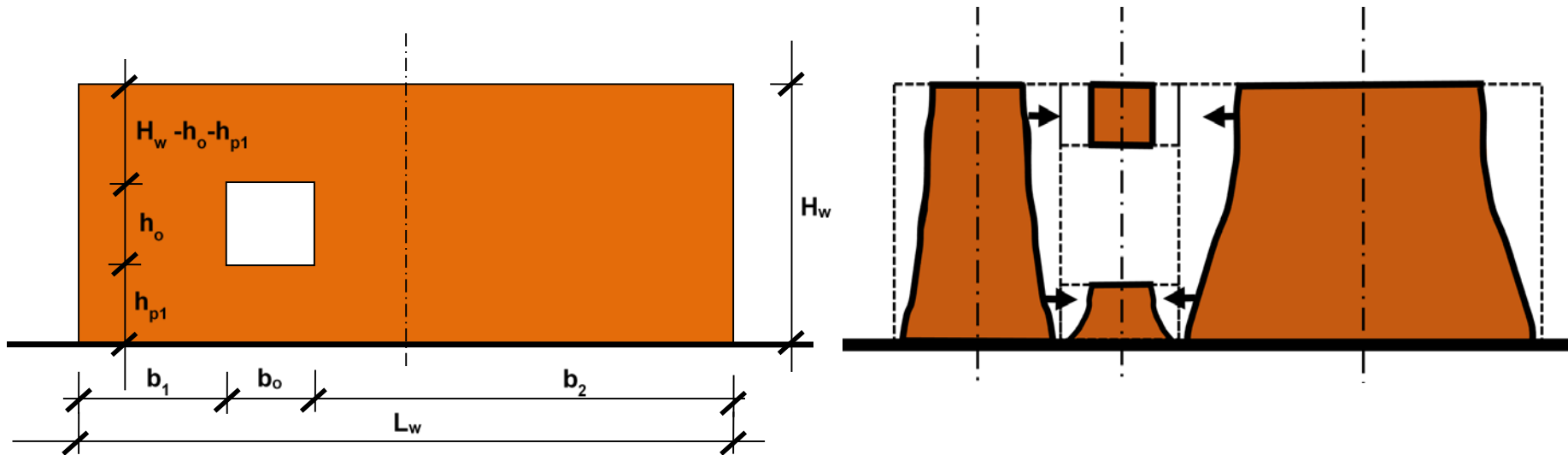
max. afstand vert. dilatatievoegen ongewapend	NVT	m
max. afstand vert. dilatatievoegen gewapend	30	m

w = 0,270 mm

WÄNDE MIT ÖFFNUNGEN

Wände mit Öffnungen

Princyp für Berechnung Kräfte in Wände mit Öffnungen



Tension, bending, shear deformation, cracking at interface

At lintel:

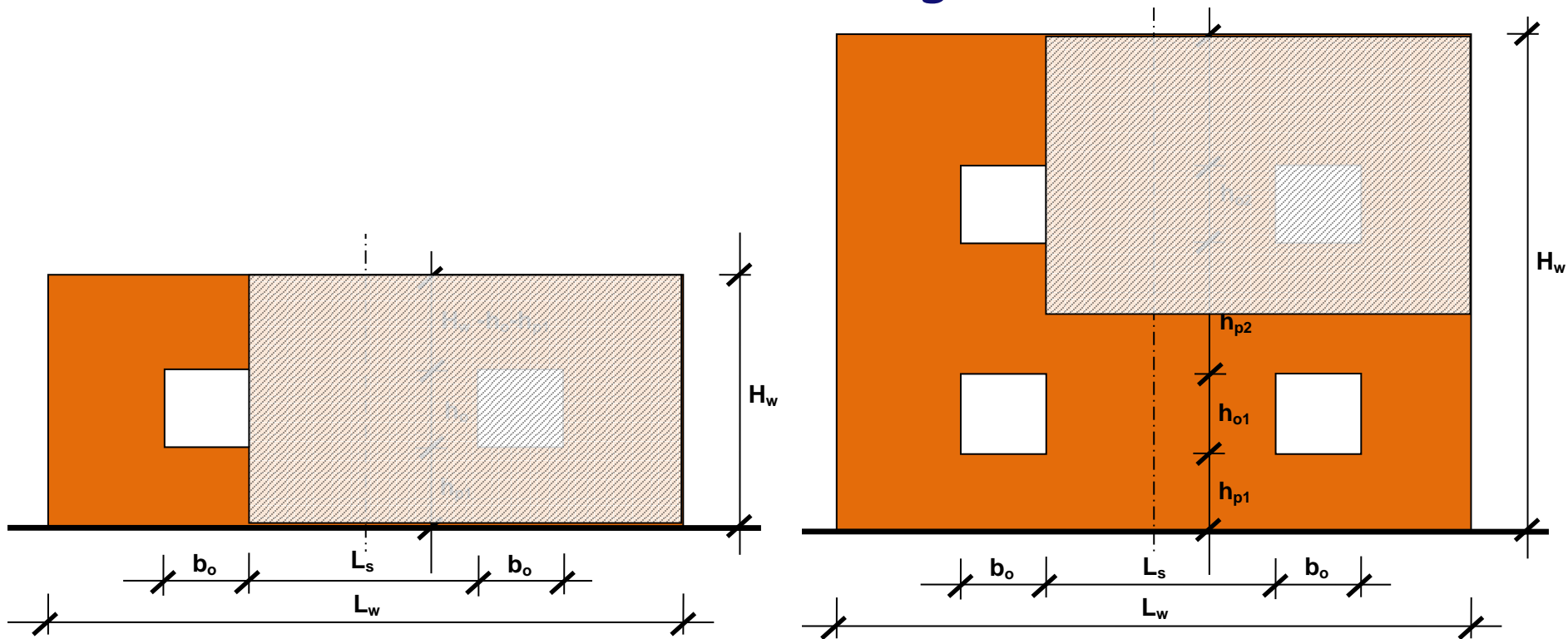
$$\Delta L_{1l}(\varepsilon_R) + \Delta L_{1l}(F_l, F_p) + \Delta L_{0l}(\varepsilon_R) + \Delta S_l + \Delta L_{0l}(F_l) + \Delta L_{2l}(\varepsilon_R) + \Delta L_{2l}(F_l, F_p) = 0$$

At parapet:

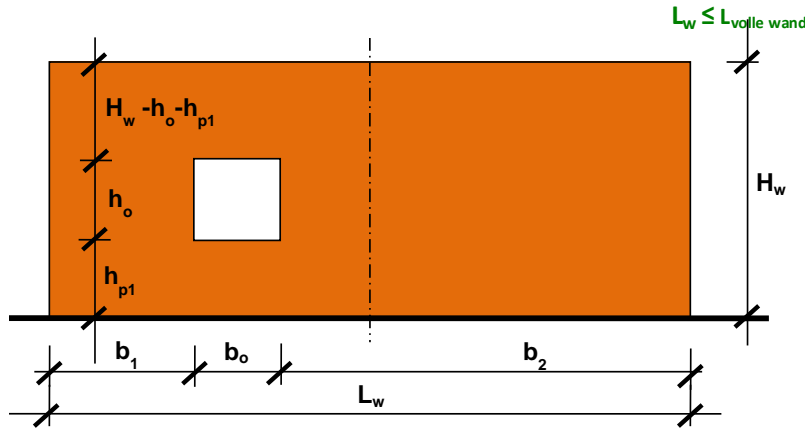
$$\Delta L_{1p}(\varepsilon_R) + \Delta L_{1p}(F_l, F_p) + \Delta L_{0p}(\varepsilon) + \Delta S_p + \Delta L_{0p}(F_p) + \Delta L_{2p}(\varepsilon_R) + \Delta L_{2p}(F_l, F_p) = 0$$

Wände mit Öffnungen

Kombination für 2 und 4 Öffnungen



Wände mit Öffnungen: Beispiel



verplaatsing midden penant 1
verplaatsing midden penant 2

L_w	21,0	m
b_0	5,00	m
b_1	4,00	m
b_2	12,00	m
h_o	1,80	m
h_{p1}	0,50	m
$h_1 = H_w - h_o - h_{p1}$	0,70	m
μ_{DPC}	0,3	-
$(\tau/\delta)_{DPC}$	1	N/mm
$(\tau/\delta)_{mortar}$	10	N/mm
	1	-
	0	-

$b_0 \geq 0,2 \text{ m}$

lateihoogte > 4 lagen

penantbreedte > 500mm

0 = vast; 1 = vrij

0 = vast; 1 = vrij

wapeningstype

aanvaardbare gemiddelde scheurwijdte
aantal lagen voor bepaling lateihoogte
aantal voegen
2 staven diameter d_s
aantal wapeningslagen in latei n_{fl}
lintvoegwapening elke
vloiegrens wapening
E-modulus wapening
aantal wapeningslagen in borstwering n_{rp}

truss type	▼
0,3 mm	▼
4	-
3	-
4	mm; verankeringslengte (mm) =
2	-
2	lagen
500 MPa	▼
200 000 MPa	▼
2	-

geldt niet voor lijmwerk

minimum 4

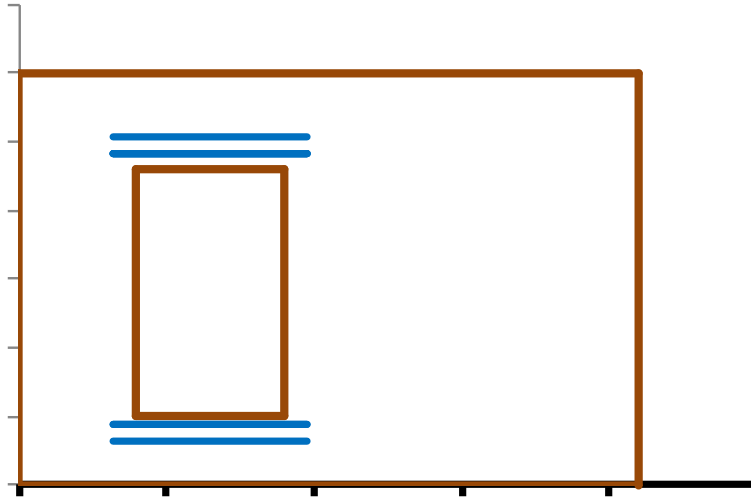
maximum = 11

800

minimum 1; maximum 6

minimum 1; maximum 3

Wände mit Öffnungen: Beispiel



- verankeringslengte wapening in penant minimum 500 mm
- L_w mag niet groter worden genomen dan max. afstand verticale dilatatievoegen bij volle wand
- verticale ondersteuning van lateien is aanwezig en verhindert de horizontale vervorming niet

scheurwijdte latei ongewapend	1,077	mm
scheurwijdte latei gewapend	0,100	mm
scheurwijdte borstwering gewapend	0,078	mm

bereken

